

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



PROGETTO DEFINITIVO

NODO INTERMODALE DI BRINDISI

INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE

ELABORATI GENERALI

Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A 7 L 0 0 D 0 5 R G M D 0 0 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	Tutte le U.O.	Maggio-2020	T. Paoletti	Maggio-2020	T. Paoletti	Maggio-2020	L. Bernardini Maggio-2020

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA DI 2^ FASE COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI					
RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IA7B	LOTTO 01	CODIFICA F 16 PH	DOCUMENTO ES 00 01 001	REV. A	FOGLIO 2 di 6

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
3. RIFERIMENTI PER I CONTENUTI PRESTAZIONALI.....	5

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici	COMMESSA IA7L	LOTTO 00	CODIFICA D 05 RG	DOCUMENTO MD 00 00 002	REV. A	FOGLIO 3 di 6

1. PREMESSA

Il presente documento illustra i contenuti prestazionali tecnici degli elementi previsti nel Progetto Definitivo per la realizzazione di un'infrastruttura di collegamento dell'area industriale retro-portuale di Brindisi con l'Infrastruttura Ferroviaria Nazionale.

Nelle immediate vicinanze della stazione di Brindisi, si sviluppa una complessa realtà industriale principalmente legata al Porto e al polo petrolchimico. Il collegamento tra l'area portuale e la stazione di Brindisi, ad oggi, è fortemente penalizzato da una moltitudine di intersezioni a raso all'interno di un'area fortemente urbanizzata.



Figura 1 - Inquadramento territoriale del progetto

Obiettivo della presente progettazione consiste nell'incentivare il traffico merci su ferro integrando il sistema portuale con il sistema ferroviario riducendo in questo modo le interferenze tra le attività di terminalizzazione ed il traffico urbano. Tale intervento presenta elevati vantaggi in termini di sicurezza in quanto, oltre ad allontanare il traffico merci da un tessuto urbano costituito da numerosi passaggi a livello, concentra le operazioni di manovra dei treni merci all'interno della nuova "stazione elementare". In questo modo, viene allontanato il traffico delle merci dal traffico viaggiatori all'interno della stazione di Brindisi.

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA7L	00	D 05 RG	MD 00 00 002	A	4 di 6

Il progetto si compone di due lotti:

Lotto 1: opere a carico del Comune di Brindisi (già appaltate dal Comune e in parte realizzate):

- Binari 1 e 2 della suddetta nuova Stazione Elementare;
- Nuova tratta ferroviaria di collegamento tra la Dorsale del Consorzio ASI di Brindisi (Porto di Brindisi) e la nuova Stazione Elementare per l'arrivo/partenza di treni merci a modulo 750m (circa 1,78 Km)

Lotto 2: opere a carico di RFI, oggetto della presente progettazione:

- Binari 3 e 4 della nuova stazione per l'arrivo/partenza treni di merci a modulo 750m
- Nuova tratta ferroviaria di collegamento tra la suddetta nuova Stazione elementare e la linea Bari – Lecce (OO.CC. + armamento)
- Posto di comunicazione e bivio di collegamento della nuova tratta con la Linea Adriatica (al km 764+100 circa della linea Bari – Lecce)
- Impianti di trazione elettrica e apparati tecnologici della nuova stazione merci, della tratta di collegamento tra questa e la Linea Adriatica e del bivio sulla Linea Adriatica per l'allaccio della nuova linea.

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il Lotto 2, oggetto della presente progettazione, si estende a partire dalla fine della stazione elementare fino all'innesto con la linea adriatica, per una lunghezza pari a 2+077 km per il tratto di linea di collegamento con la rete ferroviaria nazionale e di 1+106 km per il completamento della Stazione Elementare.

Il tracciato si sviluppa prevalentemente in rilevato ed è composto dalle seguenti opere d'arte principali:

- Sottovia strada Comunale Formosa-SL01: collocato al km 3+888.5 presenta una struttura costituita da un sottovia scatolare di larghezza interna pari a 8.50m.
- Viadotto su SS613-VI01: posizionato al km 4+119 presenta una struttura costituita da un impalcato in acciaio a via inferiore con lunghezza complessiva di 62.5 m
- Ponte sul Canal Grande-VI02: situato al km 4+556 presenta una struttura costituita da un impalcato in acciaio a via inferiore con lunghezza complessiva di 55.0 m

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA7L	00	D 05 RG	MD 00 00 002	A	5 di 6

La nuova infrastruttura si snoda all'interno di un contesto prevalentemente agricolo e interferisce con le seguenti viabilità secondarie: al km 2+843.8 con la SC78 e al 3+888.5 con la SC Formosa. È prevista la riconnessione della maglia viaria in modo da garantire tutte le relazioni esistenti.

3. RIFERIMENTI PER I CONTENUTI PRESTAZIONALI

I contenuti prestazionali tecnici degli elementi previsti nel progetto sono riportati all'interno della documentazione di seguito elencata:

- **CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI:**

Il Capitolato Generale Tecnico delle ferrovie (depositato in ultima edizione presso l'Agenzia delle Entrate – Direzione Provinciale III di Roma – Ufficio Territoriale di Albano Laziale al n. 3/71 in data 14/01/2019), dettaglia le caratteristiche dei materiali, dei manufatti, delle lavorazioni e dei mezzi d'opera con dettagli tecnici e specifiche relative alle diverse lavorazioni e fornisce tutte le indicazioni necessarie per ultimare a regola d'arte le opere costituenti l'oggetto dell'appalto. Il Capitolato (allegato) è suddiviso nelle seguenti Parti e Sezioni:

PARTE I - Disposizioni Generali (RFI DTC SI SP IFS 001 C)

PARTE II – Sezioni particolari

- ✓ SEZIONE 1 - Bonifica Ordigni Bellici (RFI DTC SI CS SP IFS 001 B)
- ✓ SEZIONE 2 - Rilievi Topografici E Tracciamenti (RFI DTC SI CS SP IFS 002 C)
- ✓ SEZIONE 3 - Rilievi Geologici E Indagini Geognostiche (RFI DTC SI GE SP IFS 001 B)
- ✓ SEZIONE 4 - Demolizioni (RFI DTC SI CS SP IFS 003 B)
- ✓ SEZIONE 5 - Opere In Terra E Scavi (RFI DTC SI CS SP IFS 004 C)
- ✓ SEZIONE 6 - Opere In Conglomerato Cementizio E In Acciaio (RFI DTC SI PS SP IFS 001 C)
- ✓ SEZIONE 7 - Pali E Micropali (RFI DTC SI CS SP IFS 005 C)
- ✓ SEZIONE 8 - Paratie Di Pali, Diaframmi E Palancolate (RFI DTC SI CS SP IFS 006 C)
- ✓ SEZIONE 12 - Ponti, Viadotti, Sottovia E Cavalcavia (RFI DTC SI PS SP IFS 002 C)
- ✓ SEZIONE 14 - Barriere Antirumore (RFI DTC SI AM SP IFS 001 B)
- ✓ SEZIONE 16 - Opere Varie (RFI DTC SI CS SP IFS 010 C)
- ✓ SEZIONE 19 - Collaudi Statici (RFI DTC SI PS SP IFS 003 A)
- ✓ SEZIONE 20 – Gestione Delle Terre E Rocce Da Scavo (RFI DTC SI AM SP IFS 003 A)

- **MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE FERROVIARIE**

	PROGETTO DEFINITIVO NODO INTERMODALE DI BRINDISI INFRASTRUTTURA DI COLLEGAMENTO DELL'AREA INDUSTRIALE RETRO-PORTUALE DI BRINDISI CON INFRASTRUTTURA FERROVIARIA NAZIONALE					
Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA7L	00	D 05 RG	MD 00 00 002	A	6 di 6

Manuale di Progettazione RFI RFI DTC SI PS MA IFS 001 D – rev D del 20/12/2019 emanato da Rete Ferroviaria Italiana.

- **ELABORATI DI PROGETTO:**

Elaborati costituenti il presente Progetto Definitivo come da Elenco Elaborati (Elab. IA7L00D05EEMD0000001A).

ALLEGATO:

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

Parte	Titolo
PARTE I	DISPOSIZIONI GENERALI I.1 SCOPO E CAMPO D'APPLICAZIONE I.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO I.3 DEFINIZIONI I.4 ABBREVIAZIONI I.5 ONERI GENERALI I.6 ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE I.7 ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA
PARTE II	SEZIONE 1 - BONIFICA ORDIGNI BELLCI (RFI DTC SI CS SP IFS 001 B) SEZIONE 2 - RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI (RFI DTC SI CS SP IFS 002 C) SEZIONE 3 - RILIEVI GEOLOGICI E INDAGINI GEOGNOSTICHE (RFI DTC SI GE SP IFS 001 B) SEZIONE 4 - DEMOLIZIONI (RFI DTC SI CS SP IFS 003 B) SEZIONE 5 - OPERE IN TERRA E SCAVI (RFI DTC SI CS SP IFS 004 C) SEZIONE 6 - OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO (RFI DTC SI PS SP IFS 001 C) SEZIONE 7 - PALI E MICROPALI (RFI DTC SI CS SP IFS 005 C) SEZIONE 8 - PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE (RFI DTC SI CS SP IFS 006 C) SEZIONE 9 - OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA (RFI DTC SI CS SP IFS 007 C) SEZIONE 10 - OPERE DI MIGLIORAMENTO, RINFORZO E STABILIZZAZIONE (RFI DTC SI CS SP IFS 008 C) SEZIONE 11 - GALLERIE (RFI DTC SI GA SP IFS 001 B) SEZIONE 12 - PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA (RFI DTC SI PS SP IFS 002 C) SEZIONE 13 - SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI (RFI DTC SI CS SP IFS 009 C) SEZIONE 14 - BARRIERE ANTIRUMORE (RFI DTC SI AM SP IFS 001 B) SEZIONE 15 - OPERE A VERDE (RFI DTC SI AM SP IFS 002 A) SEZIONE 16 - OPERE VARIE (RFI DTC SI CS SP IFS 010 C) SEZIONE 17 - PIETRISCO PER MASSICCIA FERROVIARIA (RFI DTC SI GE SP IFS 002 B) SEZIONE 18 - UTILIZZO DI AGGREGATI RICICLATI E TRATTAMENTI CON CALCE PER OPERE IN TERRA (RFI DTC SI GE SP IFS 003 A) SEZIONE 19 - COLLAUDI STATICI (RFI DTC SI PS SP IFS 003 A) SEZIONE 20 - GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO (RFI DTC SI AM SP IFS 003 A)

A termine di legge, Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. si riserva la proprietà di questo documento che non potrà essere copiato, riprodotto o comunicato ad altri senza esplicita autorizzazione.

Rev.	Data	Descrizione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30.12.2016	Emissione per applicazione	Cinzia Gianngrande Massimo Mezzabotta	Franco Iacobini
B	22.12.2017	Emissione per applicazione	Analisa Perrino Alessandro Ranaldi	Franco Iacobini
C	21.12.2018	Emissione per applicazione	Marco Tisalvi	Franco Iacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>C</u>	FOGLIO 2 di 8

INDICE

PARTE I: DISPOSIZIONI GENERALI

I.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	3
I.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
I.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	4
I.2.2	DOCUMENTAZIONE TECNICA	5
I.3	DEFINIZIONI.....	5
I.4	ABBREVIAZIONI	6
I.5	ONERI GENERALI	6
I.6	ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE.....	7
I.7	ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA DEL LAVORO.....	8

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>C</u>	FOGLIO 3 di 8

PARTE I

DISPOSIZIONI GENERALI

I.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente Capitolato Generale Tecnico di Appalto determina le condizioni tecniche generali per l'esecuzione e la valutazione dei lavori relativi a opere civili appaltati da Rete Ferroviaria Italiana o che interferiscono con la sede ferroviaria. Esso si applica sia alle nuove costruzioni che alle riparazioni o modificazioni di opere o parti d'opera esistenti.

Tale documento è da assumere a riferimento per la redazione del Capitolato Speciale d'Appalto previsto dalle Condizioni Generali di Contratto, dovrà essere richiamato nelle procedure di gara e costituirà parte integrante del contratto da stipulare con l'ESECUTORE.

Il Capitolato Generale dovrà altresì essere richiamato nelle convenzioni da stipulare con gli enti proprietari di opere interferenti con la sede ferroviaria.

Nel Capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato, con il termine generico di "FERROVIE", RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza). Il termine generico di "ESECUTORE" è usato per indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

La presente edizione del Capitolato annulla e sostituisce la versione precedente.

La Parte I del Capitolato contiene le disposizioni generali valide per tutte le 20 Sezioni che compongono la Parte II.

Ciascuna Sezione (da 1 a 16) della Parte II è relativa ad una categoria o tipologia di opere civili e definisce:

- le normative, le specifiche tecniche e funzionali, gli standard, le prescrizioni generali e particolari da osservare e i requisiti tecnici minimi richiesti;
- i materiali da utilizzare e le relative modalità d'impiego;
- i requisiti di accettazione dei materiali e dei componenti;
- le modalità di controllo e le prove di materiali e componenti;
- le modalità di esecuzione delle opere;
- le norme di misurazione di ogni lavorazione, etc..

La sezione 17 è relativa al pietrisco per massicciate ferroviarie e definisce i requisiti e gli specifici controlli da eseguire sul materiale, sui siti di escavazione e sui fornitori per il rilascio e/o rinnovo dell'Attestato di Qualificazione.

La sezione 18 disciplina l'utilizzo di aggregati riciclati ed il trattamento dei terreni con calce nella realizzazione di opere in terra.

La sezione 19 fornisce le prescrizioni per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'infrastruttura ferroviaria.

La sezione 20 disciplina la gestione delle terre e rocce da scavo alla luce della normativa vigente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>C</u>	FOGLIO 4 di 8

I.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti, istruzioni e normative tecniche applicabili, delle specifiche tecniche emanate dalle FERROVIE, nonché di tutta la documentazione di riferimento riportata sia nella prima parte generale sia nelle successive Sezioni di Capitolato, riguardanti le specifiche categorie o tipologie di opere da realizzare.

Si elenca di seguito la principale documentazione di riferimento per la quale è specificato l'anno di pubblicazione. Resta inteso che gli eventuali aggiornamenti, pubblicati a valle della redazione del presente Capitolato, saranno recepiti dall'ESECUTORE, previo accordo tra le parti.

I.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Capitolato generale d'appalto (D.M. n. 145 del 19.04.2000);
- Codice dei Contratti Pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE - D.lgs. n. 50 del 18/04/2016 e s.m.i.;
- Nuovo Regolamento del Codice dei Contratti - D.P.R. n. 207 del 5.10.2010 e s.m.i.;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni";
- Circolare del CSLP del 21 marzo 2018: Prima applicazione del DM 17.01.2018, riportante l'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni", alle procedure autorizzative e di qualificazione del servizio tecnico centrale;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Consiglio Superiore dei LL.PP. - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008";
- D.lgs n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale" e s.m.i.;
- DPR 13 giugno 2017, n. 120: "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164"
- Legge n. 191 del 26 aprile 1974 - Prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato;
- DPR n. 469 del 1° giugno 1979 - Regolamento di attuazione della legge 26 aprile 1974, n. 191, sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle Ferrovie dello Stato;
- D.P.R. n.753 del 11 luglio 1980 - Nuove norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle ferrovie e di altri servizi di trasporto;
- D.lgs n. 81 del 9 aprile 2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e s.m.i.;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 4 aprile 2014 n. 137 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>C</u>	FOGLIO 5 di 8

I.2.2 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- Manuale di progettazione delle Opere Civili di RFI (RFI DTC SI MA IFS 001);
- “Regolamento per le Attività Negoziali delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane” DISPOSIZIONE DI GRUPPO n. 220/AD del 22 Febbraio 2017;
- “Condizioni Generali di Contratto per gli appalti di forniture delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane” - DISPOSIZIONE DI GRUPPO n. 231/AD del 17 Luglio 2017;
- “Condizioni Generali di Contratto per gli appalti di lavori delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane” - DISPOSIZIONE DI GRUPPO n. 230/AD del 17 Luglio 2017;
- Procedura Operativa “La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 021;
- Tariffe di prestazioni e lavori.

I.3 DEFINIZIONI

A completamento dei termini definiti nel Contratto d'appalto e nelle successive Sezioni di Capitolato, di seguito si riporta il significato dei termini principali utilizzati nel presente Capitolato e nei documenti in esso richiamati.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza);

Committente: il soggetto per conto e in nome del quale l'opera viene realizzata o la fornitura viene effettuata;

Contratto: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

Appaltatore: la persona fisica o giuridica, o le persone fisiche o giuridiche ovvero soggetti senza personalità giuridica anche temporaneamente riuniti, consorziati, ovvero raggruppati in gruppo europeo di interesse economico, che si impegnano alla realizzazione dei lavori descritti nel Contratto di Appalto e delle forniture e dei servizi ad essi connessi;

Progetto: i documenti articolati in diversi livelli di approfondimento tecnico contenenti le indicazioni grafiche o numeriche illustrative o descrittive dell'oggetto dell'appalto;

Fornitore: la persona fisica o giuridica, o le persone fisiche o giuridiche ovvero soggetti senza personalità giuridica anche temporaneamente riuniti, consorziati, ovvero raggruppati in gruppo europeo di interesse economico, che si impegnano all'esecuzione delle forniture descritte nel Contratto d'appalto, nonché degli eventuali lavori e/o servizi ad esse connessi;

Capitolato speciale: il documento diviso in due parti: la prima, contenente la descrizione delle lavorazioni, con l'indicazione di tutti gli elementi necessari per una compiuta definizione tecnica ed economica dell'oggetto dell'appalto; la seconda, contenente la specificazione delle norme tecniche di progettazione (nel caso in cui la progettazione sia onere dell'Appaltatore), di esecuzione, di misurazione, di controllo della qualità e di accettazione inerenti il Contratto di appalto;

Direttore Lavori: figura incaricata di esercitare, per conto del Committente, tutte le attività finalizzate alla direzione ed al controllo tecnico, contabile ed amministrativo dell'esecuzione dei contratti di appalto

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>C</u>	FOGLIO 6 di 8

curando che i lavori siano eseguiti a regola d'arte, in conformità del progetto e del contratto e nel rispetto della normativa vigente;

Personale incaricato: qualsiasi soggetto incaricato dal Committente delle operazioni di svolgimento delle attività connesse all'esecuzione del Contratto da parte del Fornitore, nonché allo svolgimento, in qualsiasi momento, di controlli e verifiche presso gli stabilimenti del Fornitore, diretti ad accertare la conformità delle forniture alle prescrizioni contrattuali.

I.4 ABBREVIAZIONI

CGC: Condizioni Generali di Contratto

DL: Direzione lavori

I.5 ONERI GENERALI

L'ESECUTORE dovrà rispettare le prescrizioni tecniche, generali e particolari, ed adempiere agli obblighi descritti nelle Sezioni del presente Capitolato, riguardanti le specifiche categorie o tipologie di opere da realizzare.

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti nel rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti, fatto salvo il caso in cui il presente Capitolato preveda requisiti tecnici o standard qualitativi più elevati di quelli minimi previsti dalle normative tecniche in materia.

Le disposizioni e le norme tecniche di questo Capitolato sono impegnative per l'ESECUTORE, ma non limitative. Resta quindi inteso che è obbligo dell'ESECUTORE eseguire ed ultimare il lavoro, completo in ogni sua parte, in conformità agli elaborati di progetto, alle indicazioni del presente Capitolato e per tutto ciò che non è in essi indicato, al Capitolato Speciale, allegato al Contratto.

Le prescrizioni riportate nel Capitolato sono da intendersi integrative, ove non in contrasto, con le norme di legge vigenti e sono relative ai materiali, alle opere e ai componenti e alle relative modalità esecutive con lo scopo di garantire la stabilità e la durabilità nel tempo dell'opera finita.

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle norme vigenti, alle specifiche tecniche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli previsti dalla normativa vigente, quelli prescritti dal presente Capitolato nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE, in base a motivate esigenze, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo Tecnico Amministrativo.

Tutti gli oneri, diretti ed indiretti, derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, il confezionamento, il trasporto dei campioni dei materiali da sottoporre a prove fisiche, chimiche, meccaniche e funzionali, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso il Laboratori Ufficiali/Autorizzati si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Per tutti i tipi di prova, l'ESECUTORE deve fornire la manodopera e le attrezzature e deve predisporre le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente Capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione, prove in sito e/o in laboratorio etc., dovrà essere approvato preliminarmente dalle FERROVIE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>C</u>	FOGLIO 7 di 8

Fermo restando il diritto delle FERROVIE di provvedere, direttamente con il personale incaricato o attraverso organismi delegati, alla:

- verifica ed approvazione di documentazione progettuale, calcoli, relazioni, certificati, etc;
- effettuazione di prove e collaudi su materiali, manufatti e opere realizzate o in corso d'opera,

l'ESECUTORE, solidalmente al Progettista, resterà totalmente responsabile relativamente a quanto, a titolo indicativo ma non limitativo, di seguito elencato:

- validità e completezza del progetto;
- esecuzione delle opere nel rispetto del progetto, delle regole d'arte e dei patti contrattuali;
- rispetto delle norme di legge e dei regolamenti vigenti;
- rispetto delle istruzioni e specifiche emanate dalle FERROVIE;
- danni, direttamente od indirettamente, derivati dalle operazioni di realizzazione delle opere, causati alle FERROVIE, agli organismi operanti per conto della stessa, a terzi, al proprio personale incaricato ed a quello dei subappaltatori e fornitori.

E' espressamente inteso ed accettato dall'ESECUTORE che le verifiche, le approvazioni, le prove ed i collaudi effettuati dalle FERROVIE e dagli organismi da essa delegati non solleveranno in alcun modo e ad alcun titolo le responsabilità dell'ESECUTORE stesso.

Qualora un argomento risulti trattato in più Sezioni del Capitolato, in caso di discordanza, di regola avrà prevalenza l'indicazione contenuta nella specifica Sezione relativa all'opera di cui trattasi (es. micropali per fondazioni di opere d'arte Sez. 7, micropali per consolidamento del terreno Sez. 10).

Ogni ambiguità e/o contraddizione di altra natura che sia riscontrata tra i contenuti del presente Capitolato dovrà essere segnalata, in forma scritta, all'attenzione delle FERROVIE. Resta inteso che in caso di discordanza o contrasto di interpretazione tra le prescrizioni del presente Capitolato, avranno prevalenza quelle più favorevoli per le FERROVIE.

I.6 ADEMPIMENTI IN MATERIA AMBIENTALE

Nello svolgimento delle proprie attività, l'ESECUTORE è tenuto alla completa osservanza di quanto prescritto dalla normativa vigente in materia di tutela ambientale, dalle CGC, dalle procedure in uso presso RFI oltre che dalle ulteriori eventuali prescrizioni impartite da RFI medesima e/o dagli Enti di tutela in materia ambientale in fase di approvazione del progetto od in corso d'opera, oltre che a prevedere, nell'eventuale contratto di subappalto o di fornitura in opera, l'obbligo da parte del/i Subappaltatore/i o del/i Fornitore/i in opera di osservare dette prescrizioni, norme o disposizioni. In particolare, l'ESECUTORE è tenuto a porre in essere tutte le precauzioni, gli adempimenti, le misure organizzativo-gestionali e le cautele previste dalla normativa in materia di tutela ambientale in modo da evitare che dall'esecuzione dei lavori possano determinarsi situazioni di violazione della stessa, di inquinamenti, di pericolo per la salute dell'uomo e di pregiudizio o pericolo di pregiudizio per l'ambiente.

Le FERROVIE vigileranno affinché l'ESECUTORE rispetti tutte le prescrizioni previste dalla normativa vigente e dalle Procedure di Tutela Ambientale ferroviarie, per quanto applicabili, consegnate al momento della sottoscrizione del contratto applicativo; a tal fine la DL effettua, nel corso dei lavori, accertamenti circa lo stato delle aree cedute all'ESECUTORE e sul corretto adempimento degli obblighi in materia di tutela dell'ambiente (p.es. corretta gestione dei rifiuti e dei materiali tolti d'opera; eventuale ottenimento delle autorizzazioni comunali per lo svolgimento di attività temporanee, in deroga ai valori limite di immissione di rumore, laddove necessarie; rispetto delle normative per lo stoccaggio di lubrificanti, combustibili liquidi, e altre sostanze pericolose, etc.).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE I	
CAPITOLATO PARTE I	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>C</u>	FOGLIO 8 di 8

L'ESECUTORE resterà responsabile di ogni negativa conseguenza sullo sviluppo dei lavori derivante dal mancato rispetto di normative/prescrizioni ambientali e sarà a suo carico, oltre all'onere di tempestiva risoluzione delle carenze e/o difformità, ogni eventuale sanzione per le stesse irrogata dalle Autorità competenti.

I.7 ADEMPIMENTI IN MATERIA DI SICUREZZA DEL LAVORO

L'ESECUTORE è tenuto alla completa osservanza di quanto prescritto dalle Condizioni generali di Contratto, dal Contratto di Appalto, dal Capitolato, dal D. Lgs. 81/08 e s.m.i. (in particolare per quanto riguarda l'attuazione in cantiere di quanto stabilito nell'Istruzione per la Protezione dei Cantieri, nel Piano di Sicurezza e Coordinamento/Fascicolo dell'Opera di Progetto Esecutivo e il complesso degli articoli di cui al Titolo IV del decreto stesso) e da tutte le norme vigenti in materia di sicurezza e igiene sul lavoro, comprese le disposizioni regionali.

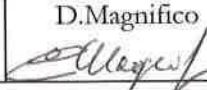
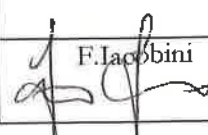
L' ESECUTORE è tenuto a prevedere, nel contratto con altre imprese esecutrici, lavoratori autonomi ed altri soggetti terzi coinvolti a vario titolo nella esecuzione dei lavori, cosiddetti "soggetti esecutori" (contratti quali subappalto, fornitura in opera, noli a caldo, ecc.), l'obbligo da parte di questi di osservare le suddette disposizioni.

Per i lavori da eseguire in presenza dell'esercizio ferroviario, l'ESECUTORE deve inoltre attenersi scrupolosamente, oltre che a quanto prescritto dal Contratto, agli elaborati progettuali e alle specifiche/procedure ferroviarie.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 1
BONIFICA ORDIGNI BELLICI**

- 1.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 1.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 1.3. DEFINIZIONI
- 1.4. ABBREVIAZIONI
- 1.5. PRESCRIZIONI GENERALI
- 1.6. RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE
- 1.7. ESPLORAZIONE DEL TERRENO E SCAVO PER L'INDIVIDUAZIONE
DEGLI ORDIGNI BELLICI
- 1.8. EVENTUALE RIMOZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI
BELLICI
- 1.9. EVENTUALE RITOMBAMENTO AL TERMINE DELLE ATTIVITA'
- 1.10. COLLAUDO

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per applicazione	D.Magnifico	A.Rinaldi	F.Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per applicazione	D.Magnifico 	A.Rinaldi 	F.Iacobini 

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLCI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 2 di 8

INDICE

1.1.	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	3
1.2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
1.2.1.	NORMATIVA NAZIONALE	3
1.2.2.	DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO	3
1.3.	DEFINIZIONI	4
1.4.	ABBREVIAZIONI.....	4
1.5.	PRESCRIZIONI GENERALI	5
1.5.1.	ONERI GENERALI	5
1.5.2.	NORME DI SICUREZZA	5
1.6.	RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE.....	6
1.7.	ESPLORAZIONE DEL TERRENO E SCAVO PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ORDIGNI BELLCI.....	6
1.8.	EVENTUALE RIMOZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLCI	7
1.9.	EVENTUALE RITOMBAMENTO AL TERMINE DELLE ATTIVITA'	8
1.10.	COLLAUDO	8

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLCI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 3 di 8

1.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e ne costituisce la prima sezione sostituendo la sezione 1 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 001 A - del 30/12/2016).

Con la dicitura "Bonifica da Ordigni Bellici " si intendono tutte le attività finalizzate alla ricerca, disinnescamento e/o rimozione di ordigni bellici di qualsiasi natura dalle aree interessate dai lavori di costruzione oggetto del presente Capitolato.

Per ordigni bellici, indipendentemente dalla terminologia utilizzata nel seguito e in ogni altro documento contrattuale o progettuale, si intendono: mine, bombe, proiettili, ordigni bellici, masse ferrose e residui esplosivi bellici di qualsiasi natura.

I lavori di bonifica dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi dello Stato e dei regolamenti militari vigenti, e di quanto prescritto dal presente Capitolato. In caso di conflitto, le prescrizioni e le disposizioni che l'Amministrazione Militare, competente per territorio, riterrà opportuno impartire circa l'esecuzione dei lavori di bonifica, potranno prevalere, con l'accordo della DL, su quelle del presente Capitolato.

1.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

1.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

Si richiamano, a titolo non esaustivo, le principali normative relative all'argomento in oggetto:

- R.D. 18/06/31 n° 773 T.U. leggi Pubblica Sicurezza Artt.46 e 52 e s.m.i.;
- R.D. 06/05/40 n° 635 Approvazione del regolamento per l'esecuzione del testo unico del 18/06/31 n° 773, delle leggi di pubblica sicurezza e s.m.i.;
- D.L.L. 12/04/46, n. 320 e s.m.i. - Bonifica dei campi minati
- D.Lgs.09/04/2008 n. 81 e s.m.i. – Testo Unico Sicurezza;
- D. Lgs.15/03/2010 n. 66 e s.m.i. - Codice dell'ordinamento militare;
- D. Lgs. 24/02/2012 n 20– Nuovo codice ordinamento militare;
- Legge 01/10/2012 n. 177;
- Circolare del Ministero della Difesa, Prot.M_D/GGEN/E5/20877/21/104/10 in data 07/12/2010;
- Circolare del Ministero degli Interni 300/46 del 24/11/52.
- D.I. 11 maggio 2015, n.82 – Regolamento per la definizione dei criteri per l'accertamento dell'idoneità delle imprese ai fini dell'iscrizione all'albo delle imprese specializzate in bonifiche da ordigni esplosivi residui bellici.

1.2.2. DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO

- Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre – Ministero della Difesa – ed. 2015;
- Direttiva n.001/B.TER./2015 Bonifica bellica sistemica terrestre – Ministero della Difesa – ed. 2015

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLICI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 4 di 8

1.3. DEFINIZIONI

Per i termini tecnici, utilizzati nella presente specifica, si riportano di seguito le relative definizioni:

DIRETTORE DEI LAVORI: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

DITTA INCARICATA: Impresa specializzata nel settore della Bonifica Bellica ai sensi dell'art.1, comma 4-bis della Legge 177/2012.

DIRIGENTE TECNICO B.C.M., ASSISTENTE TECNICO B.C.M., RASTRELLATORE B.C.M., OPERAI QUALIFICATI PER IL SERVIZIO B.C.M.: Tecnici e maestranze impiegate dall'impresa esecutrice dei lavori di bonifica dotati di appositi brevetti con relativa scadenza, come prescritto del D.I. 11 maggio 2015, n.82 e dalla normativa vigente.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor ,Contraente Generale)

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (es. Direzione Lavori, Alta Sorveglianza, ecc.).

LAVORI DI BONIFICA: si intende l'insieme di tutte le azioni da intraprendere per l'eliminazione, mediante asportazione ed allontanamento, oppure la neutralizzazione, mediante brillamento, di tutti gli ordigni bellici dalla zona di bonifica.

ORDIGNI BELLICI: si intendono, salvo eccezioni esplicitamente indicate, tutti gli ordigni esplosivi e residuati bellici quali, ad es., mine, bombe, proiettili, ecc., nonché masse ferrose e altri residuati bellici di qualsiasi natura.

ZONA DI BONIFICA: si definisce la porzione di territorio topografico in cui sia accertata o presunta la presenza di ordigni bellici e la cui estensione sia planimetrica che nel sottosuolo è definita in accordo con le competenti Autorità Militari.

1.4. ABBREVIAZIONI

B.C.M.: Bonifica campi minati;

B.O.B.: Bonifica ordigni bellici

CEL: coordinatore in materia di sicurezza e di salute durante la realizzazione dell'opera ai sensi del D.Lgs. n.81/2008 (Coordinatore per l'esecuzione dei lavori);

DL: Direttore Lavori/Direzione Lavori;

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLCI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 5 di 8

1.5. PRESCRIZIONI GENERALI

1.5.1. ONERI GENERALI

La "Bonifica da Ordigni Bellici", ove prevista, è da intendersi tassativamente propedeutica a qualsiasi altra attività lavorativa e deve essere svolta sulla base di un parere vincolante dell'Autorità Militare competente per territorio in merito alle specifiche regole tecniche da osservare in considerazione della collocazione geografica e della tipologia dei terreni interessati, nonché mediante misure di sorveglianza dei competenti organismi del Ministero della difesa, del Ministero del lavoro e delle politiche sociali e del Ministero della salute.

Prima dell'inizio dei lavori di bonifica l'ESECUTORE, per il tramite della DL, dovrà presentare istanza per il rilascio del Parere vincolante e le annesse Prescrizioni Tecniche al Reparto Infrastrutture territorialmente competente. L'istanza di bonifica bellica dovrà essere redatta come indicato nella Direttiva n.001/B.TER./2015 "Bonifica bellica sistematica terrestre".

A valle della presentazione di istanza, il parere vincolante e le annesse prescrizioni tecniche dovranno essere restituite dall'ESECUTORE, sempre per tramite della DL, al Reparto Infrastrutture tramite PEC o posta raccomandata, firmate per accettazione e comprensive anche del progetto di bonifica bellica. Il progetto di bonifica bellica dovrà essere redatto come indicato nella Direttiva n.001/B.TER./2015 "Bonifica bellica sistematica terrestre".

Le attività di ricerca e scoprimiento di ordigni esplosivi residuati bellici potranno avere inizio solo ad avventura approvazione del progetto di bonifica bellica, con conseguente rilascio, da parte del Reparto Infrastrutture, del Nulla Osta.

La direzione tecnica ed organizzativa del Servizio di Bonifica Bellica sarà affidata al Dirigente Tecnico della Ditta Incaricata, mentre la direzione operativa e la responsabilità della tenuta e compilazione dei relativi documenti di cantiere sarà di competenza dell'Assistente Tecnico, che dovrà assicurare la sua costante presenza durante le operazioni, come prescritto dal "Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistematica Terrestre". L'esecuzione pratica delle attività di ricerca, individuazione e scoprimiento di ordigni esplosivi residuati bellici saranno opera del Rastrellatore.

L'ESECUTORE, nell'esecuzione dei lavori, dovrà attenersi alle disposizioni e precauzioni da osservare per assicurare la continuità e la sicurezza dell'esercizio ferroviario.

Giornalmente all'inizio dell'attività lavorativa, l'ESECUTORE consegnerà alle FERROVIE l'elenco nominativo, con qualifica, del personale effettivamente presente ed operante in cantiere.

Tutti i residuati bellici, di qualsiasi natura, rinvenuti appartengono e dovranno essere consegnati alla Amministrazione Militare.

Nel caso di lavori da eseguire su fondale marino, lacustre, alveo di fiume o comunque in presenza d'acqua, l'ESECUTORE, per mezzo della Ditta Incaricata, dovrà adeguare le attrezzature di ricerca e di servizio alla particolare tipologia dei luoghi.

Per tutti gli aspetti di dettaglio sulla gestione dell'attività dal punto di vista tecnico e del procedimento amministrativo non affrontati nella presente Sezione, si rimanda a quanto prescritto nei documenti, già più volte citati, indicati al §1.1.2 della presente Sezione (Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistematica e Direttiva n.001/B.TER./2015 Bonifica bellica sistematica terrestre).

1.5.2. NORME DI SICUREZZA

La Bonifica Bellica deve essere eseguita ponendo in essere tutte le particolari precauzioni intese ad evitare danni alle persone ed alle cose, osservando a tale scopo le vigenti disposizioni in materia di sicurezza nonché le

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLCI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 6 di 8

norme tecniche riportate nel “Disciplinare tecnico per l’esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre”.

Le zone da bonificare dovranno essere opportunamente recintate e segnalate con appositi cartelli indicanti il pericolo; sarà cura dell'ESECUTORE richiedere l'intervento delle autorità preposte per i provvedimenti da adottare per la disciplina del transito nelle zone interessate dai lavori di bonifica. Inoltre, nell'ambito del cantiere dovrà essere operante un posto di primo soccorso attrezzato con presidi medici come da Allegati 1 e 2 del Decreto del 15 luglio 2003, n.388 (cassetta di pronto soccorso e pacchetto di medicazione). Dovrà, inoltre, essere data comunicazione all'Azienda Sanitaria Locale competente sul territorio in cui si svolge l'attività, per la predisposizione degli interventi di emergenza, assicurando altresì la disponibilità di un idoneo collegamento telefonico/radio con il più vicino ospedale (indicato dall'ASL).

Le fasi di lavoro da svolgere per effettuare la bonifica sono le seguenti:

- rimozione della vegetazione;
- esplorazione del terreno e scavo per l'individuazione degli ordigni bellici;
- eventuale rimozione degli ordigni, sostanze e materiali bellici;
- eventuale ritombamento al termine delle attività.

1.6. RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE

Tale attività deve essere eseguita in maniera preventiva, allo scopo di eliminare tutta la vegetazione presente sul terreno da bonificare che sia di intralcio ad un corretto impiego degli apparati di ricerca, e dovrà essere eseguita come indicato nel “Disciplinare tecnico per l’esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre”.

Il taglio della vegetazione dovrà essere eseguito da personale qualificato (Rastrellatori B.C.M.) sotto la supervisione di un Assistente Tecnico B.C.M., nel rispetto della costituzione della squadra tipo, prevedendo l'assistenza di tutte le figure previste dal D. Lgs. 81/2008 e s.m.i. per garantire la sicurezza (addetti al primo soccorso, emergenze, etc.).

Nel tagliare la vegetazione dovranno essere poste in essere tutte le possibili cautele atte a evitare il fortuito contatto – sia del personale che dei mezzi di lavoro – con eventuali ordigni affioranti. Nel caso di terreni che si possano ritenere infestati da ordigni particolarmente pericolosi (mine anti uomo, bombe a mano inesplose, ecc.), il taglio della vegetazione deve procedere di pari passo con la bonifica superficiale.

Durante le operazioni di taglio – nel rispetto delle vigenti disposizioni emanate dall'Autorità Forestale – dovranno essere salvaguardate le piante ad alto fusto e le matricine esistenti.

1.7. ESPLORAZIONE DEL TERRENO E SCAVO PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ORDIGNI BELLCI

Gli scavi necessari allo scoprimento degli eventuali ordigni bellici individuati dovranno essere effettuati con sistemi e mezzi che non pregiudichino l'incolumità delle maestranze, dei mezzi e delle attrezzature nonché di eventuali manufatti presenti nell'area di cantiere o nelle immediate adiacenze e condotti in modo da raggiungere le profondità necessarie per la identificazione degli ordigni bellici. In particolare, si procederà:

- rimuovendo dallo scavo ogni materiale, compreso ceppi, radici, massi, murature e oggetti di varia natura, per verificare la presenza al di sotto degli stessi di eventuali ordigni;
- dando alle pareti degli scavi l'inclinazione necessaria per impedire scoscendimenti o franamenti e per

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLICI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 7 di 8

- consentire il lavoro del Rastrellatore e l'efficace impiego degli apparati di ricerca;
- aggettando, eventualmente, l'acqua che si infiltrasse negli scavi;
armando, all'occorrenza, le pareti degli scavi.

La bonifica bellica superficiale consiste nelle attività di ricerca, localizzazione e scoprimento di tutti gli ordigni, mine e residuati bellici di ogni genere e tipo nonché di tutte le masse metalliche presenti nel terreno fino a cm. 100 di profondità dal piano campagna e nella loro successiva eliminazione, secondo le previste procedure.

La bonifica bellica di profondità viene svolta per ricercare, individuare e localizzare ordigni o masse ferrose interrati a profondità superiore a **cm. 100** dal piano campagna originario. Essa deve essere sempre preceduta dalla bonifica superficiale.

Tali attività di bonifica verranno eseguite secondo quanto prescritto nel "Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre".

Gli scavi finalizzati al recupero delle masse ferrose individuate con le fasi di ricerca superficiale dovranno essere effettuati esclusivamente a mano con precauzione ed attrezzature adeguate alla particolarità ed ai rischi della operazione. Gli scavi a mano a profondità superiore a **cm. 100** dal piano campagna si potranno effettuare laddove per problemi operativi o mancanza di sufficiente spazio, non sia possibile l'uso di mezzi meccanici. Nello scavo a mano occorre sempre procedere a strati successivi di spessore non superiore a **30 cm.** procedendo alla verifica del fondo scavo prima di passare allo strato successivo.

Gli scavi con mezzi meccanici sono da effettuarsi, a profondità superiore a cm. 100, in terreni di qualsiasi genere, natura e consistenza, e sono eseguiti mediante impiego di idonei mezzi meccanici dotati di opportuni sistemi di protezione e muniti di benna liscia, che devono procedere a strati successivi, di spessore non superiore all'accertata capacità di rilevazione degli apparati di ricerca e previa verifica del terreno da escavare. Inoltre, si precisa che tale modalità operativa si applica quando si è in prossimità di una interferenza ferromagnetica tale da fare presumere la presenza di un ordigno bellico a distanza pari a circa un metro.

Tutte le aree scavate, al termine della bonifica, dovranno essere convenientemente rinterrate dall'ESECUTORE, per ripristinare il preesistente stato dei luoghi.

1.8. EVENTUALE RIMOZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLICI

In tutti i casi di rinvenimento di ordigni bellici, come da "Disciplinare tecnico per l'esecuzione del servizio di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre", la Ditta Incaricata ha l'obbligo di:

- sospendere immediatamente le attività di ricerca;
- denunciare il rinvenimento dell'ordigno bellico presso la stazione dei Carabinieri territorialmente competente, preventivamente informata dello svolgimento delle attività di bonifica bellica, e contestualmente darne comunicazione a FERROVIE, per il tramite della DL;
- porre in atto idonea segnaletica di pericolo intorno all'ordigno bellico;
- porre in essere tutti gli accorgimenti ritenuti necessari, da valutare di volta in volta in funzione dei luoghi e della tipologia dell'ordigno, per evitare che estranei possano avvicinarsi all'ordigno ed allo scavo effettuato;
- non riprendere le attività di bonifica prima dell'intervento di personale specializzato dell'Amministrazione Militare preposto alla successiva neutralizzazione dell'ordigno e che provvederà eventualmente ad emanare il parere di competenza, i vincoli e le limitazioni del caso.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II-SEZIONE 1 BONIFICA ORDIGNI BELLCI	
CAPITOLATO-PARTE II - SEZIONE 1	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 001 B</u>	FOGLIO 8 di 8

1.9. EVENTUALE RITOMBAMENTO AL TERMINE DELLE ATTIVITA'

Le zone di bonifica saranno oggetto di pulizia e saranno ripristinate al termine delle operazioni mediante l'eventuale ritombamento del materiale precedentemente rimosso, nel rispetto sia della vigente normativa in materia, sia della sezione 20 "Gestione delle terre e rocce da scavo" del presente Capitolato.

1.10. COLLAUDO

Al termine del servizio di Bonifica Bellica, l'ESECUTORE trasmetterà al Reparto Infrastrutture, per il tramite del DL, l'attestato di Bonifica Bellica secondo le indicazioni riportate nella Direttiva n.001/B.TER./2015 "Bonifica bellica sistematica terrestre".

I lavori si considerano finiti, e quindi l'area può intendersi bonificata, solo a seguito del rilascio del Verbale di Constatazione da parte del Reparto Infrastrutture. Pertanto, qualsiasi documento attestante l'avvenuta Bonifica Bellica delle aree, anche se rilasciato dalla Ditta Incaricata, se non vistato dall'Ufficio B.C.M. del Reparto Infrastrutture e corredato da specifico Verbale di Constatazione è nullo ai fini della liberalizzazione delle aree sotto il profilo bellico.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 2
RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI**

- 2.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 2.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 2.3. DEFINIZIONI
- 2.4. ABBREVIAZIONI
- 2.5. ONERI GENERALI
- 2.6. RETI
- 2.7. POLIGONALI
- 2.8. LIVELLAZIONI
- 2.9. RILIEVI
- 2.10. RILIEVI TOPOGRAFICI PER VERIFICHE DI COMPATIBILITA'
IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A. Zammuto	A. Rinaldi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A. Zammuto	A. Rinaldi	F. Iacobini
C	21/12/2018	Emissione per Applicazione	A. Zammuto E. Elisei P. Di Giacomo	A. Rinaldi	F. Iacobini

INDICE

2.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	5
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
2.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	5
2.3	DEFINIZIONI	5
2.4	ABBREVIAZIONI.....	6
2.5	ONERI GENERALI.....	7
2.5.1	ONERI GENERALI PER RILIEVI IN CORSO DI ESECUZIONE DEI LAVORI	7
2.5.2	SQUADRA TOPOGRAFICA.....	9
2.5.3	STRUMENTAZIONE	9
2.5.4	VERTICI	11
2.5.4.1	Capisaldi	11
2.5.4.1.1.	<i>Pilastrini di tipo A.....</i>	<i>11</i>
2.5.4.1.2.	<i>Pilastrini di tipo B.....</i>	<i>11</i>
2.5.4.1.3.	<i>Centrini metallici.....</i>	<i>11</i>
2.5.4.1.4.	<i>Chiodi.....</i>	<i>11</i>
2.5.4.2	Punti di stazione.....	12
2.5.5	CONTROLLI.....	12
2.6	RETI.....	13
2.6.1	RETE DI INQUADRAMENTO.....	13
2.6.1.1	Scelta e controllo dei vertici	13
2.6.1.2	Determinazione di nuovi punti.....	13
2.6.2	RETE DI RAFFITTIMENTO	14
2.6.3	RETE GPS DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO.....	15
2.6.3.1	Scelta dei vertici.....	15
2.6.3.2	Coordinate rettilinee.....	16
2.6.4	MONOGRAFIE	17
2.6.5	DOCUMENTAZIONE TOPOGRAFICA	17
2.7	POLIGONALI	18
2.7.1	POLIGONALI DI PRECISIONE PLANOALTIMETRICHE A LATI LUNGHI	18
2.7.2	POLIGONALE PLANIMETRICA A LATI CORTI	19
2.7.3	POLIGONALI DI PRECISIONE.....	20
2.7.3.1	Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi	20
2.7.3.2	Azimut di direzione e orientamento iniziale.....	21
2.7.3.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranze	21
2.7.3.4	Compensazione ed elaborazione dati	21

2.7.4	POLIGONALI SECONDARIE.....	21
2.7.4.1	Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi	21
2.7.4.2	Azimut di direzione e orientamento iniziale.....	22
2.7.4.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranze	22
2.7.4.4	Compensazione ed elaborazione dati	22
2.7.4.5	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi.....	22
2.7.4.6	Documentazione topografica.....	23
2.8	LIVELLAZIONI.....	24
2.8.1	LIVELLAZIONI DI PRECISIONE	24
2.8.1.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi	24
2.8.1.2	Scelta della strumentazione	24
2.8.1.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranza.....	24
2.8.1.4	Compensazione ed elaborazione dati	25
2.8.1.5	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi di livellazione	25
2.8.1.6	Documentazione topografica.....	25
2.8.2	LIVELLAZIONI TECNICHE.....	26
2.8.2.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi	26
2.8.2.2	Scelta della strumentazione	26
2.8.2.3	Modalità di lettura strumentale e tolleranze	27
2.8.2.4	Compensazione di elaborazione dati.....	27
2.8.2.5	Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi.....	27
2.8.2.6	Documentazione topografica.....	27
2.9	RILIEVI	28
2.9.1	RILIEVI CELERIMETRICI DI DETTAGLIO	28
2.9.1.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi	28
2.9.1.2	Orientamento iniziale.....	28
2.9.1.3	Scelta della strumentazione	28
2.9.1.4	Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati	29
2.9.1.5	Tolleranze ed elaborazione dati.....	29
2.9.2	RILIEVO DELLE SEZIONI TRASVERSALI	30
2.9.2.1	Rilievo e disegno di sezioni trasversali rispetto all'asse di progetto o esistente	30
2.9.2.2	Documentazione topografica.....	31
2.9.3	TRACCIAMENTI PLANOALTIMETRICI	31
2.9.3.1	Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi	31
2.9.3.2	Orientamento iniziale.....	31
2.9.3.3	Scelta della strumentazione	32
2.9.3.4	Calcolo dei valori di tracciamento.....	32
2.9.3.5	Modalità di tracciamento	32
2.9.3.6	Tolleranze.....	32
2.9.3.7	Documentazione topografica.....	33
2.10	RILIEVI TOPOGRAFICI PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI	33
2.10.1	TRILATERAZIONE CON METODO GPS E MISURA GPS SU DUE NUOVI VERTICI DA MATERIALIZZARE.	34
2.10.1.1	Misura di tre vertici IGM95 e di una coppia di nuovi vertici all'interno del triangolo	34
2.10.1.2	Elaborazione delle misure.	35

2.10.2	SEZIONI TRASVERSALI DEL CORSO D'ACQUA.....	36
2.10.3	RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI.	38
2.10.4	RILIEVO GEOMETRICO DI UN MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO.....	38
2.10.5	RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO CON TECNICHE LIDAR.	38
2.10.5.1	Sistema Lidar, funzionalità e componenti.....	39
2.10.5.2	Accuratezza del sistema Lidar.....	39
2.10.5.3	Rilevamento.....	40
2.10.5.4	Materiali di consegna e prodotti.....	42
2.10.5.5	Specifiche tecniche di verifica.....	45

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 5 di 46

2.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 2 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 002 B - del 22/12/2017).

La presente sezione di Capitolato ha lo scopo di descrivere e standardizzare le fondamentali operazioni topografiche svolte per:

- rete di inquadramento e raffittimento
- poligonali
- livellazione di precisione
- livellazioni tecniche
- rilievi planoaltimetrici
- rilievo delle sezioni trasversali
- tracciati planoaltimetrici.

La presente sezione si applica alle operazioni topografiche necessarie alla realizzazione delle opere di vario genere, all'esecuzione di rilievi planoaltimetrici ed al posizionamento di opere d'arte.

2.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

2.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.P.R. 06 giugno 2001, n. 380 “Testo unico per l’edilizia” e s.m.i.
- D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull’aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d’appalto degli enti erogatori nei settori dell’acqua, dell’energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.” e s.m.i.
- D.lgs. 09 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e s.m.i.
- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” e s.m.i.
- Circolare 02 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008” e s.m.i. per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018

2.3 DEFINIZIONI

CONTRATTO: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l’acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l’esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>002</u> <u>C</u>	FOGLIO 6 di 46

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

2.4 ABBREVIAZIONI

ASCII: American Standard Code for Information Interchange (Codice Standard Americano per lo scambio di informazioni)

Cls: calcestruzzo

CTR: Carta Tecnica Regionale

DBM: Digital Building Mode - Modello Digitale dell'Edificato

DGPS: Differential GPS - Sistema di correzione differenziale GPS

DSM: Digital Surface Model - Modello Digitale della Superficie

DTM: Digital Terrain Model - Modello Digitale del Terreno

DWG: Formato file vettoriale Autocad

DXF: Formato file vettoriale Drawing Exchange Format

ETRF89: European Terrestrial Reference Frame 1989

GDOP: Geometrical Dilution of Precision (Diluizione geometrica di precisione)

GPS: Global Positioning System (Sistema di posizionamento globale)

GSD: Ground Sampling Distance - Dimensione del pixel al suolo

I.G.M.: Istituto Geografico Militare Italiano;

I.I.M.: Istituto Idrografico Marina

INS: Inertial Navigation System - Sistema di Navigazione Inerziale

L.E.C.: Libretto Elettronico di Campagna

LiDAR: Light Detection and Ranging

MMS: Mobile Mapping System - Sistema di Mappatura Mobile

PDOP: Point of Dilution of Precision (Punto di diluizione di precisione)

p.p.m.: parti per milione

Reference/Base Station: Stazione di riferimento GPS

Restituzione cartografica: Trasformazione dei punti della nuvola appartenenti ad una specifica opera in entità vettoriali (linee, aree, punti)

TA: Tolleranza altimetrica

TIN: Triangulated Irregular Network

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 7 di 46

TP: Tolleranza planimetrica

UTM: Universal Transverse of Mercator (Proiezione universale trasversa di Mercatore)

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.

WGS84: World Geodetic System 1984 (Sistema di coordinate geografiche geodetico basato su un ellissoide di riferimento elaborato nel 1984)

2.5 ONERI GENERALI

Nello svolgimento delle attività l'ESECUTORE potrà eseguire contemporaneamente più operazioni fra quelle indicate, scelte secondo le necessità operative ed i criteri di buona esecuzione, comunque espletate nel rispetto delle tolleranze di seguito descritte. Quindi le operazioni di rilievo e tracciamento dovranno essere supportate da livellazioni di precisione e/o tecniche e da poligonali planimetriche di precisione.

Resta inteso che l'ESECUTORE per particolari operazioni dettate dall'aspetto esecutivo delle varie opere, quali ad esempio conduzione delle frese con laser o distanziometri elettronici motorizzati intrecciati con opportuni software, valutazione dei cedimenti delle centine, seppur fundamentalmente legate alle tolleranze ed alle modalità operative delle operazioni di seguito descritte, dovrà valutarle di caso in caso e supportarle mediante redazione di specifica documentazione da sottoporre all'approvazione di FERROVIE.

L'ESECUTORE dovrà provvedere a sua cura e spese alle eventuali occupazioni temporanee di proprietà di terzi, conseguenti ai lavori previsti, nonché ai risarcimenti di qualsiasi natura per danni o pregiudizio alla proprietà di terzi o delle FERROVIE, derivanti dalle operazioni oggetto del presente Capitolato.

Tutto il materiale topografico, cartografico e monografico, relativo ai rilievi del terreno, compresi i disegni originali, resterà di piena ed assoluta proprietà di FERROVIE.

I lavori di rilievo topografico potranno avere come oggetto l'esecuzione di prestazioni di singole categorie oppure essere finalizzati alla realizzazione di cartografie, in questo ultimo caso procederanno per fasi e nessuna fase successiva potrà essere iniziata prima del completamento dei lavori di quella precedente.

E' fatto obbligo all'ESECUTORE di notificare a FERROVIE, con almeno quindici giorni di anticipo, la data presunta di ultimazione dei lavori per consentire a FERROVIE di effettuare i controlli che riterrà opportuni. Resta inteso che gli eventuali controlli eseguiti nelle fasi intermedie non impegnano FERROVIE ai fini dei controlli finali previsti nell'ultima fase dei lavori.

L'ESECUTORE è anche tenuto a comunicare, almeno 15 giorni prima dell'inizio delle operazioni di campagna, l'esatto recapito della Squadra operativa, nonché la data di inizio e quella, presumibile, di fine delle operazioni stesse.

2.5.1 ONERI GENERALI PER RILIEVI IN CORSO DI ESECUZIONE DEI LAVORI

Sarà cura dell'ESECUTORE, se non diversamente prescritto:

- Provvedere a quanto necessario affinché tutte le operazioni di rilievo siano eseguite avvalendosi di un'unica rete di capisaldi in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli).
- Provvedere a quanto necessario onde evitare manomissioni del reticolo di capisaldi. Nel caso in cui, per esigenze connesse ai lavori od in conseguenza di avvenimenti di qualsiasi natura (anche non dipendenti dall'ESECUTORE), il reticolo (o singoli capisaldi) risultassero manomessi, sarà onere dell'ESECUTORE provvedere ai necessari ripristini.

- Provvedere alla installazione delle modine necessarie a definire con la massima precisione il profilo delle scarpate di scavi e rilevati.
- Mettere a disposizione di FERROVIE la documentazione, la strumentazione e il personale tecnico e ausiliario necessari per la effettuazione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuni per eventuali controlli in fase di costruzione.
- Prima di iniziare i lavori di sterro e riporto eseguire la picchettazione completa del lavoro, e nel caso in cui ai lavori in terra siano connesse opere murarie o in calcestruzzo, dovrà procedere al tracciamento di esse con l'obbligo della conservazione, in entrambi i casi, dei capisaldi di partenza.
- Detti capisaldi dovranno essere correlati con la rete geodetica nazionale GPS IGM 95, secondo le modalità riportate al successivo paragrafo 2.6.1 e con quella utilizzata per la redazione della cartografia; tali capisaldi dovranno altresì coincidere (a meno delle necessarie integrazioni) con quelli utilizzati all'atto della campagna geognostico-geotecnica.
- Elaborare, gestire specifiche documentazioni di controllo delle attività topografiche, a cui allegare tutta la certificazione emessa nell'espletazione dei controlli stessi. Tale documentazione dovrà essere archiviata a cura dell'ESECUTORE in modo che ne sia garantita la tracciabilità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 9 di 46

2.5.2 SQUADRA TOPOGRAFICA

L'ESECUTORE dovrà individuare specifiche squadre topografiche a cui affidare le attività topografiche necessarie per la realizzazione delle opere. Per ogni squadra topografica dovrà nominare un responsabile delle attività topografiche (Topografo Senior) e i suoi collaboratori (Topografi Senior e Junior canneggiatore) secondo le esigenze delle specifiche attività.

L'ESECUTORE dovrà utilizzare personale specializzato per l'uso della strumentazione topografica e per lo sviluppo sul terreno dei lavori topografici; tale personale sarà organizzato in squadre, secondo la composizione minima sotto indicata e dovrà possedere i seguenti requisiti, di cui sarà data adeguata certificazione:

- Topografo senior
 - Titolo di studio minimo: Geometra o equivalente;
 - Esperienza lavorativa: 5 anni;
 - Conoscenza e padronanza degli strumenti impiegati;
 - Conoscenza specifica della normativa I.G.M. e della documentazione contrattuale
 - Conoscenza specifica dei metodi di calcolo
- Topografo junior
 - Titolo di studio minimo: Geometra o equivalente;
 - Esperienza lavorativa: 2 anni;
 - Conoscenza e padronanza degli strumenti impiegati;
 - Conoscenza della normativa I.G.M. e della documentazione contrattuale
 - Conoscenza dei metodi di calcolo

L'ESECUTORE dovrà documentare i suddetti requisiti mediante un curriculum dettagliato riportante le esperienze specifiche, in riferimento alla strumentazione utilizzata.

Le certificazioni saranno emesse una sola volta per ogni singolo addetto, che le conserverà unitamente al documento di riconoscimento.

Prima di effettuare qualsiasi operazione di rilevazione e/o tracciamento l'ESECUTORE dovrà controllare l'idoneità di ogni singolo addetto e che la composizione delle squadre, in relazione anche alla strumentazione impiegata, rispetti i minimi di seguito riportati:

- Squadra topografica per poligonali e livellazioni
 - n°1 Topografico Senior
 - n°2 Topografi junior canneggiatori
- Squadra topografica per rilievi e tracciati planoaltimetrici
 - n° 1 Topografico Senior
 - n°1 Topografo junior canneggiatore.

2.5.3 STRUMENTAZIONE

Lo stato di rettifica di tutte le apparecchiature impiegate, sia per i rilievi di campagna che per la restituzione,

dovrà essere controllato prima dell'inizio effettivo dei lavori. FERROVIE si riserva la facoltà di richiedere la verifica delle apparecchiature anche in corso d'opera.

I rilievi angolari dovranno essere eseguiti con teodolite di precisione tale da consentire una lettura diretta di almeno due secondi centesimali; quelli lineari con distanziometro elettronico o tellurometro aventi una precisione, indipendentemente dalla distanza misurata, non inferiore a $\pm 5 \text{ mm} + 10 \times 10^{-6} \times D$ - E.q.m. (errore quadratico medio). L'uso di apparecchi aventi precisione diversa da quella prescritta dovrà essere preventivamente autorizzata da FERROVIE. In alternativa l'ESECUTORE potrà usare le "total station" o strumentazioni GPS ultima generazione che forniscano risultati comparabili alla strumentazione precedente.

Per tutti i calcoli topografici i valori delle funzioni trigonometriche avranno un adeguato numero di cifre decimali in modo che, in qualsiasi maniera si sviluppino i calcoli, i risultati parziali e finali garantiscano sempre uguale la terza cifra decimale per le misure lineari (esprese in metri) e la quarta cifra decimale per le misure angolari (esprese in gradi centesimali).

Per le relative livellazioni geometriche di precisione saranno utilizzati livelli di precisione muniti di lamina pian parallela o ottica elettronica con registrazione dei dati.

A parità di prestazioni, sono da preferire gli strumenti dotati di indice (o di compensatore) verticale automatico e di sistema di lettura diametrale al cerchio orizzontale. Qualora si intendano eseguire i calcoli tramite procedure informatizzate, sono da preferire i sistemi automatici di registrazione dei dati, quale sistema integrativo degli usuali quaderni di campagna ove riportare le letture effettuate.

La strumentazione dovrà essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento. FERROVIE potrà chiedere in ogni momento la presentazione dei certificati di taratura della strumentazione.

L'ESECUTORE avrà inoltre cura di predisporre un adeguato numero di libretti di misura, che dovranno essere autenticati e vidimati da FERROVIE, numerando progressivamente le pagine e i libretti stessi.

Sui libretti, riempiti senza pagine bianche, i dati dovranno essere riportati in maniera indelebile e senza cancellazioni invisibili.

In alternativa, per i lavori non contabilizzati a misura, potranno essere redatti verbali giornalieri di campagna, eventualmente integrati dalle stampe emesse dagli strumenti elettronici, in cui saranno annotate almeno le seguenti informazioni:

- nome e qualifica degli operatori impiegati
- data
- ora di inizio e fine delle operazioni
- tipo e numero di matricola degli strumenti impiegati
- altezza dello strumento
- condizioni meteorologiche e temperatura

Dopo ogni messa in stazione l'ESECUTORE controllerà inoltre:

- che il punto di stazione sia stato materializzato sul terreno in conformità a quanto prescritto al successivo paragrafo 2.5.4 VERTICI;
- che lo strumento sia stato posizionato correttamente;
- che l'altezza dello strumento sia stata determinata con la massima cura e riportata correttamente sul libretto di misura o sul verbale di campagna;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 11 di 46

- che le rilevazioni e le letture avvengano secondo le metodologie e le tolleranze indicate nel presente documento, per il tipo di rilevazione effettuata.

2.5.4 VERTICI

2.5.4.1 Capisaldi

I nuovi vertici della rete di inquadramento, i vertici della rete di raffittimento, delle poligonali e i capisaldi delle livellazioni saranno materializzati secondo una delle seguenti modalità.

2.5.4.1.1. Pilastrini di tipo A

Pilastrini di calcestruzzo eseguiti in opera di sezione di cm 40 x 40 fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a cm 80, completi di centrini metallici a testa sferica murati e con numerazione realizzata con una serie di chiodi infissi nel calcestruzzo.

2.5.4.1.2. Pilastrini di tipo B

Pilastrini di calcestruzzo eseguiti in opera di sezione di cm 30 x 30 fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a cm 40 completi di centrini metallici a testa sferica murati e con numerazione realizzata con una serie di chiodi infissi nel calcestruzzo.

I pilastrini, sia di tipo A sia di tipo B, devono essere realizzati in conglomerato cementizio della classe di resistenza caratteristica 30 o 35 con la faccia superiore convessa e lisciata previa spolveratura di cemento assoluto. Di norma i centrini metallici devono essere posti in opera al momento del getto di calcestruzzo. I centrini metallici devono essere realizzati in metallo (o lega metallica) resistente alla corrosione e porteranno incisi sulla base la scritta: "Rete Ferroviaria Italiana", l'anno di apposizione e il numero progressivo del vertice o caposaldo. E' obbligatorio l'uso dei pilastrini in calcestruzzo quando i vertici da materializzare ricadono in terreno libero e in tutti quei casi in cui manchino manufatti ben stabili.

FERROVIE indicherà quali vertici dovranno essere materializzati con pilastrini di tipo A e quali con pilastrini di tipo B.

2.5.4.1.3. Centrini metallici

Centrini metallici a testa sferica murati su manufatti esistenti o su roccia con numerazione incisa sulla parte metallica. I centrini metallici devono essere stabilmente murati su manufatti esistenti con malta di cemento composta da kg 600 di cemento tipo 425 per metro cubo di sabbia lavata e vagliata, scevra da materie micacee con superiore spolveratura di cemento assoluto e lisciatura. I centrini metallici devono essere in metallo (o lega metallica) anticorrosivo e porteranno incisi sulla base la scritta: Rete Ferroviaria Italiana, l'anno di apposizione e il numero progressivo del vertice o caposaldo. Non è consentito l'uso dei centrini metallici in tutti quei casi in cui manchino manufatti ben stabili.

2.5.4.1.4. Chiodi

Chiodi sparati su manufatti esistenti in calcestruzzo. I chiodi sparati, di norma, devono essere utilizzati per materializzare punti che non hanno carattere di stabilità e necessità di lunga conservazione. Il ricorso ai chiodi sparati è consentito per la materializzazione di punti soltanto su manufatti in conglomerato cementizio, semplice o armato, che non presentino fenomeni di degrado, previa autorizzazione di FERROVIE. I chiodi devono essere di acciaio con sezione minima di 5 mm e lunghezza 50 mm a testa piatta o filettata a richiesta di FERROVIE. La numerazione, in questo caso, andrà eseguita su rondella di adeguato diametro che sarà bloccata simultaneamente insieme al chiodo. La rondella dovrà trovarsi tra la testa del chiodo e il manufatto.

Tutti i punti, comunque materializzati, devono essere evidenziati e segnalati con frecce e cerchiature mediante vernice di colore intenso.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 12 di 46

2.5.4.2 Punti di stazione

Nell'esecuzione di sezioni trasversali dell'infrastruttura ferroviaria, di rilievi planoaltimetrici del terreno o di rilievi di opere d'arte o manufatti, L'ESECUTORE dovrà scegliere i punti su cui stazionare con la strumentazione topografica di rilievo in modo tale da:

- poterne definire le coordinate plano-altimetriche;
- evitare "zone d'ombra" per il terreno o il manufatto da rilevare;
- garantire stabilità nel tempo alle apparecchiature topografiche di misura;
- garantire che siano reciprocamente visibili, se più di uno, e a distanza al massimo pari a 300 m.

Qualora i punti di stazione non coincidano con punti di coordinate note, l'ESECUTORE dovrà materializzare la loro posizione:

- sul terreno tramite un tondino di ferro infisso in modo che ne sporgano circa 5 cm e verniciato in colore intenso in modo da facilitarne il riconoscimento;
- sul terreno tramite un picchetto di legno con infisso un chiodo verniciato in colore intenso in modo da facilitarne il riconoscimento;
- in corrispondenza di manufatti esistenti, o su roccia, tramite centrini metallici murati, ovvero tramite chiodi sparati se trattasi di manufatti in calcestruzzo.

Per ogni punto di stazione l'ESECUTORE dovrà:

- redigere una apposita monografia che riporti anche le informazioni idonee a rintracciarne la posizione e uno schizzo planimetrico con le distanze da almeno tre punti particolari ben riconoscibili sul terreno.
- determinare le coordinate plano-altimetriche, collegandolo a punti di coordinate note tramite una delle seguenti procedure:
 - per le coordinate planimetriche tramite procedura di intersezione multipla in avanti a partire da tre punti di coordinate note, ovvero tramite il metodo del vertice di piramide collimando a quattro punti di coordinate note o, infine, realizzando una poligonale a lati corti tra punti di coordinate note in cui i punti di stazione coincidano con tutti o parte dei vertici della poligonale; i dati ricavati per le coordinate planimetriche dei punti di stazione vanno sottoposti a procedura analitica di compensazione, tenendo conto, se opportuno, della teoria degli errori;
 - per la quota, tramite livellazione trigonometrica da un estremo utilizzando gli stessi punti precedenti ovvero tre capisaldi di precisione (delle reti determinate da FERROVIE o della rete IGM), in entrambi i casi purché la distanza non superi i 500 m, altrimenti si dovrà inserire il punto di stazione in una livellazione di precisione dal mezzo che abbia inizio e termine su di un caposaldo (tra due capisaldi oppure chiusa su di uno solo).

2.5.5 CONTROLLI

Oltre ai controlli specificatamente previsti nelle prescrizioni alle singole fasi di lavoro, le Ferrovie si riservano la facoltà di eseguire, a loro insindacabile giudizio, i controlli che riterranno più opportuni sia nel corso dei lavori che ad ultimazione dei medesimi scegliendo le zone da controllare sia per l'ubicazione che per l'estensione. L'ESECUTORE si impegna ed accetta che un incaricato di FERROVIE possa accedere in qualsiasi momento nei locali dove si eseguono i lavori di elaborazioni dati, di restituzione e disegno cartografico o nelle zone dove sono in corso le operazioni topografiche all'aperto, per eseguire i controlli che saranno da FERROVIE ritenuti opportuni, mettendo a sua disposizione tutti i documenti, anche relativi alle operazioni in corso, che FERROVIE stessa riterrà utile consultare. Per l'esecuzione dei controlli stessi l'ESECUTORE dovrà fornire la manodopera ausiliaria (canneggiatori) necessaria, nonché un'autovettura con

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 13 di 46

autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli. Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'ESECUTORE, con particolare riguardo a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'ESECUTORE medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

2.6 RETI

2.6.1 RETE DI INQUADRAMENTO

2.6.1.1 Scelta e controllo dei vertici

Per l'inquadrimento geodetico della cartografia o per gli allacci della poligonale, l'ESECUTORE dovrà redigere un grafico in scala 1:25.000 della rete planoaltimetrica dei punti I.G.M. 95 esistenti ed utilizzabili, dopo avere provveduto a reperire i relativi elementi geodetici. A tal fine l'ESECUTORE richiederà all'Istituto Geografico Militare di Firenze, la verifica dei punti trigonometrici che ritiene di dover utilizzare per il suddetto inquadrimento, con l'eventuale ricalcolo degli elementi planoaltimetrici dei punti medesimi. Potranno essere utilizzati soltanto i vertici trigonometrici I.G.M. del I, II e III ordine. Nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esistano vertici di I, II e III ordine, previa comunicazione scritta dell'ESECUTORE, potrà essere eccezionalmente consentita da FERROVIE, per l'inquadrimento delle cartografie, l'utilizzazione di punti trigonometrici I.G.M. di IV ordine, purché determinati posteriormente all'anno 1942, oppure vertici della rete catastale o della rete costiera dell'Istituto Idrografico della Marina, purché rispondano ai requisiti, prescritti più avanti, per i vertici trigonometrici. Le Ferrovie potranno partecipare al controllo della rete di inquadrimento, da effettuarsi, con misure dirette sul terreno, su almeno il 20% dei vertici presi in esame. La rete sarà ritenuta idonea quando la distanza D' tra i vertici contigui, ricavata dalle coordinate originarie, e la distanza D fra gli stessi vertici, ottenuta dalle misure di controllo, tenuto conto del modulo di deformazione della proiezione Gauss-Boaga, soddisfi la relazione: $|D' - D|$ minore o uguale a $D/10.000$. Le distanze D e D' verranno indicate in metri ed i punti che non soddisfino la suddetta relazione saranno scartati. Le operazioni topografiche per il controllo dei punti della rete d'inquadrimento devono essere eseguite con le stesse modalità di quelle previste per la determinazione di nuovi punti.

2.6.1.2 Determinazione di nuovi punti

Per la determinazione di eventuali nuovi punti, in sostituzione di quelli I.G.M. scartati, occorrenti per la materializzazione della rete di inquadrimento, saranno osservate le seguenti prescrizioni. I nuovi punti, posti ad una distanza variabile secondo le necessità, dovranno consentire una buona visibilità sulla zona circostante ed essere ubicati su manufatti stabili nel tempo e sui quali sia possibile fare stazione in modo da rendere possibili le osservazioni dal centro. Detti punti dovranno, inoltre, essere posti possibilmente al centro delle maglie formate dai vertici I.G.M. e verranno preferibilmente determinati mediante stelle di triangoli ben conformati e chiusi, dai quali si misureranno tutti e tre gli angoli e tutte le distanze. La stella dei triangoli si considererà ben conformata quando ciascun triangolo non abbia angoli minori di 30 gradi centesimali. Qualora non risulti possibile la determinazione a stella, il punto potrà essere determinato con un complesso di triangoli chiusi che abbiano come vertice comune detto punto e come basi le congiungenti dei punti I.G.M. ubicati da una parte di esso. In tale caso il numero dei triangoli non dovrà essere inferiore a 5 o, in caso di assoluta deficiente visibilità, non inferiore a 4. Anche in questi casi andranno misurati tutti gli angoli e tutte le distanze possibili, in modo da avere sempre misure sovrabbondanti utili per i calcoli di compensazione e per i controlli che FERROVIE riterrà opportuno effettuare.

Gli angoli azimutali andranno determinati con il metodo delle osservazioni a strati eseguendo, da ciascuna

stazione, almeno 6 strati di letture. Se dalla medesima stazione si eseguissero successivamente osservazioni a strati riferentesi a diversi gruppi di punti, tali strati dovranno avere in comune almeno due punti per risultare collegati. I vari strati saranno ridotti alla medesima origine e se ne medieranno i risultati, sempre che le differenze tra i loro valori non superino i 15 secondi centesimali. Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

I calcoli di compensazione della rete così formata saranno condotti con metodi matematici rigorosi e tenendo conto della teoria degli errori.

La quota altimetrica del punto di nuova determinazione verrà ricavata con una livellazione trigonometrica; le osservazioni andranno riferite a tutti i punti trigonometrici I.G.M. visibili dal punto di stazione e saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, che verranno ripetute in ore differenti. Tali osservazioni zenitali, non inferiori a 4 strati per ogni quota da determinare, per essere mediabili non dovranno presentare scarti superiori a 15 secondi centesimali. Si eviterà, per quanto possibile, di osservare zenitalmente le visuali sfioranti il terreno o le cime degli alberi di zone boschive. Le quote finali calcolate dai vari trigonometrici saranno mediate se i risultati ottenuti dai diversi calcoli avranno tra loro uno scarto inferiore a ± 10 cm.

2.6.2 RETE DI RAFFITTIMENTO

Dalla rete di inquadramento fondamentale (solo per le scale 1:10.000 e 1:5.000) si deriverà una rete di punti di raffittimento sia planimetrico che altimetrico. Detti vertici di raffittimento dovranno essere in numero sufficiente da permettere, insieme ai vertici di I-II-III ordine I.G.M. ed a quelli del IV ordine eventualmente utilizzati, di individuare un punto ogni: a) 2,5 chilometri quadrati di superficie, per la scala 1:5.000; b) 5 chilometri quadrati di superficie, per la scala 1:10.000. Pertanto l'ESECUTORE redigerà un progetto di rete di raffittimento che sottoporrà alla preventiva approvazione di FERROVIE unitamente agli schemi operativi. Tali operazioni non saranno effettuate soltanto se esiste una precedente rete di raffittimento eseguita dalle Ferrovie; in tal caso le Ferrovie medesime consegneranno all'ESECUTORE le relative monografie e questi è tenuto alla verifica dei vertici; qualora occorra integrare tale rete di raffittimento o per estenderla o perché alcuni vertici sono mancanti, le relative operazioni saranno eseguite secondo le prescrizioni del presente paragrafo.

I vertici della rete di raffittimento verranno determinati mediante intersezione multipla in avanti, collimandoli da almeno quattro punti di ordine superiore, in modo da ottenere tre triangoli aventi, a due a due, un lato in comune. Almeno due dei triangoli predetti non dovranno essere sovrapposti, bensì giacere da bande opposte rispetto al lato comune. Non sarà considerato come terzo triangolo quello le cui visuali al punto siano state ambedue adoperate nei due triangoli precedenti. Un tale triangolo potrà servire solo come controllo per il calcolo. Eccezionalmente, la collimazione di alcuni punti della rete di raffittimento potrà essere effettuata soltanto da tre punti di ordine superiore, riducendosi così a due i relativi triangoli, purché non sovrapposti; in tale caso dovrà calcolarsi il terzo triangolo di controllo, se sufficientemente ben conformato. I lati dei triangoli non dovranno eccedere i quattro - cinque chilometri e l'angolo sul punto non dovrà essere inferiore a 40 né superiore a 140 gradi centesimali. Quando non è possibile procedere all'intersezione multipla in avanti, alcuni punti potranno essere determinati nei seguenti modi:

- con triangolo chiuso appoggiato a due punti di ordine superiore; dal punto da determinarsi dovranno collimarsi però uno o più punti, anche di raffittimento, tali da poter dar luogo ad almeno un secondo triangolo di controllo;
- con metodo del vertice di piramide con elemento di controllo.

Le osservazioni azimutali verranno eseguite con metodo a strati effettuando quattro strati di osservazioni. Le osservazioni azimutali di ciascuno strato saranno ridotte ad una stessa origine, unica per ciascuna stazione; le direzioni medie, rispetto all'origine e relative ad uno stesso punto, saranno mediate ove non presentino, tra i

vari strati, differenze superiori a 15 secondi centesimali. Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

L'errore di chiusura angolare di ciascun triangolo della rete di raffittimento non dovrà eccedere i 10 secondi centesimali. La compensazione angolare di un triangolo in tolleranza sarà effettuata, ritenendo uguali i pesi dei tre angoli, assegnando a ciascuno di essi una correzione pari ad un terzo dell'errore di chiusura, cambiato di segno.

Qualora venisse usata, per il rilievo dei vertici della rete di raffittimento, la trilaterazione, la compensazione sarà eseguita con metodi matematici rigorosi tenuto conto della teoria degli errori.

Il rilievo altimetrico della rete di raffittimento sarà effettuato con la livellazione trigonometrica, secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.6.1e le letture zenitali saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate. Da ciascuna stazione si collimerà ad almeno 3 capisaldi della livellazione di precisione I.G.M. esistente nella zona (o di quella eseguita dall'ESECUTORE), purché la distanza non superi 0,5 km, effettuando almeno due strati di lettura. Qualora per particolari motivi dette distanze siano superiori al limite fissato, l'ESECUTORE è tenuto a rispettare, per il rilievo altimetrico della rete di raffittimento, le stesse norme stabilite per la rete di inquadramento, con l'avvertenza che dovranno essere rispettate le tolleranze di seguito specificate. La tolleranza planimetrica sui vertici della rete di raffittimento è fissata in ± 5 cm; quella altimetrica in $1/4$ della tolleranza stabilita per i punti quotati isolati della carta.

2.6.3 RETE GPS DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO

2.6.3.1 Scelta dei vertici

La scelta della posizione dei vertici dovrà, per quanto possibile, tenere conto delle successive operazioni di tracciamento. La geometria e l'affidabilità della rete dovranno essere verificate a priori con operazioni di simulazione.

La rete dovrà essere sviluppata a poligoni. I punti dovranno essere materializzati secondo le prescrizioni di cui al paragrafo 2.5.4.1 "Capisaldi". Nel definirne l'ubicazione, dovrà essere verificata l'assenza di campi elettromagnetici o superfici riflettenti che potrebbero causare disturbi nella ricezione del segnale e fenomeni di "percorsi multipli". Nel punto di stazione dovrà essere garantita l'assenza d'ostacoli alla ricezione del segnale a partire da un'elevazione minima di 15° (angolo di cut-off). Ostacoli (edifici, alberi, alture ecc.) potranno comunque essere presenti anche al di sopra di questa elevazione, purché d'entità limitata nel giro d'orizzonte. Di questi ostacoli si dovrà dare indicazione in un diagramma polare, allegato alla monografia del vertice, dal quale risultino le elevazioni e gli azimut.

Le misure GPS saranno eseguite con ricevitori abilitati alla ricezione di entrambe le frequenze attraverso procedimenti quali ad esempio la cross-correlazione o quadratura del segnale e di entrambi i codici, secondo gli schemi previsti. L'acquisizione avverrà contemporaneamente con almeno due ricevitori, posizionati sui punti alle estremità delle basi da misurare.

La costellazione minimale sarà costituita da quattro satelliti con diagrammi di PDOP che potranno presentare valori elevati (>5) solo in finestre temporali limitate durante la sessione di misura. E' comunque auspicabile l'utilizzo di costellazioni più numerose e con bassi valori di PDOP. La scelta delle costellazioni da utilizzare dovrà essere comunque ottimizzata anche in relazione agli ostacoli alla ricezione presenti nel sito.

Il segnale potrà essere acquisito solo quando il satellite avrà raggiunto un'elevazione minima di 15° sull'orizzonte della stazione.

Gli strumenti dovranno essere programmati per un intervallo d'acquisizione pari a 15 secondi, mentre la durata delle sessioni di misura sarà strettamente correlata alla lunghezza della base da determinare.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>002</u> <u>C</u>	FOGLIO 16 di 46

Si riportano nella tabella seguente i tempi minimi di acquisizione.

Tabella 2.6.1

Lunghezza (km)	Tempo acquisizione (minuti)
da 0 a 5	15
da 5 a 10	30
maggiore di 10	60

Le basi saranno elaborate da un appropriato software, universalmente conosciuto, che dovrà evidenziare il valore di quei parametri che la casa costruttrice dei ricevitori pone come vincolo per l'accettabilità della misura e questi dovranno essere evidenziati in maniera esaustiva nella relazione allegata.

La rete dovrà essere realizzata per determinare le coordinate nel sistema WGS84 e dovrà comprendere un sufficiente numero di vertici (minimo 3) noti nel sistema Gauss-Boaga, IGM 95 e altrettanti capisaldi di livellazione IGM. Questi punti dovranno essere disposti in modo tale da racchiudere l'intera area oggetto del rilievo. La realizzazione della rete dovrà avvenire con misure sovrabbondanti per garantire controlli statisticamente validi. La rete dovrà essere strutturata in maniera tale da formare dei poligoni chiusi e con una ridondanza maggiore di 2 uniformemente distribuita (numero delle basi diviso il numero dei punti meno 1).

La compensazione della rete dovrà essere eseguita in maniera intrinseca, con il metodo dei minimi quadrati, tenendo fisso un solo punto baricentrico alla zona di lavoro. Lo s.q.m. di ciascuna delle due coordinate planimetriche dovrà essere inferiore a 2 cm, quello altimetrico inferiore a 4 cm.

La compensazione della rete potrà avvenire secondo tre modalità:

- trattamento delle misure GPS in modalità singola base e successiva compensazione della rete;
- trattamento di ogni sessione GPS con metodo multi-base e successiva compensazione globale delle singole sessioni di misura;
- compensazione globale della rete in modalità multi-base.

L'inserimento nel sistema nazionale della rete compensata sarà consentito tramite rototraslazione spaziale conforme a 7 parametri. Tali parametri saranno calcolati utilizzando come minimo 3 vertici planimetrici IGM 95 e almeno 3 quote ortometriche di capisaldi di livellazione IGM, IIM. Tali parametri saranno accettati se i residui della rototraslazione saranno inferiori a 20 cm.

In tutti i casi, durante la compensazione si dovranno effettuare analisi statistiche per l'individuazione e la rimozione di errori nelle misure.

2.6.3.2 Coordinate rettilinee

Per la rappresentazione in coordinate "rettilinee" dovrà essere scelto un metodo di calcolo che garantisca nel passaggio da rappresentazione ellissoidica a rappresentazione piana o "rettilinea" di una deformazione paragonabile agli "errori strumentali di misura". Dovrà essere eseguita una trasformazione da coordinate

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 17 di 46

geografiche WGS 84 ottenute dalla compensazione della rete intrinseca in coordinate piane utilizzando come meridiano origine quello baricentrico alla zona di lavoro e fissando il coefficiente di contrazione uguale ad 1. Successivamente dovranno essere calcolate le coordinate così trasformate sul piano medio di riferimento.

Le quote dei vertici della rete saranno riferite alla rete GPS IGM 95 e ai capisaldi di livellazione IGM.

2.6.4 MONOGRAFIE

Per ciascun vertice dovrà essere redatta una monografia, contenente i seguenti elementi:

- codice del vertice
- coordinate UTM32-WGS84, UTM32-ED50e Gauss Boaga e per i vertici GPS anche le coordinate geografiche WGS84 e dovrà essere indicata la precisione ottenuta;
- schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti caratteristici stabiliti facilmente individuabili sul terreno;
- schizzo prospettico e fotografia;
- quota del vertice ellissoidica e ortometrica, con indicazione della metodologia con cui è stata determinata e della precisione ottenuta;
- breve descrizione dell'ubicazione con l'esplicita indicazione del Comune, frazione, località e via dove ricade il vertice;
- data di materializzazione. Per i vertici ricadenti nella proprietà ferroviaria dovrà essere indicata anche la quota del piano del ferro antistante.

2.6.5 DOCUMENTAZIONE TOPOGRAFICA

L'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, durante e al termine delle attività dovrà elaborare i sotto elencati documenti da consegnare a FERROVIE congiuntamente al dossier dell'opera:

- monografie di tutti i vertici I.G.M. utilizzati nella rete, in originale o copia fotostatica;
- monografie dei vertici della rete di inquadramento determinati ex novo, come prescritto dal precedente paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE";
- quaderni o verbali di campagna in originale, per gli strumenti elettronici file con la registrazione delle misure effettuate;
- per le reti GPS, file contenenti i calcoli delle linee di singola base, file della compensazione della rete, file delle trasformazioni delle coordinate WGS84 e file dei calcoli delle coordinate piane;
- schemi delle operazioni topografiche eseguite per la determinazione dei nuovi vertici con i dati di rilievo;
- calcoli effettuati e s.q.m.;
- relazione illustrante i procedimenti adottati per i rilievi e per la compensazione, gli eventuali problemi avuti per la ricezione dei segnali (per le reti GPS), mettendo in particolare risalto il grado di precisione ottenuto;
- grafico in scala 1:25.000 dal quale risultino le operazioni eseguite, i vertici I.G.M. usati, quelli controllati ed i nuovi vertici determinati;
- elaborati relativi al controllo di omogeneità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 18 di 46

Gli elaborati andranno consegnati, in originale e due copie, entro appositi contenitori di dimensioni adeguate, con tutte le indicazioni necessarie per la loro esatta individuazione scritte sia sulla parte laterale che sulla testata del contenitore stesso.

Le monografie saranno rilegate a libretto di formato non superiore a 21 x 29,7 cm.

2.7 POLIGONALI

2.7.1 POLIGONALI DI PRECISIONE PLANOALTIMETRICHE A LATI LUNGHİ

Per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi, che potrà essere disposta da FERROVIE in alternativa alla rete di raffittimento, si prescrive che i lati abbiano possibilmente lunghezza costante e che i vertici costituenti i loro punti d'incontro siano ubicati su manufatti stabili nel tempo e tali da consentire la più ampia visuale possibile. La materializzazione di detti vertici verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI".

Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno tre o quattro strati di letture azimutali secondo le prescrizioni di FERROVIE. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali. Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute.

L'angolo per l'orientamento del primo lato della poligonale sarà rilevato con il metodo delle direzioni isolate effettuando quattro letture la mattina e quattro il pomeriggio per eliminare l'errore di fase. L'orientamento anzidetto verrà determinato collimando ove possibile almeno quattro punti trigonometrici della rete di inquadramento.

Le tolleranze planimetriche di chiusura sui punti trigonometrici I.G.M. della rete di inquadramento vengono stabilite come segue:

- per la poligonale con lati lunghi mediamente da 0,3 km a 1 km, misurati in proiezione orizzontale lungo la congiungente i vertici
 - $\Delta\alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $\pm 0,0030 \sqrt{n}$, dove n è il numero dei vertici;
 - ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm [0,002 \sqrt{\sum l} + 0,0001 \sum l + 0,005]$ dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati in m;
- per le poligonali con lati mediamente da oltre 1 km a 7 km, misurati in proiezione orizzontale lungo la congiungente i vertici
 - $\Delta\alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $\pm 0,0020 \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici;
 - rl (rapporto di accuratezza lineare) = $\sqrt{\frac{\Delta E^2 + \Delta N^2}{\sum l}} \leq 1/A$, dove ΔE e ΔN = differenze espresse in metri fra le coordinate NORD ed EST calcolate con la poligonale e le rispettive coordinate del punto trigonometrico desunte dalla monografia e i parametro A è riportato nella seguente tabella 2.7.1;
 - ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm [0,002 \sqrt{\sum l} + 0,0001 \sum l + 0,005]$ dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati in m..

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 19 di 46

Tabella 2.7.1

A	lunghezza media dei lati (misurati in proiezione orizzontale lungo la congiungente dei vertici)
10.000	da oltre 1 km a 3 km
30.000	da oltre 3 km a 5 km
60.000	da oltre 5 km a 7 km

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione trigonometrica nei seguenti modi:

a) nel caso in cui nella zona interessata dai rilievi non esista una rete di livellazione I.G.M. o una livellazione eseguita in precedenza dalle Ferrovie o dall'ESECUTORE, dovrà determinarsi il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno. Detta poligonale, all'origine, alla fine e, ove possibile, almeno ogni 10 Km, dovrà essere appoggiata e chiusa su capisaldi I.G.M. al fine di accertare che le misurazioni eseguite rientrino nel limite di tolleranza altimetrica stabilita dalla formula Δ (espresso in mm) = $\pm 40 D$, dove D è la distanza in chilometri. Gli eventuali errori altimetrici, se contenuti entro i limiti di tolleranza suddetti, saranno ripartiti con calcoli matematici rigorosi tenendo conto della teoria degli errori;

b) nel caso in cui nella zona interessata dai rilievi esistano le livellazioni citati al punto a) e sia possibile la collimazione diretta al caposaldo, il rilievo altimetrico di ciascun vertice, appoggiato ai capisaldi della rete di livellazione purché posti ad una distanza non superiore ad 1 Km, sarà eseguito con il metodo delle osservazioni zenitali coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando i risultati.

Per entrambi i casi da ogni stazione verranno eseguiti almeno tre strati di letture per ogni punto collimato e gli angoli zenitali ottenuti, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

La poligonale planoaltimetrica può essere eseguita sia per operazioni di controllo e determinazione di elementi topografici sia lungo la fascia di terreno da restituire, anche lungo la linea ferroviaria.

Di norma i vertici della poligonale devono essere materializzati a livello di piano di campagna, stradale o piattaforma ferroviaria.

Dovrà essere redatto un grafico della rete planoaltimetrica dei punti trigonometrici I.G.M., di cui saranno reperiti gli elementi geodetici, sarà effettuato quindi il controllo della rete con misure dirette, e la determinazione della distanza orizzontale tra il primo vertice della poligonale e il più vicino trigonometrico I.G.M. cui verrà collegata, nonché tra l'ultimo vertice e il più vicino trigonometrico I.G.M. su cui verrà chiusa

2.7.2 POLIGONALE PLANIMETRICA A LATI CORTI

Per la poligonale planimetrica a lati corti, di norma da prevedere per le scale 1:1.000 e 1:2.000, si prescrive che i vertici, intervallati con i capisaldi della livellazione (che potranno anche far parte della poligonale) e la cui materializzazione sarà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI", siano di norma ubicati sulla banchina della linea ferroviaria esistente nella fascia di terreno da restituire. La distanza tra i vertici di detta poligonale sarà variabile in relazione alla necessità di stabilire la visuale di ogni singolo

vertice da quelli contigui ed individuare tutti i rettifili della linea ferroviaria esistente. In prossimità dei binari la distanza della più vicina rotaia dovrà essere tale da non interessare la massicciata della sede ferroviaria e da consentire lo stazionamento con il teodolite anche durante la marcia dei treni; tale distanza sarà comunque sempre superiore a m 1,80. Nei tratti in rettifilo, due vertici successivi saranno fissati alla stessa distanza dal bordo interno del fungo della rotaia più vicina, in modo che la loro congiungente risulti parallela al binario e saranno posti tra loro alla massima distanza, purché inferiore ad 1 km, consentita dal rettifilo stesso. In corrispondenza delle gallerie esistenti la poligonale passerà all'esterno e, ove ciò non fosse possibile, potrà essere autorizzata l'esecuzione di una triangolazione sostitutiva di collegamento ed il rilievo potrà essere appoggiato anche a tale triangolazione. In corrispondenza degli imbocchi, in rettifilo, delle gallerie, la poligonale dovrà avere un lato supplementare aperto, all'interno della galleria e parallelo al suo asse.

Nei tratti di poligonale eseguiti su terreno libero i vertici dovranno essere ubicati fuori dai terreni coltivati, possibilmente lungo i margini di strade o fossi, su manufatti, ecc., in modo che non possano essere facilmente rimossi; comunque la distanza tra due vertici successivi dovrà essere sempre inferiore a 1 km.

Il rilievo angolare della poligonale dovrà essere eseguito con il metodo delle osservazioni a strati, con le stesse prescrizioni stabilite per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi al precedente paragrafo 2.7.1

Il rilievo lineare sarà eseguito avanti e indietro e i risultati, se compatibili, saranno mediati.

Per la riduzione all'orizzonte di dette misure dovranno essere rilevati gli angoli zenitali, effettuando almeno due strati di letture angolari. Data l'esigenza delle FERROVIE di avere misure reali, relative alla fascia di terreno interessata, la poligonale rimarrà aperta, nonostante il rilevante sviluppo in lunghezza, e perciò il calcolo di essa non sarà influenzato da correzioni per eventuali errori di chiusura su punti trigonometrici dell'Istituto Geografico Militare. Comunque ogni 10 km circa, nonché all'inizio e alla fine della poligonale, dovranno essere eseguite le chiusure su punti trigonometrici I.G.M., ma al solo scopo di accertare che le approssimazioni delle misurazioni eseguite rientrino nei limiti di tolleranza stabilite dalle formule:

- $\Delta\alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $\pm 0,0030 \sqrt{n}$, dove n è il numero dei vertici;
- ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm [0,002 \sqrt{\sum l} + 0,0001 \sum l + 0,005]$ dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati in m.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale di precisione, quanto non è previsto che sia determinata con livellazione geometrica, dovrà essere ottenuta come previsto al precedente paragrafo 2.7.1 "POLIGONALIPLANOALTIMETRICHE DI PRECISIONE A LATI LUNGH".

Dovrà essere redatto un grafico della rete planoaltimetrica dei punti trigonometrici I.G.M., di cui saranno reperiti gli elementi geodetici, sarà effettuato quindi il controllo della rete con misure dirette, e la determinazione della distanza orizzontale tra il primo vertice della poligonale e il più vicino trigonometrico I.G.M. cui verrà collegata, nonché tra l'ultimo vertice e il più vicino trigonometrico I.G.M. su cui verrà chiusa

2.7.3 POLIGONALI DI PRECISIONE

2.7.3.1 Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza quelli delle reti principali e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, tramite triangolazioni di precisione, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie.

Nell'eventualità che si sia verificato un danneggiamento o una rimozione, tale vertice verrà scartato riferendosi ad un altro, oppure si controllerà che il vertice venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un vertice di nuova creazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>002</u> <u>C</u>	FOGLIO 21 di 46

La materializzazione di detti vertici verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 “VERTICI”.

2.7.3.2 Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque a non meno di due vertici della rete di raffittimento. L'orientamento avverrà al vertice più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai vertici più vicini.

L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno sei insiemi di letture angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

2.7.3.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante, compresa fra 300 e 1.000 m; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore a 10 km e non più di 20 vertici di stazione.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno sei strati di letture. Lo scarto massimo fra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore ai dodici secondi centesimali.

Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali o intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'inquadramento topografico delle stazioni per il tracciamento delle opere saranno le seguenti:

- Tolleranza angolare $\Delta\alpha = 0.0012 \times \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici;
- Tolleranza lineare $\Delta L = 0.009 \times \sqrt{\sum l} \text{ (km)} + 0.003 n + 0.002 \times \sum l \text{ (km)}$ dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n è il numero dei vertici.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale dovrà essere ottenuta mediante livellazione geometrica di precisione.

2.7.3.4 Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

2.7.4 POLIGONALI SECONDARIE

2.7.4.1 Scelta dei vertici di partenza e controllo della conformità degli stessi

Si assumeranno come vertici di partenza quelli delle reti principali e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, tramite triangolazioni di precisione, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie.

Nell'eventualità che si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un vertice, tale vertice verrà scartato e si farà riferimento a un altro oppure, si controllerà che il vertice venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un vertice di nuova creazione.

La materializzazione di detti vertici verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 “VERTICI”.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 22 di 46

2.7.4.2 Azimut di direzione e orientamento iniziale

Ove possibile, per il vertice iniziale e quello finale della poligonale verrà calcolato l'azimut di direzione ad almeno tre, e comunque a non meno di due, vertici della rete di raffittimento. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento ai capisaldi più vicini. L'angolo di orientamento sarà rilevato effettuando almeno quattro insiemi di lettura angolari con il metodo delle direzioni isolate, differenziando se necessario l'orario delle osservazioni.

2.7.4.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

I lati della poligonale dovranno avere possibilmente lunghezza costante compresa tra i 150 e 500 metri; la poligonale non potrà avere sviluppo complessivo superiore ai 3 Km e più di 15 stazioni.

Gli angoli azimutali e zenitali verranno determinati attraverso almeno tre strati di letture.

Lo scarto massimo tra i valori angolari dei vari strati non dovrà essere superiore a venti secondi centesimali. Le osservazioni che superino tali valori andranno ripetute.

Le tolleranze per l'esecuzione di poligonali secondarie e intersezioni multiple per la determinazione di nuovi punti trigonometrici atti all'esecuzione di rilievi celerimetrici ed al tracciamento delle opere saranno le seguenti:

- Tolleranza angolare $\Delta\alpha = 0,0020 \times \sqrt{n}$ dove n è il numero dei vertici della poligonale;
- Tolleranza lineare $\Delta L = 0,015 \times \sqrt{\sum l}$ (Km) + 0,005 x n + 0,005 x $\sum l$ (km) dove $\sum l$ è la sommatoria della lunghezza dei lati ed n il numero dei vertici della poligonale.

La posizione altimetrica dei vertici della poligonale sarà ottenuta secondo una delle due procedure seguenti:

- determinando il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno. Verranno eseguiti almeno quattro strati di lettura per ogni punto collimato e gli angoli ottenuti, per essere mediabili dovranno presentare uno scarto inferiore a venti secondi centesimali;
- mediante livellazione tecnica.

2.7.4.4 Compensazione ed elaborazione dati

I dati rilevati per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti di stazione saranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

2.7.4.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per i vertici delle poligonali secondarie, se necessario, l'ESECUTORE predisporrà uno schizzo planimetrico atto a permetterne l'identificazione; questo dovrà contenere:

- coordinate rettilinee;
- distanza del vertice da almeno tre punti caratteristici, stabiliti e facilmente individuabili sul terreno; in galleria invece verrà indicata la progressiva;
- data di materializzazione;
- quota del vertice;
- schizzo prospettico o fotografia;
- numerazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>002</u> <u>C</u>	FOGLIO 23 di 46

2.7.4.6 Documentazione topografica

Dovrà essere prodotta la seguente documentazione:

- monografie dei vertici della poligonale che dovranno contenere, per ciascun vertice:
 - coordinate rettilinee e Gauss Boaga;
 - schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti caratteristici stabiliti facilmente individuabili sul terreno;
 - schizzo prospettico o fotografia;
 - quota del vertice;
 - breve descrizione dell'ubicazione con l'esplicita indicazione del Comune, frazione, località e via dove ricade il vertice;
 - data di materializzazione.

Per i vertici ricadenti sulla sede ferroviaria dovrà essere indicata anche la quota del piano del ferro antistante.

- monografie dei punti trigonometrici I.G.M. cui è stata riferita la poligonale e sui quali sono state eseguite le previste chiusure di controllo, secondo le specifiche del precedente paragrafo 2.6.4 "VERTICI";
- calcoli della poligonale per la determinazione delle coordinate geografiche e piane;
- calcoli relativi alle chiusure di controllo;
- grafico della poligonale in scala 1:25.000, con l'indicazione dei collegamenti con i trigonometrici I.G.M., dei capisaldi posti in opera dall'ESECUTORE, dei limiti e dei numeri delle tavolette entro le quali si sviluppa la poligonale;
- prospetto contenente gli elementi della poligonale (distanze, angoli al vertice, angoli di direzione, coordinate e quote con l'indicazione, per i vertici ubicati sulla sede ferroviaria, della quota del piano ferro in corrispondenza dei medesimi);
- relazione sui criteri adottati per l'esecuzione dei rilievi, sui criteri usati per i calcoli e per le chiusure di controllo, nonché sulle eventuali difficoltà incontrate e sulle disposizioni impartite per eliminarle o superarle. Detta relazione conterrà anche considerazioni sui risultati raggiunti in modo particolare per quanto riguarda la precisione ottenuta.

Gli elaborati di cui ai punti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 andranno consegnati, in originale e due copie, in appositi contenitori con tutte le indicazioni, necessarie per la loro esatta individuazione, scritte sia sulla parte laterale che sulla testata dei contenitori stessi.

Le monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore a cm 21 x 29,7.

2.8 LIVELLAZIONI

2.8.1 LIVELLAZIONI DI PRECISIONE

La livellazione geometrica di precisione verrà effettuata per la realizzazione di nuove linee di livellazione anche lungo la poligonale di precisione a lati corti, nonché per la rideterminazione di linee di livellazione esistenti, collegata alla rete di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare.

Con la livellazione si dovranno determinare due capisaldi per ogni chilometro di linea livellata, che potranno anche coincidere con i vertici della poligonale. Qualora non coincidano bisognerà fornire sia le coordinate rettilinee che quelle Gauss-Boaga di detti capisaldi.

Lungo i tratti dell'esistente linea ferroviaria, quando la livellazione geometrica di precisione è finalizzata alla produzione di cartografie alle scale 1:1.000 e 1:2.000 con determinazione altimetrica dei vertici della poligonale di precisione planimetrica a lati corti, dovranno essere rilevate e riportate sulla cartografia le quote del piano del ferro del binario di corsa in corrispondenza dei vertici della poligonale, dei pali della trazione elettrica, nonché in corrispondenza delle opere d'arte (sia sul piano ferro che sul piano strada), dei passaggi a livello, dei fabbricati viaggiatori, delle case cantoniere e dei cambi di livelletta, in modo da poter ricostruire il reale andamento altimetrico della linea. Nelle curve si dovrà fare riferimento alla rotaia più bassa e cioè a quella all'interno della curva.

2.8.1.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi

All'atto delle operazioni di livellazione l'ESECUTORE controllerà che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato nelle monografie e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo.

Nell'eventualità che si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo caposaldo verrà scartato e si farà riferimento a un altro, oppure, si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

2.8.1.2 Scelta della strumentazione

Il livello impiegato nella livellazione dovrà avere un micrometro a lastra piana-parallela per la misura diretta delle frazioni di graduazione della stadia. L'ingrandimento dovrà essere non inferiore a 30x, la livella avrà centramento a coincidenza di sensibilità non inferiore a 20" per 2 mm di spostamento o compensatore autolivellante di precisione equivalente.

Lo stato di rettifica sarà verificato prima dell'inizio dei lavori e tutte le volte che le FERROVIE lo richiedano.

Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti a quelle descritte.

Le coppie di stadie dovranno avere graduazione centimetrata o mezzo - centimetrata su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza in un solo pezzo, bolla che ne permetta la posa verticale con l'approssimazione di qualche primo, puntale d'appoggio sui capisaldi sferici, piastra trasportabile per le battute intermedie di peso e stabilità sufficiente, stato di rettifica e taratura verificato e documentato.

2.8.1.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranza

La livellazione di precisione sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 50 metri.

La misura del dislivello da caposaldo iniziale a caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno, in ore e giorni diversi. In ogni caso bisognerà evitare le ore calde o di foschia e le visuali radenti.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 25 di 46

La discordanza tra il dislivello misurato in andata e quello in ritorno, tra caposaldo iniziale e finale, non dovrà superare la tolleranza di $\text{mm} \pm 6 \sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in Km.

Nel caso che detta discordanza risultasse superiore si dovrà ripetere la livellazione.

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi, la livellazione stessa si svilupperà tra ciascuna coppia di questi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e caposaldo finale di tutta la livellazione dovrà essere contenuta nel limite anzidetto.

Qualora la linea di livellazione si chiuda a formare un poligono di D chilometri, l'errore di chiusura (ovvero il risultato che si ottiene sommando le medie tra andata e ritorno dei dislivelli misurati sui tratti successivi della linea), non deve essere superiore a $\text{mm} \pm 3,5 \sqrt{D}$, dove D è il percorso totale espresso in Km.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo di livellazione, è fatto obbligo all'ESECUTORE di assicurarsi che la quota del caposaldo sia rimasta invariata nel tempo. I risultati di detti controlli saranno esposti in una breve relazione che verrà inviata alle FERROVIE appena terminato il lavoro di campagna.

Con la livellazione si dovrà determinare un caposaldo per ogni chilometro di linea livellata, che potrà anche coincidere con i vertici della poligonale.

Per la posa di nuovi capisaldi di livellazione si dovrà comunque prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota della livellazione di precisione, e sarà necessario attribuire ad essi le coordinate al metro.

2.8.1.4 Compensazione ed elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e di calcolo.

2.8.1.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi di livellazione

Per la livellazione di precisione sarà predisposta la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi ai quali è stata riferita la livellazione e monografie dei capisaldi messi in opera lungo il percorso della nuova livellazione secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE"

Inoltre per i capisaldi all'esterno delle gallerie:

- schizzo planimetrico con l'indicazione di almeno tre distanze da punti caratteristici, stabili e facilmente identificabili sul terreno;
- schizzo prospettico e fotografia.

Invece per i capisaldi all'interno delle gallerie

- distanza progressiva
- schizzo planimetrico descrittivo.

2.8.1.6 Documentazione topografica

Dovranno essere compilati e forniti i seguenti elaborati:

- relazione esplicativa sui criteri adottati e la precisione raggiunta;
- schema su carta topografica in scala 1:25.000 con l'ubicazione dei capisaldi I.G.M. di attacco e del percorso della linea di livellazione;

- monografie dei capisaldi I.G.M. ai quali è stata riferita la livellazione nonché di tutti gli altri ricadenti nel tratto interessato dai rilievi;
- monografie dei capisaldi di livellazione e di eventuali capisaldi messi in opera dall'ESECUTORE lungo il percorso tra caposaldo I.G.M. e caposaldo da collegare, secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE";
- riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita, con i dislivelli bruti di campagna (andata, ritorno e media) e le distanze di ogni singola battuta;
- calcoli di compensazione per la determinazione delle quote;
- prospetto con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione nonché con le quote del binario in corrispondenza dei medesimi, compresi i relativi calcoli.

Degli elaborati dovranno essere consegnati gli originali e due copie, in appositi contenitori con tutte le indicazioni, necessarie per la loro esatta individuazione, scritte sia sulla parte laterale che sulla testata dei contenitori stessi. Le monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore a cm 21 x 29,7.

2.8.2 LIVELLAZIONI TECNICHE

Le operazioni comprenderanno:

- la ricerca dei capisaldi della rete dell'Istituto Geografico Militare o FS;
- la misura del dislivello tra i punti, capisaldi e vertici da collegare, eseguita in andata e ritorno;
- il rilievo delle quote dei vertici e punti richiesti.

Lungo i tratti di linea ferroviaria, quando la livellazione tecnica è finalizzata alla produzione di cartografia alle scale 1:5.000 e 1:10.000, dovranno essere rilevate su richiesta di FERROVIE e riportate sulla cartografia anche le quote dei punti di incrocio delle strade, dei passaggi a livello, delle opere d'arte lungo la ferrovia esistente nonché la quota del piano strada in corrispondenza delle opere d'arte.

2.8.2.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo conformità degli stessi

All'atto delle operazioni di livellazione l'ESECUTORE controllerà che i capisaldi di riferimento di partenza prescelti siano conformi a quanto indicato nelle monografie e che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo.

Nell'eventualità che si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo verrà scartato e si farà riferimento ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

La materializzazione di vertici e capisaldi verrà eseguita secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4 "VERTICI".

2.8.2.2 Scelta della strumentazione

Il livello impiegato nella livellazione dovrà avere: ingrandimento circa 25X, livella con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente; stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori.

Le coppie di stadie dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale. Con la livellazione si dovrà determinare un caposaldo per chilometro di linea livellata, che potrà coincidere anche con i vertici della poligonale.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 27 di 46

Potranno essere utilizzati livelli elettronici con registratore automatico dei dati purché assicurino prestazioni equivalenti.

2.8.2.3 Modalità di lettura strumentale e tolleranze

Per la posa di nuovi capisaldi si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota nota da livellazione di precisione; per l'esecuzione di tracciamenti si dovranno prendere per origine almeno due capisaldi di quota comunque nota.

La livellazione tecnica, da effettuarsi anche lungo la poligonale di precisione, sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza fra le due stadi approssimato a qualche metro e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare gli 80 m .

La misura del dislivello dal caposaldo iniziale al caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno. Dette misure potranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore.

La discordanza tra dislivello misurato in andata e quello misurato in ritorno non dovrà superare la tolleranza di mm $\pm 18\sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in chilometri. Nel caso risultasse superiore si ripeterà la misura del tratto. Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi I.G.M. o F.S. di livellazione di ordine superiore, la livellazione si svilupperà tra ciascuna coppia di capisaldi. Qualora la linea di livellazione si chiuda ad anello, l'errore di chiusura deve essere non superiore a mm $\pm 13\sqrt{D}$, dove D è il percorso totale espresso in chilometri.

Prima di collegare la livellazione con un caposaldo dell'I.G.M. o F.S. sarà necessario che l'ESECUTORE si assicuri che la quota del caposaldo di riferimento sia rimasta invariata nel tempo.

2.8.2.4 Compensazione di elaborazione dati

Per il calcolo delle quote definitive i dati rilevati, che rientrino nelle tolleranze stabilite, verranno sottoposti a procedura analitica di compensazione e calcolo.

2.8.2.5 Redazione delle monografie e schizzi planimetrici dei nuovi capisaldi

Per la livellazione tecnica l'ESECUTORE predisporrà la seguente documentazione:

- monografie dei capisaldi della livellazione ai quali è stata riferita la nuova operazione;
- monografie dei nuovi capisaldi determinati, secondo le prescrizioni del paragrafo 2.6.4 "MONOGRAFIE";

2.8.2.6 Documentazione topografica

L'ESECUTORE elaborerà e consegnerà la seguente documentazione:

- relazione esplicativa sui criteri adottati e la precisione raggiunta;
- schema su carta topografica in scala 1:25.000 con l'ubicazione dei capisaldi I.G.M. di attacco e del percorso della linea di livellazione;
- monografie dei capisaldi I.G.M. o FS ai quali è stata riferita la livellazione nonché di tutti gli altri ricadenti nel tratto interessato dai rilievi;
- monografie dei capisaldi di livellazione e di eventuali capisaldi messi in opera dall'ESECUTORE lungo il percorso tra caposaldo I.G.M. e caposaldo da collegare, eseguite accuratamente come previsto per i vertici della poligonale;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 28 di 46

- riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita, con i dislivelli bruti di campagna (andata, ritorno e media) e le distanze di ogni singola battuta;
- calcoli di compensazione per la determinazione delle quote;
- prospetto con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione nonché con le quote del binario in corrispondenza dei medesimi, compresi i relativi calcoli.

Gli elaborati dovranno essere consegnati in originale e due copie, in appositi contenitori con tutte le indicazioni necessarie per la loro esatta individuazione, scritte sia sulla parte laterale che sulla testata dei contenitori stessi.

Le monografie, i calcoli ed il prospetto saranno rilegati a libretto di formato non superiore a cm 21 x 29,7.

2.9 RILIEVI

2.9.1 RILIEVI CELERIMETRICI DI DETTAGLIO

L'ESECUTORE per la rappresentazione del terreno in prossimità dell'innesto delle opere d'arte principali di progetto (es.: ponti, viadotti, gallerie, muri di sostegno) oppure per il rilievo di opere d'arte esistenti e di aree a specifica sistemazione da modificare o da inserire in cartografia, dovrà eseguire un rilievo con il metodo celerimetrico, idoneo ad una restituzione in scala 1:500 o 1:200, a seconda dei casi, e dovrà porre particolare attenzione al rilievo di eventuali manufatti già esistenti, di aree ferroviarie e degli elementi di linea in esse ricadenti, di infrastrutture varie, di corsi d'acqua.

2.9.1.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

L'ESECUTORE assumerà come vertici di partenza i capisaldi delle reti principale e di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi. Nel caso si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo verrà scartato e ci si riferirà ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

I punti di stazione saranno determinati come previsto nel precedente paragrafo 2.5.4.2 "Punti di stazione".

2.9.1.2 Orientamento iniziale

Da ogni punto di stazione, al fine di trasformare le letture degli angoli orizzontali di direzione in angoli azimutali da utilizzare per il calcolo delle coordinate planimetriche dei punti rilevati, si dovrà collimare ad un punto di coordinate note e ricavare l'angolo di correzione per l'orientamento del cerchio orizzontale come differenza tra il valore azimutale calcolato a partire dalle coordinate del punto collimato e del punto di stazione ed il valore corrispondente dell'angolo di direzione letto.

Tale orientamento andrà verificato su un secondo punto di coordinate note e sarà accettato se la differenza angolare non superi i 20 secondi centesimali.

2.9.1.3 Scelta della strumentazione

Per tutti i lavori di rilievo planoaltimetrico potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai quindici secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a $\pm$ mm 5+5 ppm o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 29 di 46

Per quanto riguarda i livelli valgono le prescrizioni date al paragrafo 2.8.1.2.

Per il rilievo di particolari o di manufatti in genere potranno essere utilizzati nastri metallici centimetrati, canne metriche o metri.

2.9.1.4 Modalità di lettura strumentale e tolleranze, registrazione delle misure, elaborazione dati

I punti da rilevare vanno scelti in modo da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che superi un numero di centimetri pari ad $N/10$, con N uguale al denominatore della scala di restituzione.

Essi saranno tali da poter posizionare ogni manufatto o rete infrastrutturale presente, le linee di confine tra proprietà differenti, le diverse colture e le essenze naturali arborate isolate o in gruppo.

In particolare, nelle aree a uso ferroviario vanno rilevati tutti i punti idonei a definire l'andamento degli assi dei binari, la posizione degli scambi e di ogni altro particolare che sarà concordato preventivamente con FERROVIE.

Il rilievo deve essere effettuato per coordinate polari (distanza, angolo di direzione angolo zenitale, dislivello) a partire da ogni punto di stazione per i punti la cui distanza dal punto di stazione non superi i 300 m collimando al prisma ed effettuando una singola lettura per ciascuna delle grandezze.

La restituzione cartografica deve avvenire dopo aver trasformato le coordinate polari in coordinate di un riferimento orientato in modo assoluto.

Per ognuno dei punti rilevati vanno registrati su apposito supporto (quaderno di campagna, supporto magnetico o registratore dati) i valori delle grandezze relative, idonee alla determinazione della posizione planoaltimetrica rispetto al punto di stazione.

Il piano quotato così ottenuto sarà restituito su adatto supporto cartaceo o magnetico e, ove necessari, trasformato in curve di livello avendo l'accortezza di conservare, a disegno ultimato, l'indicazione grafica dei punti rilevati.

Le curve di livello saranno distinte in:

- direttrici: con equidistanza pari a un centesimo del denominatore di scala (5 m per la cartografia in scala 1:500; 2m per quella in scala 1:200) e disegnate con linea continua leggermente più marcata delle altre;
- intermedie: per la scala 1:500 con equidistanza pari ad un quinto di quella stabilita per le curve direttrici (1 m); per la scala 1:200 con equidistanza pari ad un quarto (0,5m); esse verranno disegnate con linea continua sottile;
- ausiliarie: con equidistanza pari a 1/2 di quella stabilita per le curve intermedie (0,5 m per la scala 1:500; 0,25 m per la scala 1:200); esse saranno disegnate con linea sottile a tratti.

2.9.1.5 Tolleranze ed elaborazione dati

Per i punti del terreno rilevati sono stabilite le seguenti tolleranze:

- tolleranza planimetrica tra due punti isolati ben individuabili misurati direttamente sul terreno e gli stessi individuati sulla restituzione grafica:

scala 1:500: $T_p < \pm 10 \text{ cm}$
 scala 1:200: $T_p < \pm 5 \text{ cm}$
- tolleranza altimetrica tra due punti analoghi ai precedenti:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 30 di 46

scala 1:500: $Ta \leq \pm 5 \text{ cm}$

scala 1:200: $Ta \leq \pm 2 \text{ cm}$

L'elaborazione dei dati sarà eseguita manualmente o tramite software di sperimentata affidabilità; a richiesta, detto software sarà fornito a FERROVIE per lo svolgimento delle necessarie operazioni di sorveglianza.

2.9.2 RILIEVO DELLE SEZIONI TRASVERSALI

La scelta ed il controllo della conformità dei capisaldi di partenza, il calcolo dell'orientamento iniziale, la scelta della strumentazione e le tolleranze planaltimetriche per punti isolati e ben individuati sulla restituzione e sul terreno saranno effettuati secondo quanto prescritto nei precedenti paragrafi 2.9.1.1, 2.9.1.2, 2.9.1.3, e 2.9.1.5.

Per quanto riguarda il rilievo di sezioni trasversali all'asse di progetto, la loro posizione verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro posti alle estremità delle sezioni stesse e dove necessario.

Detti tondini saranno adeguatamente sporgenti dal terreno (circa 5 cm dal piano campagna) e verniciati di colore intenso per facilitarne il ritrovamento.

2.9.2.1 Rilievo e disegno di sezioni trasversali rispetto all'asse di progetto o esistente.

Il rilievo trasversale del terreno deve avere estensione pari a quella esistente o prevedibile per il corpo ferroviario (piattaforma e scarpate) e prolungato su ciascun lato per almeno 15 m oltre la posizione prevista per la recinzione ferroviaria.

I punti da rilevare dovranno essere scelti in modo tale da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno compatibilmente con la scala del rilievo (variazione in centimetri pari a $N/10$ dove N è uguale al denominatore della scala di restituzione).

Le informazioni per il disegno delle sezioni trasversali vanno usualmente desunte dalla planimetria di progetto in scala 1:1000 e restituite in scala 1:200; tuttavia, in corrispondenza dei punti più caratteristici del progetto e in particolari situazioni ambientali esse vanno rilevate direttamente sul terreno.

In tutti questi casi e negli altri in cui si richiede una particolare precisione, costituisce oggetto del rilievo l'andamento del terreno trasversalmente alla linea d'asse di progetto o esistente, così come riportata nella planimetria in scala 1:1000.

Le stazioni dalle quali sarà eseguito il rilievo del terreno debbono essere disposte, finché possibile, sulla linea d'asse o ad una delle estremità delle sezioni stesse; qualora le stazioni non coincidessero con uno degli estremi della sezione, esse vanno materializzate analogamente a quanto disposto per i punti estremi.

Qualora, a causa di particolari condizioni morfologiche locali, non fosse possibile procedere al rilievo dell'intera sezione a partire da un solo punto di stazione, è possibile operare a partire da due differenti punti di stazione, reciprocamente visibili per quanto possibile.

Tutti i punti di stazione debbono essere collegati piano - altimetricamente con la poligonale a lati corti effettuata per il rilievo aerofotogrammetrico relativo alla cartografia in scala 1:1000 o con due capisaldi determinati secondo le prescrizioni dei precedenti paragrafi 2.6.2 "RETE DI RAFFITTIMENTO" o 2.6.3 "RETE GPS DI INQUADRAMENTO E RAFFITTIMENTO".

Tale collegamento deve avvenire tramite procedura di intersezione in avanti facendo stazione su due vertici della poligonale (o sui due capisaldi), ogni qual volta le condizioni di visibilità lo permettano e la distanza tra i due vertici non superi i 300 metri; negli altri casi il collegamento va sviluppato svolgendo una poligonale aperta vincolata con estremi su due vertici della poligonale suddetta o sui due capisaldi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 31 di 46

Per ogni punto di stazione deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee a permettere di rintracciarne la posizione, corredata di uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul terreno.

Per le operazioni di rilievo deve essere utilizzato un teodolite con approssimazione angolare al secondo centesimale accoppiato ad un distanziometro elettronico di precisione non inferiore a $\pm 3 \text{ mm} + 2\text{ppm}$.

E' altresì possibile effettuare il rilevamento con un total station di prestazioni analoghe.

Per ognuno dei punti progressivamente collimati vanno registrati su apposito supporto (cartaceo o magnetico) le grandezze idonee a permettere la determinazione della posizione plano-altimetrica rispetto al punto di stazione.

Le sezioni trasversali, numerate progressivamente, vanno disegnate in scala 1:200 secondo le convenzioni correnti, riferendole ad un sistema cartesiano la cui origine si trovi sulla verticale per l'asse e sulla traccia di un piano orizzontale posto a quota di 5 metri inferiore alla quota minima registrata per uno qualsiasi dei punti della sezione ferroviaria in progetto o del terreno rilevato.

2.9.2.2 Documentazione topografica

L'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, durante e al termine delle attività dovrà elaborare i sottoelencati documenti da consegnare a FERROVIE congiuntamente al dossier dell'opera.

Elaborati topografici da produrre:

- disegno delle sezioni in copia cartacea;
- copia dei calcoli svolti per la determinazione delle distanze e delle quote dei diversi punti, compresi quelli di stazione;
- copia conforme all'originale dei libretti di campagna o dei file di registrazione dei dati unitamente alle specifiche per la loro corretta lettura;
- monografia/e del/dei punto/i di stazione contenente tutte le informazioni occorrenti per rintracciare il punto.

2.9.3 TRACCIAMENTI PLANOALTIMETRICI

2.9.3.1 Scelta dei capisaldi di partenza e controllo della conformità degli stessi

L'ESECUTORE assumerà come vertici di partenza i capisaldi delle reti principale o di raffittimento o i nuovi punti trigonometrici posizionati in precedenza, verificando che non presentino danneggiamenti o alterazioni di alcun tipo e che siano conformi alle monografie o schizzi descrittivi.

Nel caso si sia verificato il danneggiamento o la rimozione di un caposaldo, questo verrà scartato e ci si riferirà ad un altro, oppure si controllerà che il caposaldo venga ripristinato con le stesse modalità e cura di un caposaldo di nuova creazione.

2.9.3.2 Orientamento iniziale

Verrà calcolato l'angolo di direzione ad almeno due capisaldi noti. L'orientamento avverrà al caposaldo più lontano dal punto di stazione e si controllerà la veridicità dell'operazione attraverso l'orientamento al caposaldo più vicino.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 32 di 46

2.9.3.3 Scelta della strumentazione

Per tutti i lavori di tracciato planoaltimetrico potranno essere utilizzati teodoliti con s.q.m. non superiore ai quindici secondi centesimali accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a $\pm \text{mm } 5 + 5 \text{ ppm}$ o, in alternativa, total station di prestazioni analoghe. Giornalmente si dovrà verificare che l'indice zenitale presenti un errore di posizione inferiore ai 20 secondi centesimali e che le funzioni di correzione automatica per la curvatura terrestre, altitudine media e indice di rifrazione siano impostate correttamente.

Per quanto riguarda i livelli valgono le prescrizioni date al paragrafo 2.8.2.2.

Per il riporto delle misure atte al posizionamento dei riferimenti ed intercorrenti tra la stazione di tracciamento ed il riferimento stesso, per il posizionamento planimetrico di riferimenti altimetrici ed in tutti i casi ove non sia indicato o possibile l'uso del distanziometro elettronico potranno essere utilizzati nastri metallici centimetrati, canne metriche o metri.

2.9.3.4 Calcolo dei valori di tracciamento

Verrà eseguito il calcolo dei valori di tracciamento per il posizionamento dei punti di progetto (o riferimento degli stessi) che permettano la corretta esecuzione delle opere o il controllo di apparecchiature e mezzi d'opera, come ad esempio:

- realizzazione di carpenterie;
- posizionamento di cassetture;
- posizionamento di apparecchiature a luce laser per il tracciamento, controllo delle gallerie o guida di macchinari adatti allo scavo delle stesse.

La correlazione tra i dati di progetto e i capisaldi planoaltimetrici dovrà essere documentata in appositi piani di lavoro topografici, redatti e controfirmati dal Topografo Senior responsabile per la topografia, completi di tutti i dati analitici e grafici necessari all'immediato posizionamento dei punti per l'esecuzione dell'opera.

2.9.3.5 Modalità di tracciamento

L'esecuzione del tracciamento planimetrico avverrà per coordinate polari o rettangolari, stazionando su punti di coordinate note.

Al termine delle operazioni di tracciamento delle opere verranno eseguite, dove possibile, misure dirette di controllo sul posizionamento dei riferimenti.

Tutti i riferimenti atti al tracciamento delle opere saranno muniti delle relative indicazioni per l'esecuzione delle stesse che dovranno essere riportate, a seconda dei casi e in maniera inequivocabile, con scritte a vernice di colorazione intensa o pennarello indelebile, poste nelle immediate vicinanze su manufatti, targhette metalliche o picchetti.

Detti riferimenti potranno essere integrati o sostituiti da appositi schizzi o tabelle opportunamente compilate e sottoscritte dal Topografo Senior responsabile per la topografia.

L'esecuzione del tracciamento altimetrico delle opere avverrà tramite livellazione tecnica in andata e ritorno passante per due capisaldi di quota nota.

2.9.3.6 Tolleranze

Per i riferimenti topografici indicati nelle planimetrie di tracciamento delle opere d'arte sono stabilite le seguenti tolleranze:

- Tolleranza planimetrica tra due punti individuati sulla planimetria di tracciamento e sul terreno in fase di costruzione del manufatto o sull'opera d'arte realizzata: $T_p < \pm 5 \text{ cm}$

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 33 di 46

- Tolleranza altimetrica tra due punti analoghi ai precedenti: $T_a < \pm 2 \text{ cm}$

2.9.3.7 Documentazione topografica

L'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, durante e al termine delle attività dovrà elaborare i sottoelencati documenti da consegnare a FERROVIE congiuntamente al dossier dell'opera.

Elaborati topografici da produrre:

- grafico su apposita cartografia;
- monografie dei capisaldi di partenza;
- calcolo dell'orientamento iniziale;
- riferimento agli elaborati di progetto;
- calcolo dei valori di tracciamento;
- schizzi o tabelle di riferimento (se redatte).

2.10 RILIEVI TOPOGRAFICI PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI

Le prescrizioni del presente paragrafo si applicano all'esecuzione dei rilievi topografici propedeutici alle verifiche di compatibilità idraulica di manufatti ferroviari e alla produzione degli elaborati di restituzione.

I rilievi, da effettuarsi conformemente al progetto redatto in base agli schemi progettuali forniti da FERROVIE, comprendono le seguenti attività:

- 1) trilaterazione con metodo GPS e misura GPS su 2 nuovi vertici da materializzare;
- 2) rilievo delle sezioni trasversali del corso d'acqua;
- 3) rilievo plano-altimetrico dell'andamento del terreno in corrispondenza del manufatto in verifica;
- 4) rilievo geometrico dei manufatti individuati in progetto.

Nel caso in cui sia necessario fornire un rilievo plano-altimetrico per l'esecuzione di simulazioni con modelli idraulici bidimensionali:

- 5) rilievo plano-altimetrico con tecniche LiDAR.

Sulla base dei rilievi effettuati dovranno essere redatti, con l'osservanza di tutte le condizioni e norme tecniche di legge vigenti, nonché delle prescrizioni tecniche di FERROVIE, gli elaborati di seguito elencati:

- elenco elaborati, redatto secondo lo schema che sarà consegnato da FERROVIE al momento della consegna delle prestazioni;
- relazione sulle attività di rilievo topografico, illustrante i criteri adottati per l'esecuzione dei rilievi e per i calcoli, nonché le eventuali difficoltà incontrate e le modalità scelte per eliminarle o superarle. Detta relazione conterrà anche considerazioni sui risultati raggiunti, in modo particolare per quanto riguarda la precisione ottenuta. Al suo interno saranno inseriti la planimetria di inquadramento della trilaterazione GPS, nonché gli schizzi planimetrici originali, utilizzati nella gestione delle operazioni di campagna;
- monografie dei capisaldi, contenenti le seguenti informazioni: mese ed anno del rilievo, nome e numero del vertice, lo stralcio di cartografia scala 1:10.000, lo schizzo planimetrico di dettaglio con almeno 3 distanze da punti caratteristici stabili facilmente individuabili sul terreno, una breve descrizione dell'ubicazione del vertice, dell'accesso, del sito e della materializzazione, con esplicita indicazione del

Comune, frazione, località e via dove ricade il vertice, coordinate geografiche nel sistema WGS84, ED50 e Roma40, coordinate piane UTM-WGS84 e UTM-ED50, nonché Gauss-Boaga, quota ellissoidica, quota ortometrica, con l'indicazione della metodologia con cui è stata determinata e della precisione relativa, una fotografia della materializzazione sullo sfondo di particolari circostanti di facile individuazione, eventuale grafico degli ostacoli alla ricezione satellitare, eventuali difficoltà riscontrate (accesso, disturbi, ecc.). Per i vertici ricadenti sulla sede ferroviaria dovrà essere indicata anche la quota del piano del ferro antistante;

- schema del rilievo, redatto alla scala 1:25.000;
- planimetria delle sezioni, redatta alla scala 1:10.000 in base alla cartografia esistente (es.: Carta Tecnica Regionale) dove saranno riportate le tracce (in 3D, con z uguale alla quota ortometrica misurata) delle sezioni, con numerazione progressiva da valle verso monte e con frecciatura indicante la posizione dei picchetti;
- sezioni trasversali, alle scale 1:200 (altezze) e 1:2.000 (distanze). Eventuali altre scale, per una adeguata rappresentazione in rapporto all'estensione del rilievo, potranno essere concordate con FERROVIE;
- prospetti delle infrastrutture di attraversamento, nei quali i rilievi (di monte e di valle) saranno montati sulle sezioni adiacenti e riferiti allo stesso sistema di riferimento, in particolare alla stessa origine delle ascisse. Saranno restituiti in scala 1:200, o secondo quanto indicato da FERROVIE, in rapporto alle dimensioni o ad altre circostanze particolari. Tutti i dati rilevati dovranno essere consegnati in formato digitale;

Prima dell'inizio delle attività, l'ESECUTORE concorderà con FERROVIE il progetto di dettaglio dei rilievi che dovrà eseguire, sulla base degli schemi di progetto forniti da FERROVIE. Esso sarà accompagnato da una relazione relativa alla strumentazione che si intende impiegare, alla organizzazione dei rilievi, al software che si intende adottare per il calcolo delle basi, la compensazione e l'elaborazione dei dati, alla codifica dei punti utilizzata nel rilievo e nei calcoli, secondo le indicazioni di FERROVIE. I rilievi saranno appoggiati a vertici di riferimento, le cui coordinate saranno ottenute con strumentazione GPS, secondo la metodologia differenziale statica, a partire da vertici IGM95, secondo quanto riportato nella successiva descrizione delle attività.

Le sezioni adiacenti ai manufatti saranno posizionate parallelamente all'asse dei binari al piede del rilevato di approccio. Le sezioni dovranno essere fornite sia su supporto cartaceo, sia informatico e dovranno essere riportate su cartografia esistente (es. Carta Tecnica Regionale: 1:10.000 o 1:5.000), con frecciatura indicante la posizione dei picchetti.

Nel file della planimetria delle sezioni, le sezioni stesse dovranno essere riportate come polilinee 3D, con coordinata z pari alla quota ortometrica rilevata. Le sezioni idrauliche dovranno essere rilevate e rappresentate con origine nel punto estremo in sinistra idraulica (vista da monte) e numerate da valle verso monte.

I fogli della CTR relativi all'area investigata dovranno essere consegnati a FERROVIE al termine delle prestazioni.

2.10.1 TRILATERAZIONE CON METODO GPS E MISURA GPS SU DUE NUOVI VERTICI DA MATERIALIZZARE.

2.10.1.1 Misura di tre vertici IGM95 e di una coppia di nuovi vertici all'interno del triangolo

La trilaterazione dovrà essere realizzata con GPS a doppia frequenza L1 L2 con metodologia statica, occupando 3 vertici IGM 95 che racchiudano nel triangolo da loro formato l'oggetto del rilievo. A insindacabile giudizio di FERROVIE, potrà essere ammessa una tolleranza di posizione, esterna al triangolo formato dai vertici, non superiore ad 1/5 della lunghezza del lato adiacente.

Si dovrà redigere, per sottoporlo alla preventiva approvazione di FERROVIE, un grafico in scala 1:25.000 dei vertici I.G.M.95 utilizzabili, dopo aver provveduto a reperire le monografie dei vertici e dei grigliati del vertice o del foglio IGM per il passaggio fra i sistemi di riferimento, copia dei quali sarà consegnata a FERROVIE.

La trilaterazione avverrà con 3 GPS in postazione fissa sui vertici IGM 95 (tempo di occupazione almeno 2 ore, oppure 30 minuti + 5 minuti/km, considerando il vertice IGM 95 più distante) e 1 GPS sulla coppia di vertici da determinare all'interno del triangolo.

La misura dei nuovi capisaldi dovrà essere eseguita con le seguenti fasi di attuazione:

- scelta del posizionamento dei due vertici GPS, da concordarsi con FERROVIE;
- materializzazione e determinazione delle coordinate plano-altimetriche. La distanza dei vertici non dovrà essere inferiore a 200 metri e, inoltre uno dei punti dovrà essere in prossimità del manufatto; la loro materializzazione verrà fatta secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.5.4.1 "Capisaldi". Nel definirne l'ubicazione, dovrà essere verificata l'assenza di campi elettromagnetici o superfici riflettenti che potrebbero causare disturbi nella ricezione del segnale e fenomeni di "percorsi multipli". In fase ricognitiva verrà verificato che il valore del rapporto segnale/rumore risulti sensibilmente superiore ai valori minimi dichiarati dal costruttore dello strumento utilizzato. Nel punto di stazione dovrà essere garantita l'assenza di ostacoli alla ricezione del segnale a partire da un'elevazione minima di 15° (angolo di cut-off). Ostacoli (edifici, alberi, alture, ecc.) potranno comunque essere presenti anche al di sopra di questa elevazione, purché d'entità limitata nel giro d'orizzonte. Di questi ostacoli si dovrà dare indicazione in un diagramma polare, allegato alla monografia del vertice, dal quale risultino le elevazioni e gli azimut;
- determinazione della quota sul livello medio del mare (m.s.l.m.) dei nuovi capisaldi, con l'ausilio del modello di ondulazione del geoide gravimetrico disponibile presso l'IGM. Qualora un vertice delle linee di livellazione di alta precisione dell'IGM si trovi a distanza minore o uguale ad un chilometro da uno dei suddetti capisaldi, la quota ortometrica sarà determinata mediante livellazione geometrica di precisione, secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.8.1;
- redazione per ciascun vertice di un'esauriva monografia che consenta l'individuazione del punto.

Le stazioni saranno realizzate esclusivamente "in centro" con l'ausilio di treppiede o piastra. L'antenna sarà fissata tramite basetta tricuspidale dotata di viti calanti e livella sferica o tramite apparato equivalente che consenta l'orizzontamento e il centramento di precisione. Si dovrà curare in modo particolare la misura del dislivello dal centro di fase dell'antenna alla sommità del centrino che costituisce la materializzazione: tale dislivello sarà misurato in due punti diametralmente opposti dell'antenna, all'inizio della sessione di misura e, con la stessa procedura, alla fine della sessione. Delle quattro misure, tutte registrate, si utilizzerà la media. Qualora le misure dello stesso momento differiscano per più di un centimetro verranno immediatamente ripetute, se invece la media delle misure finali differisce per più di un centimetro da quella delle misure iniziali verrà ripetuta la stazione. Per gli apparati che utilizzano sistemi particolari per la determinazione dell'altezza dell'antenna, la misura andrà comunque eseguita due volte all'inizio della sessione e due volte alla fine con le stesse modalità di validazione suddette.

In presenza di cycle slip o di ostacoli superiori a 15-20 gradi sull'orizzonte dell'antenna o di valori di GDOP e PDOP non ottimali, la durata della sessione di misura sarà convenientemente aumentata rispetto ai valori minimi indicati in precedenza. L'intervallo di campionamento non sarà superiore a 15 secondi. L'intervallo di campionamento non sarà superiore a 15 secondi.

2.10.1.2 Elaborazione delle misure.

Il calcolo delle basi potrà essere eseguito utilizzando le effemeridi trasmesse o quelle precise impiegando il programma fornito dalla Casa Costruttrice dei ricevitori, o un programma specifico purché

internazionalmente noto: in questo caso dovrà esserne data preventivamente comunicazione alle FERROVIE nella relazione di progetto per la necessaria autorizzazione. Il software dovrà essere messo a disposizione di FERROVIE per le opportune verifiche e prove.

Le basi calcolate saranno accettate esclusivamente in soluzione fixed, e solo se caratterizzate da indicatori di qualità (quality factor, ratio, varianza, contrast, ecc., a seconda del software utilizzato) che rientrino nei limiti previsti dal software stesso. Le basi che non soddisfino tali requisiti verranno ripetute.

Le coordinate ellissoidiche dei vertici ottenute dalla media delle baseline convergenti sul punto stesso dovranno avere precisioni planimetriche dell'ordine di ± 2 cm ed altimetriche di ± 3 cm. Del calcolo di ciascuna base dovrà essere fornito il file ASCII sintetico riportante le informazioni sostanziali: i codici dei punti collegati, le componenti della base, i loro parametri di precisione (deviazione standard delle componenti, correlazioni o covarianze, modalità di calcolo, fattori di qualità, durata della ricezione, ecc.). Di norma tutti i software d'elaborazione delle basi consentono di produrre tali report riassuntivi. Il nome del file di report richiamerà i codici dei punti collegati dalla base riportata.

La documentazione fornita dovrà consentire di risalire, per ciascuna base, alla sessione durante la quale è stata rilevata.

I dati grezzi acquisiti dovranno essere conservati nella forma originale (binario proprietario) presso l'ESECUTORE e ne dovrà essere consegnata copia a FERROVIE sia in formato binario, sia in formato standard d'interscambio RINEX (compresa la misura dell'altezza sul piano di paragone del punto di riferimento dell'antenna).

2.10.2 SEZIONI TRASVERSALI DEL CORSO D'ACQUA

Le sezioni saranno restituite in scala 1:200 o in ulteriori scale, previo accordo con FERROVIE, per casi particolari, nella posizione e con le indicazioni stabilite da FERROVIE mediante:

- individuazione di due capisaldi per ciascuna sezione, materializzati provvisoriamente con picchetti;
- determinazione delle coordinate plano-altimetriche dei due picchetti come vertici di poligonale appoggiata ai capisaldi di riferimento, garantendo precisioni planimetriche dell'ordine di ± 3 cm ed altimetriche di ± 5 cm;
- calcolo delle distanze parziali, dei dislivelli, delle quote altimetriche dei punti intermedi;
- restituzione dei dati del profilo sotto forma di tabella Excel, in cui per ciascun punto dovrà essere riportata progressiva e quota; dovranno essere evidenziati i punti che corrispondono ai picchetti di sezione, almeno per i quali dovranno essere riportate anche le coordinate piane;
- restituzione grafica e disegno in scala adeguata stabilita da FERROVIE.

Come controllo qualità, all'inizio di ogni sessione di lavoro dal caposaldo di riferimento si rileverà l'altro caposaldo, verificando la precisione della misura ottenuta; si compilerà altresì la scheda di campagna, riportando anche i dati relativi all'altezza dello strumento. Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno quattro strati di letture azimutali. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali. Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute. Devono essere utilizzati teodoliti che consentano una precisione angolare non superiore ai due secondi centesimali, accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a $\pm 3 + 2$ ppm. In alternativa sarà possibile utilizzare total station con prestazioni analoghe o superiori.

Le tolleranze di chiusura sui capisaldi vengono stabilite come segue:

- $\Delta \alpha$ (errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali) = $0,0012 \sqrt{n}$

- ΔL (errore di chiusura lineare espresso in metri) = $\pm [0,009 \sqrt{\sum l} + 0,003 n + 0,002 \sum l]$
- n = numero dei vertici della poligonale; $\sum l$ = sommatoria della lunghezza dei lati espressa in km.

La livellazione geometrica tecnica, da effettuarsi lungo le poligonali, sarà condotta con il metodo della livellazione geometrica con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi a eguale distanza dalle due stadie, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare gli 80 m.

La misura del dislivello dal caposaldo iniziale al caposaldo finale dovrà essere eseguita in andata e ritorno. Dette misure dovranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore. La discordanza tra dislivello misurato in andata e quello misurato in ritorno non dovrà superare la tolleranza di $\text{mm} \pm 18 \sqrt{D}$, dove D è la distanza espressa in chilometri. Nel caso risultasse superiore si ripeterà la misura del tratto.

Sarà eseguita con un livello fornito di bolla con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 20" per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente, ingrandimento circa 25x, stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori.

Le coppie di stadie dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo, preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale.

Per le livellazioni tecniche è consentito l'utilizzo di autolivelli a lettura digitale e di stadie a barre, purché garantiscano precisioni analoghe o superiori ai livelli tradizionali.

In alternativa il rilievo dei capisaldi di sezione potrà essere effettuato con il metodo GPS in modalità rapido-statica.

Le osservazioni eseguite dalla stessa stazione si scriveranno su un unico libretto, insieme all'altezza strumentale sul piano di paragone del vertice di stazione, all'ora in cui le osservazioni sono state fatte, alla pressione atmosferica e alla temperatura. Potrà alternativamente essere utilizzato un registratore di dati che per analogia verrà chiamato "Libretto Elettronico di Campagna" (L.E.C.).

Il riferimento al file di dati della sessione sarà inserito nella scheda giornaliera di controllo qualità.

I punti intermedi della sezione, per i quali si richiede precisione planimetrica di ± 5 cm e altimetrica di ± 30 cm, devono essere determinati con metodo celerimetrico, idoneo alla restituzione numerica in scala 1:200, facendo stazione sui picchetti, o, in alternativa, con metodo GPS cinematico o RTK.

La densità dei punti intermedi da rilevare deve essere tale da rappresentare adeguatamente le variazioni del profilo del terreno, tenendo conto degli elementi che determinano variazioni di quota localizzate (rilevati stradali, argini, reticolo idrografico minore, bordi di terrazzi geologici, ecc.) In ogni caso la densità dei punti deve essere tale da definire l'andamento del profilo del terreno con un punto ogni 50 cm di variazione altimetrica.

Per il rilievo dei punti al di sotto della superficie liquida (punti batimetrici), l'attività dovrà essere svolta secondo le prescrizioni del paragrafo 3.5.5.1 "Rilievo batimetrico per profili della spiaggia sommersa e per sezioni trasversali dell'alveo fluviale" della PARTE SECONDA – SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE del presente Capitolato.

Deve inoltre essere quotato il livello idrometrico a inizio e fine della misurazione con annotazione della data e dell'ora di misurazione.

Si dovrà eseguire per ogni sezione almeno una fotografia delle operazioni di misura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>002</u> <u>C</u>	FOGLIO 38 di 46

2.10.3 RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO PER VERIFICHE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DI MANUFATTI FERROVIARI.

Il rilievo sarà restituito alla scala di 1:500.

I punti da rilevare vanno scelti in modo da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che superi un numero di centimetri pari ad N/10, con N uguale al denominatore della scala di restituzione.

La planimetria dovrà contenere:

- la quota del pelo dell'acqua
- una quota sulla sommità di ciascun eventuale fabbricato (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti);
- tutti gli elementi base del rilievo ricadenti nell'area coperta dal piano quotato, i capisaldi, le sezioni (riportate come polilinee 3D), i picchetti, nonché le particolarità topografiche e gli elementi geografici con la relativa nomenclatura;
- le quote del piano del ferro, che saranno indicate tra parentesi;
- l'ingombro in pianta delle fondazioni, delle pile e delle spalle del ponte;
- la toponomastica;
- le colture e le specie arboree principali.

2.10.4 RILIEVO GEOMETRICO DI UN MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO.

Il rilievo sarà restituito in scala 1:200, appoggiato ai nuovi capisaldi, con le medesime tolleranze (± 3 cm in planimetria e ± 5 cm in altimetria) e avvertenze previste per i capisaldi delle sezioni del corso d'acqua secondo le prescrizioni del precedente paragrafo 2.10.2.

Per ogni prospetto saranno battuti almeno 19 punti topografici, con stazione totale o con strumentazione GPS modalità RTK.

Dovranno essere rilevate nel dettaglio le spalle, compresi pulvini, riseghe e parti fuori terra delle fondazioni, in più andrà rilevato per ciascun prospetto un punto all'intradosso e uno all'estradosso dell'impalcato, due punti sul p.f. (sul piano stradale o in banchina per i manufatti stradali), uno a ciascuna estremità del manufatto, e un punto sul p.f. (sul piano stradale o in banchina per i manufatti stradali) per ciascun rilevato di approccio, in corrispondenza dei punti estremi della sezione di monte, per un totale di 38 punti, per i manufatti a campata unica e per le prime campate dei manufatti a più campate.

Per le campate aggiuntive dei manufatti a più campate dovrà essere rilevata la pila, compresi i pulvini, reseghie e parti fuori terra delle fondazioni, con 8 punti per ciascun prospetto o 12 punti se le fondazioni sporgono dal fondo alveo, in più andrà rilevato per ciascun prospetto un punto all'intradosso e uno all'estradosso dell'impalcato, per un totale di 28 punti.

2.10.5 RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO CON TECNICHE LIDAR.

Il rilievo LiDAR ha lo scopo di produrre dei modelli altimetrici del terreno (DTM e DSM) e una nuvola di punti codificata, per lo sviluppo degli studi di compatibilità idraulica.

Viene riportato di seguito un elenco delle attività minime necessarie che si richiedono per l'esecuzione del rilievo Lidar, in particolare:

- Trasferimento dell'aeromobile dalla sede operativa della società alla località interessata per la ripresa LiDAR;
- Esecuzione del volo di ripresa con sistema LiDAR;
- Produzione di ortofoto a colori RGB effettuata contestualmente al rilevamento LiDAR;
- Elaborazione e restituzione dei dati LiDAR;

Il rilievo deve essere corredato da tutte le informazioni necessarie e sufficienti per poter interfacciare i dati con i rilievi topografici condotti nell'ambito della stessa attività (piano quotato, sezioni batimetriche, rilievo topografico dei manufatti) con le tolleranze ammesse.

L'area oggetto di rilievo dovrà essere inoltre rappresentata mediante restituzione di ortofoto a colori RGB. La risoluzione geometrica, o spaziale, delle ortofoto è definita in base all'acuità visiva dell'occhio umano nella visione di una immagine digitale stampata alla scala nominale corretta, che corrisponde mediamente a 250-400 dpi.

Il valore minimo di risoluzione a terra dovrà essere pari ad almeno 4 pixel al m² (GSD 0,25 m).

La georeferenziazione adottata per le ortofoto dovrà garantire la sovrapponibilità dell'immagine con la nuvola di punti da rilievo lidar.

2.10.5.1 Sistema Lidar, funzionalità e componenti

Il LiDAR (Light Detection And Ranging) è una tecnica di rilevamento "attivo" per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione.

Il rilievo viene effettuato tramite un mezzo aereo ad ala fissa sul quale è installato un laser scanner (distanziometro) e da un sistema di acquisizione dati.

Ortofoto

Le ortofoto digitali, con risoluzione a terra idonea al dettaglio richiesto, saranno il prodotto finale del raddrizzamento delle immagini digitali ricavate dalla ripresa aerea.

Le stesse ortofoto saranno georeferenziate nel sistema di coordinate individuato in fase di affidamento dell'attività.

L'ortofoto digitale dovrà essere il risultato della mosaicatura dei fotogrammi utili, con bilanciamento radiometrico semiautomatico delle porzioni interessate atto a garantire la totale congruenza radiometrica interna. Il ricoprimento dei fotogrammi nella direzione del volo dovrà essere pari all' 60%. La sovrapposizione laterale tra strisciate contigue dovrà essere pari al 30%.

In nessun punto dovranno esistere soluzioni di continuità nella copertura delle zone prestabilite e i fotogrammi dovranno essere nitidi e privi di nubi.

2.10.5.2 Accuratezza del sistema Lidar

Il rilievo LiDAR dovrà soddisfare il livello di precisione 6 espresso nelle "Linee Guida Ortoimmagini 1:10000 e Modelli altimetrici – CISIS – 2009". Si riportano le specifiche suddette nella seguente tabella.

Tabella 2.10.1

Accuratezza in quota	in campo aperto PH(a) = 0.30 m
	con copertura arborea >70%, arbusti>50% PH(b) = 0.60 m (nel caso di DEM)

	edifici (nel caso di DSM) PH(c) = 0.40 m
Tolleranza in quota	in campo aperto TH(a) = 0.60 m
	con copertura arborea >70%, arbusti>50% TH(b) = 1.20 m (nel caso di DEM)
	edifici (nel caso di DSM) TH(c) = 0.80 m
Accuratezza planimetrica	PEN = 0.30 m (0.15 mm alla scala 1:2000)
Tolleranza planimetrica	TEN = 0.60 m
Passo della griglia	1 m

Le aree non rappresentabili (“zone morte”), quali edifici, specchi d’acqua, zone di minor accuratezza per densa vegetazione devono essere delimitate. Le linee di delimitazione devono indicare la quota del terreno, altrimenti (ad esempio se appartenenti ad un tetto) devono avere una quota convenzionale. La zona rappresentata deve essere sempre delimitata.

La densità media minima di acquisizione LiDAR deve essere di almeno 8 punti al m².

La precisione planimetrica della Piattaforma Inerziale GPS/IMU deve essere inferiore a 5 cm.

La sovrapposizione laterale tra strisciate contigue dovrà essere pari almeno al 30%.

2.10.5.3 Rilevamento

Progettazione e pianificazione dei voli - Valutazione di Fattibilità

I voli devono essere eseguiti mediante l’impiego di velivoli ad ala fissa e strumentazione, dei quali sia dichiarata e garantita la libera e completa disponibilità da parte dell'appaltatore per tutto il periodo necessario per le riprese. Devono inoltre essere comunicati ad RFI:

- Copia della Dichiarazione a norma del Regolamento (UE) n. 965/2012 della Commissione sulle operazioni di volo nella quale sarà indicato l’aeromobile che verrà impiegato;
- certificazione dell’installazione a bordo dello strumento di telerilevamento secondo vigenti normative europee (EASA);
- casa costruttrice, tipo, immatricolazione;
- quota massima operativa.

La progettazione e la pianificazione dei voli dovrà avere una ricopertura sufficiente a garantire la continuità della rilevazione. Sarà suddivisa in blocchi di volo in funzione dell’andamento planoaltimetrico della superficie di rilevazione. La pianificazione dei voli e delle attività a terra dovrà garantire risultati correttamente georeferenziati e minimizzazione dell’errore sistematico che dovrà comunque essere compatibile con l’accuratezza dei prodotti richiesti.

Le riprese dovranno essere effettuate nelle condizioni più favorevoli rispetto allo specifico sistema di ricognizione e ciò con riferimento sia alle condizioni contingenti (atmosferiche e di illuminazione) che alle variabili stagionali oltre all’assenza di nuvole, nebbie o foschie. Si dovranno inoltre privilegiare idonee condizioni di illuminazione che minimizzino le ombre e le dominanti di colore.

Tutti gli aspetti di cui sopra dovranno essere preventivamente valutati al fine di pianificare le attività. Qualora l’Appaltatore incontri problemi non altrimenti risolvibili, provvederà a segnalare al RFI la non fattibilità della ripresa su determinate zone e consegnerà una delimitazione vettoriale del perimetro delle stesse, proponendo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 41 di 46

soluzioni alternative o rinunciando per quelle aree a ogni corrispettivo.

Strumentazione

I sistemi di ripresa nel loro complesso dovranno possedere i requisiti di precisione e accuratezza e dovranno essere calibrati e testati in modo tale da garantire il raggiungimento dell'accuratezza prevista per ciascun prodotto richiesto. Copia dei certificati di calibrazione dovrà essere consegnata a RFI.

A RFI devono essere comunicati i dati inerenti la marca, il tipo e l'anno di costruzione della strumentazione impiegata per l'esecuzione delle attività nonché dichiarazione su libera e completa disponibilità della stessa.

Rilevazione Posizionale: Aree Test, GCP, Stazioni GPS a terra

Ciascuna missione di volo dovrà iniziare e finire con almeno 5 minuti di registrazione dei dati statici del velivolo. Preliminarmente all'esecuzione della missione dovrà essere pianificato, tramite opportuno software di simulazione, il periodo di esecuzione in modo da garantire una buona copertura satellitare tale da ottenere, per tutta la durata della missione, un PDOP non superiore a 3 e comunque in linea con le metodiche applicate e con le accuratezze richieste.

L'Appaltatore dovrà individuare, nell'area di rilievo, opportune aree-test che, per numero e localizzazione, consentano almeno un sorvolo a ogni volo. Su tali aree, che dovranno essere pianeggianti, tali cioè da consentire un'alta accuratezza delle misure, dovranno essere rilevati mediante GPS alcuni punti di controllo sul terreno, le cui coordinate verranno rilevate prima della ripresa lidar. In fase di acquisizione del dato, tali aree verranno utilizzate per verificare la stabilità della calibrazione degli strumenti e l'esclusione o minimizzazione di eventuali errori sistematici.

Nelle relazioni tecniche verranno sintetizzati i risultati delle analisi statistiche di confronto tra dati acquisiti e i dati misurati a terra sulle aree test.

Durante l'esecuzione delle rilevazioni dovranno essere registrati, oltre ai segnali satellitari della stazione montata a bordo del velivolo, con epoca di 1 secondo, anche quelli di un certo numero di stazioni GPS a terra di coordinate note per l'impiego della tecnica differenziale. Le stazioni, dotate di ricevitori GPS a doppia frequenza, con acquisizione di 1 Hz, devono essere posizionate in modo da garantire la ricezione contemporanea del segnale di un numero sufficiente di satelliti, i medesimi intercettati dal sistema GPS dell'aereo.

Dovranno essere utilizzate stazioni (con coordinate caratterizzate da accuratezza analoga a quella definita nel paragrafo sulle prescrizioni per le attività topografiche) e collegate alla rete geodetica dell'IGM.

Ai fini delle attività di verifica e di collaudo l'Appaltatore dovrà rendere disponibili i dati GPS delle stazioni utilizzate relativi ai periodi di effettuazione della ripresa, sia in termini di valori DOP che di numero di satelliti presenti.

Per l'effettuazione del rilievo LiDAR è prevista l'acquisizione contemporanea da almeno due stazioni di riferimento a terra in acquisizione simultanea di almeno 6 satelliti con elevazione maggiore di 15° sull'orizzonte e PDOP < 3; le stazioni GPS di appoggio a terra dovranno comunque trovarsi entro 10 Km dalla posizione del velivolo.

Rilievi confinanti

Qualora il rilievo venga a confinare con un altro rilievo dello stesso tipo, eseguito su specifiche omogenee a quanto stabilito nella presente Specifica Tecnica, i prodotti dovranno armonizzarsi con quanto già realizzato e dovrà essere garantita la parziale sovrapposizione del dato grezzo LIDAR e della ripresa al fine di garantire la continuità e l'omogeneità del dato elaborato e dei relativi prodotti.

Integrazione con rilievi topografici

Qualora in aggiunta al rilievo LIDAR, ai fini dei medesimi scopi, siano condotti ulteriori rilievi topografici

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 42 di 46

(rilievo batimetrico di sezioni d'alveo, rilievo del ponte ecc.), la nuvola di punti (file ".las") dovrà armonizzarsi con il prodotto della campagna topografica, garantendo la sovrapposibilità in termini di quote e di ubicazione planimetrica delle aree presenti nei diversi rilievi.

Trattamento dei dati e materiale ausiliario

I dati acquisiti dovranno essere trattati con i software dedicati, tenendo conto di tutte le informazioni derivanti dalla rete GPS di terra, dal GPS e dalle piattaforme inerziali di bordo, al fine di definire in modo ottimale la georeferenziazione dei dati lidar e delle ortofoto.

Eventuali materiali integrativi di proprietà di RFI dovranno essere utilizzati esclusivamente ai fini del presente appalto e non dovranno comunque essere divulgati o ceduti a terzi.

Parziale copertura

RFI non riconoscerà alcun corrispettivo da correlarsi ad aree per le quali i prodotti non abbiano l'accuratezza richiesta, anche se ciò risultasse in conseguenza di problemi non dipendenti dalla volontà dell'appaltatore (ad es.: la presenza di eventuali zone di disturbo del segnale che impediscano una corretta rilevazione posizionale).

Ove la rimozione di problemi che impediscono la realizzazione dei prodotti richiesti comporti attività aggiuntive, imprevedibili al momento dell'affidamento, tali attività potranno essere realizzate esclusivamente a seguito di autorizzazione da parte di RFI.

2.10.5.4 Materiali di consegna e prodotti

Materiale preliminare all'esecuzione del volo

Prima dell'esecuzione delle varie riprese, l'appaltatore deve presentare il "Progetto preliminare del rilievo", costituito dai seguenti set di dati:

- archivio digitale vettoriale georeferenziato che riporti, per ciascun blocco di volo, i confini delle aree da rilevare, i piani di volo con grafico delle strisciate, le direttrici di volo, l'eventuale ricoprimento longitudinale, le sovrapposizioni laterali;
- report sulla verifica temporale e spaziale dei valori di PDOP utilizzata per la pianificazione dei voli;
- grafico delle stazioni GPS di terra e dei vertici IGM95 e vertici di raffittimento che saranno utilizzati in fase di rilievo;
- grafico dei poligoni di calibrazione del sistema e misurazioni (x, y, z) eseguite a terra (aree test e GCP) e relativa documentazione;

RFI procederà con l'approvazione del "Progetto preliminare" o eventualmente con l'invio di un ordine di servizio in cui saranno elencate le integrazioni e/o correzioni richieste che risultano vincolanti per l'esecuzione delle prestazioni e il superamento del collaudo.

Eventuali variazioni dei parametri o utilizzo di strumenti diversi, rispetto a quanto previsto nella Specifica Tecnica, potranno essere proposti dall'appaltatore esclusivamente se migliorativi rispetto ai risultati attesi. Tutte le modifiche proposte non dovranno comunque comportare costi aggiuntivi per RFI e potranno essere messi in opera esclusivamente a seguito di specifica approvazione da parte di RFI.

Relazione tecnica a volo eseguito e suoi allegati

A riprese eseguite, la relazione tecnica e gli allegati forniti, ove richiesto anche in formato digitale, conterranno: la documentazione completa a supporto delle operazioni svolte e dei prodotti di consegna, la descrizione di carattere generale delle varie fasi esecutive della ripresa e tutti i dati accessori utilizzati per il raggiungimento del risultato finale atteso.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 2 RILIEVI TOPOGRAFICI E TRACCIAMENTI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 2	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 002 C</u>	FOGLIO 43 di 46

In particolare conterranno:

- grafico delle strisciate effettuate in sede di rilievo corredate della data di esecuzione dei voli;
- rapporto dei voli (tipo di veicolo, grafici e traiettoria di volo, quota, velocità relativa, condizioni atmosferiche e di illuminazione);
- file in formato RINEX relativi alle epoche acquisite dai ricevitori GPS a terra e a bordo utilizzati per le correzioni differenziali dei dati;
- schede monografiche relative alle stazioni GPS di terra e GCP;
- report relativi alla calibrazione del sistema;
- confronto tra i dati grezzi delle rilevazioni e i dati delle aree test, con il calcolo degli scarti delle misure altimetriche;
- report di calcolo e tabulati finali relativi alle traiettorie di volo, rappresentanti i centri di fase del sistema di rilevamento durante l'acquisizione;
- report relativo alle procedure di filtraggio dei dati grezzi LiDAR per la eliminazione dei punti incorretti e i provvedimenti adottati nel caso in cui l'operazione di filtraggio abbia diminuito in modo significativo la densità prevista dei punti rilevati;
- report dei processi di georeferenziazione e ortorettifica con l'indicazione degli algoritmi di elaborazione utilizzati nelle diverse fasi del processo.

In un altro documento, debitamente sottoscritto l'Appaltatore dovrà segnalare eventuali problemi, ovvero dovrà attestare che:

- non si sono verificati problemi tecnici in fase di acquisizione dei dati e che l'area è stata rilevata senza lacune e discontinuità o errori sistematici (costanti o con andamento lineare lungo le strisciate, offset, inclinazioni e curvature del volo, brusche manovre di volo, fattori di scala, ecc.);
- i dati plano-altimetrici, di rilevazione, di ortorettifica sono stati adeguatamente controllati a campione con i GCP e corrispondono all'accuratezza caratteristica del sistema di ripresa e sono idonei a ottenere i prodotti con l'accuratezza richiesta dalle presenti specifiche;
- i prodotti derivati dalle riprese LiDAR non sono stati adattati a dati preesistenti.

Dati rilevati

Rappresentano l'insieme dei dati acquisiti dal sistema di ripresa senza altra trasformazione se non quella di formato, ove si tratti di formati proprietari del software d'acquisizione, ma senza alcun adattamento o elaborazione.

Devono essere consegnati i seguenti dati:

- Dati grezzi LiDAR first e last pulse senza trattamenti di filtraggio o adattamento di alcun tipo forniti per singola strisciata, conservando la ridondanza delle misure, ripetute ad ogni passaggio, sui poligoni di verifica. Cioè misure dirette del sensore che includono fabbricati, vegetazione e tutti gli oggetti che al momento della misura possono essere stati colpiti dal laser: ad esempio veicoli che nel momento della ripresa si trovano nell'area o eventuali punti singolari non corretti (troppo alti o troppo bassi). Elementi, questi ultimi, che vengono tolti nelle successive fasi di elaborazione del dato, rappresentano il "dato originale" della ripresa e si lasciano al loro interno per garantirne l'integrità;
- Immagini fotogrammetriche nel loro formato originale (fotogrammi o strisciate continue digitali) con sovrapposizioni.

Dati elaborati e prodotti finali

- DTM con celle con dimensioni 1.00 x 1.00 m da realizzarsi tramite tecnica di ripresa LiDAR con l'ausilio delle attività topografiche a terra (in base alla precisione desiderata);
- DSM con celle con dimensioni da 1.00 x 1.00 m da realizzarsi tramite tecnica di rilevazione LiDAR con l'ausilio delle attività topografiche a terra (in base alla precisione desiderata);
- Nuvola di punti classificati (terreno), utilizzati per il DTM;
- Nuvola di punti classificati (edificato) come edifici e manufatti sospesi, utilizzati per il DSM;
- Ortofoto RGB con risoluzione di almeno 0.25 m x 0.25 m (GSD 0,25m) in formato .tif non compresso e georeferenziato. L'Ortofoto sarà desunta dalle immagini digitali a colori georeferenziate. La mosaicatura dovrà coincidere geometricamente e radiometricamente con le immagini contigue, in modo che il lavoro nell'insieme si adatti il più possibile alla realtà del terreno.

Formati e taglio degli elaborati di consegna

I formati e il taglio di consegna devono perseguire l'obiettivo di ottimizzare, in relazione alla natura dell'informazione, il rapporto tra dimensione/gestibilità del file e qualità dell'informazione.

Tabella 2.10.2

<i>Prodotti</i>	<i>Formato File</i>	<i>Note e specifiche di formato</i>
Relazioni tecnica, Monografie dei punti trigonometrici, Grafici e Tabelle	Doc / PDF	digitali anche eventuali allegati
Attestazione	su carta/PDF	sottoscritta dal responsabile
Dati grezzi LiDAR	LAS	formato che prevede per ogni impulso il tempo di emissione, e per ogni risposta (First e Last pulse) le coordinate (Est, Nord) e la quota ellissoidica, approssimate alla seconda cifra decimale, e il valore di intensità.
Nuvola dei punti utili DTM*	LAS	formato che prevede per ogni punto le coordinate (Est,Nord), la quota ellissoidica, approssimate alla seconda cifra decimale e il valore di intensità (intero). Campo classificazione tipologica per OVER GROUND
Nuvola dei soli punti utili DSM*		
DSM*	Grid-ASCII	NCOLS, NROWS, XLFCORNER, YLFCORNER, CELLSIZE, NODATA_VALUE (-9999), NNNN,NN (valori Floating)
DTM*		
Ortofoto*	TIFF + TFW JPG2 + JGW ECW	immagini a 24 bit senza perdita di risoluzione geometrica e fattore di compressione come da formato concordato con RFI.
File vettoriali richiesti (zone no-data, zone interpolate, digitalizzazioni ecc.)	.shp (ESRI shape file) /DWG 3D e	corredati di eventuali attributi aggiuntivi in tabelle correlate o autonome

	2D	
File vettoriali (piani di volo, tracciato correlate o autonome di volo, punti trigono-nometrici, quadri d'unione, ecc.)	DWG 3D e 2D	
Archivi con dati di orientamento e georeferenziazione.		Opportuno formato concordato con RFI

* Per i prodotti contrassegnati da asterisco l'estensione contenuta in ciascun file dovrà essere la medesima, corrispondente a tessere di formato definito.

I formati e il taglio di consegna possono essere modificati, in base a esigenze intervenute, in accordo tra l'Appaltatore e RFI.

Tutti gli archivi digitali saranno forniti, a carico dell'appaltatore in duplice copia su due diversi tipi di supporto di memoria di massa:

- serie di DVD $\pm R$ masterizzati in formato ISO, in numero sufficiente a contenere tutti i file della fornitura, recanti apposita etichetta descrittiva delle informazioni contenute e della data di produzione;
- uno o più hard disk esterni su porta USB2 idonei per numero, caratteristiche e dimensioni a contenere tutti i file della fornitura.

Ove se ne ottenga vantaggio, i files possono essere compressi in formato zip (normal o maximum portable), ma ponendo attenzione che ciascuna cartella di compressione contenga files relativi a un solo oggetto di fornitura.

Codifica Nuvola di Punti da ripresa LiDAR

Di seguito la codifica delle Classi della Nuvola di punti, per la consegna in formato .LAS, con le relative tipologie di entità che debbono contenere:

- 1 Default (Vegetazione);
- 2 Ground (Terreno);
- 6 Building (Edificato);
- 12 Ponti (Impalcato ponti e viadotti non ferroviari);
- 13 Piattaforma (Piattaforma ferroviaria compresa tra le due recinzioni);

2.10.5.5 Specifiche tecniche di verifica

La verifica di qualità riguarderà controlli di consistenza dei prodotti e degli aspetti qualitativi e metrici e verrà prioritariamente applicata ai seguenti prodotti finali:

- DTM globalmente e relativamente a una classificazione tipologica del terreno;
- DSM relativamente a vertici di elementi (edifici, manufatti) chiaramente individuabili come variazione brusca di quota;
- Ortofoto.

Per accertare il raggiungimento dei requisiti di accuratezza e completezza della ripresa e delle restituzioni si procederà con le seguenti metodologie:

- verifica sull'intero dataset tramite applicazione di modelli o altri algoritmi finalizzati a evidenziare errori grossolani, incompletezza o discontinuità del dato;
- verifica di un campione di punti di controllo, indicati da RFI, spazialmente dispersi, applicati a uno specifico aspetto a verifica puntuale;
- verifica del campione dei medesimi punti di controllo selezionati in zone scelte in base alle caratteristiche del territorio, delle infrastrutture e dell'edificato.

Le misure a terra, con sistema GPS, dei punti saranno effettuate a spese dell'appaltatore, ma potranno essere verificate e/o integrate da altri punti rilevati a cura e spese di RFI.

Oltre ai prodotti finali, i prodotti intermedi e l'intero processo possono essere oggetto di verifica e devono essere coerenti con la qualità richiesta dalle specifiche tecniche.

Verifica dei prodotti LiDAR

Il controllo della densità degli impulsi LiDAR sarà fatto senza tener conto dell'overlap tra le strisciate.

Alla completezza della ripresa e agli errori grossolani verranno applicate opportune analisi e osservazioni dell'intero prodotto con un modello "shaded relief" che evidenzia eventuali "picchi" o "crateri" dovuti a quote macroscopicamente errate. È atteso che il prodotto sia completo e omogeneo e l'appaltatore abbia eliminato gli errori grossolani, sottoponendo il prodotto alla medesima analisi.

Verifica dei prodotti fotogrammetrici

Le attività di controllo dei processi e il collaudo accerteranno la corrispondenza tra i mezzi tecnici impiegati e dichiarati, tra le strisciate effettuate e i piani di volo; nonché i ricoprimenti longitudinali e trasversali, le condizioni angolari di presa dei fotogrammi.

Verranno inoltre verificate le elaborazioni dei dati relativi alle stazioni satellitari e alla determinazione delle coordinate dei centri di presa dei fotogrammi.

Le zone che, per errori di volo, sviluppo, per motivi meteorologici (nuvole, foschia, ecc.) o altri (ombre), risultassero coperte da materiale fotografico non utilizzabile, devono essere nuovamente rilevate in modo da assicurare il collegamento con le strisciate già eseguite, e senza che questo dia diritto a qualsiasi pretesa o compenso da parte dell'Appaltatore.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IPS 001 B	FOGLIO 1 di 239

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI	
PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
3.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 3.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 3.3 DEFINIZIONI 3.4 ABBREVIAZIONI 3.5 STUDI E RILIEVI GEOLOGICI 3.6 PROSPEZIONI GEOFISICHE 3.7 INDAGINI GEOGNOSTICHE 3.8 PROVE GEOTECNICHE IN SITO 3.9 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	22/12/2017	Emissione per Applicazione	L.Mostocotto A.Bianchi S.Gorelli G.Manfroi R.Murtas	M.Mezzabotta L.Mostocotto	F.Jacobini
B	21/12/2018	Emissione per Applicazione	L.Mostocotto S.Gorelli G.Manfroi N.Mascellano	M.Mezzabotta L.Mostocotto	F.Jacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 2 di 239

INDICE

3.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	11
3.1.1	CAMPO DI APPLICAZIONE.....	11
3.1.2	GENERALITA'.....	11
3.1.2.1	Programma e modalità operative.....	11
3.1.2.2	Coordinamento tecnico.....	12
3.1.2.3	Confezionamento e conservazione dei campioni	12
3.1.2.4	Elaborati da consegnare.....	12
3.1.2.5	Prestazioni in regime di qualità	13
3.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	13
3.2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	13
3.2.1.1	Normativa Nazionale	13
3.2.1.2	Normativa Europea.....	13
3.2.1.3	Normativa Internazionale.....	18
3.2.1.4	Documentazione Tecnica	20
3.3	DEFINIZIONI.....	21
3.4	ABBREVIAZIONI	21
3.5	STUDI E RILIEVI GEOLOGICI	22
3.5.1	PREMESSA.....	22
3.5.2	ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE	22
3.5.2.1	Ricerca bibliografica	22
3.5.2.2	Analisi fotointerpretativa	23
3.5.3	STUDI GENERALI DI BASE DI CARATTERE GEOLOGICO APPLICATIVO	23
3.5.4	STUDIO GEOLOGICO APPLICATIVO E REDAZIONE DELLE RELATIVE CARTE TEMATICHE ALLA SCALA DI 1:25.000.	24
3.5.4.1	Rilievo geologico in scala 1:25.000.....	25
3.5.4.2	Rilievo geomorfologico in scala 1:25.000.....	26
3.5.4.3	Rilievo idrogeologico in scala 1:25.000.....	26
3.5.4.4	Rilievo geomeccanico/geotecnico in scala 1:25.000.....	27
3.5.4.5	Documentazione da consegnare.....	27
3.5.5	STUDIO GEOLOGICO APPLICATIVO AD INDIRIZZO TECNICO	31
3.5.5.1	Rilievo geologico in scala 1:10.000 o 1:5.000.....	32
3.5.5.2	Rilievo geomorfologico in scala 1:10.000 o 1:5.000	32

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 3 di 239

3.5.5.3	Rilievo idrogeologico in scala 1:10.000 o 1:5.000	33
3.5.5.4	Rilievo litologico-tecnico in scala 1:10.000 o 1:5.000	33
3.5.5.5	Componente uso reale del territorio in scala 1:10.000 o 1:5.000	34
3.5.5.6	Rilievo a tema geopedologico in scala 1:10.000 o 1:5.000	34
3.5.5.7	Documentazione da consegnare	35
3.5.6	STUDI E RILIEVI GEOLOGICI E TEMATICI DI DETTAGLIO	38
3.5.6.1	Rilievo geologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000	38
3.5.6.2	Rilievo geomorfologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000	39
3.5.6.3	Rilievo idrogeologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000	40
3.5.6.4	Rilievo di sorgenti e dei pozzi	40
3.5.6.5	Rilievo litologico-tecnico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000	41
3.5.6.6	Rilievo geologico-tecnico di terreni entro scavi esplorativi superficiali	42
3.5.6.7	Rilievo geostrutturale	42
3.5.6.8	Studio di Analisi di Risposta Sismica Locale	44
3.5.6.9	Documentazione da consegnare	45
3.5.7	GEOMORFOLOGIA COSTIERA E FLUVIALE	49
3.5.7.1	Rilievo batimetrico per profili della spiaggia sommersa e per sezioni trasversali dell'alveo fluviale.	49
3.5.8	RILIEVI AEREOFOTOGRAMMETRICI CON SISTEMI A PILOTAGGIO REMOTO	51
3.5.8.1	Rilievi aereofotogrammetrico ottico RGB e termico IR da S.A.P.R. (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto)	51
3.6	PROSPEZIONI GEOFISICHE	53
3.6.1	GEOELETTICA	53
3.6.1.1	Sondaggi geoelettrici verticali	53
3.6.1.2	Prospezione geofisica con il metodo elettrico per l'esecuzione di profili di resistività	54
3.6.1.3	Prospezione geofisica con il metodo elettrico, con metodologia tomografica	55
3.6.1.4	Carotaggio geofisico con il metodo elettrico in foro di sondaggio	59
3.6.2	GEOGRAVIMETRIA	60
3.6.2.1	Prospezione geo-gravimetrica	60
3.6.3	GEORADAR	61
3.6.3.1	Rilievo elettromagnetico con metodo radar	61
3.6.4	GEOSISMICA	63
3.6.4.1	Prospezione con metodo sismico a rifrazione	63

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 4 di 239

3.6.4.2	Prospezione con metodo sismico a riflessione	66
3.6.4.3	Prospezione con tecnica Down-Hole.....	68
3.6.4.4	Prospezione con tecnica Cross-Hole.....	70
3.6.4.5	Prospezione geosismica attiva di superficie del tipo Multichannel Analysis of Surface Waves (M.A.S.W.).....	71
3.6.4.6	Prospezione geofisica con metodo sismico passivo dei microtremori a rifrazione del tipo Refraction Microtremor (Re.Mi.).....	72
3.6.4.7	Misure di rumore sismico ambientale a stazione singola tramite metodo HVSR	73
3.6.4.8	Misure di rumore sismico ambientale ad antenna sismica tramite procedura ESAC	74
3.6.4.9	Prospezione sismica tomografica	75
3.6.5	PROVE SONICHE.....	77
3.6.5.1	Carotaggio sonico in foro di sondaggio.	77
3.7	INDAGINI GEOGNOSTICHE	79
3.7.1	PERFORAZIONI E SONDAGGI.....	79
3.7.1.1	Perforazione ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi, eseguita a distruzione di nucleo.	79
3.7.1.2	Sondaggio geognostico ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi eseguito a carotaggio continuo.	83
3.7.1.3	Cassette catalogatrici atte alla conservazione di almeno 5 metri di carote di terreno provenienti da sondaggi a carotaggio continuo, compresa la fotografia digitale.	105
3.7.1.4	Prelievo a rotazione di campioni indisturbati o a limitato disturbo.....	105
3.7.1.5	Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Shelby.....	106
3.7.1.6	Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Osterberg.	106
3.7.1.7	Prelievo di un campione rimaneggiato di terreno o di uno spezzone di carota lapidea nel corso di sondaggi, compresa la conservazione in idonei contenitori.	107
3.7.1.8	Perforazione a carotaggio continuo, ad andamento anche inclinato, eseguita con corona diamantata in corrispondenza di opere d'arte e strutture in elevazione o in fondazione.....	107
3.7.1.9	Sondaggio per indagini ambientali	109
3.7.2	SCAVI ESPLORATIVI DI SUPERFICIE E PRELIEVO DI CAMPIONI.....	112
3.7.2.1	Prelievo di campioni indisturbati da scavo esplorativo di superficie o da parete di fronte di scavo.	112
3.7.2.2	Prelievo di campioni di aggregati depositati in cumulo all'interno di carri ferroviari o di autocarri, presso impianti di frantumazione (produzione) o in opera come massciata ferroviaria	114
3.7.2.3	Prelievo di un campione di terreno per indagini ambientali, compresa la conservazione in idonei contenitori.	115

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 5 di 239

3.7.3	PRELIEVO DI CAMPIONI IN AMBIENTE COSTIERO E FLUVIALE.....	116
3.7.3.1	Prelievo di campioni di terreno sciolto in corrispondenza di una spiaggia, di una spiaggia sommersa, del fondo di un alveo fluviale o della sponda di un corso d'acqua	116
3.7.4	OPERE DI COMPLETAMENTO E SISTEMAZIONE	117
3.7.4.1	Installazione all'interno di fori di sondaggio già eseguiti, di tubi in materia plastica per esecuzione di prospezioni geofisiche in foro.....	117
3.7.4.2	Sistemazione al piano campagna della bocca di perforazioni e di sondaggi.....	118
3.8	PROVE GEOTECNICHE IN SITO.....	119
3.8.1	APPARECCHIATURA IN OPERA.....	119
3.8.1.1	Fornitura e installazione di piezometro a tubo aperto di diametro non inferiore a mm 40.	119
3.8.1.2	Installazione di piezometro con cella tipo Casagrande a doppio tubo.....	121
3.8.1.3	Installazione di piezometro elettrico.....	125
3.8.1.4	Installazione di tubo inclinometrico.	128
3.8.1.5	Installazione di assestimetro elettromagnetico verticale a tubo corrugato.	132
3.8.1.6	Installazione di assestimetro a piastra.....	134
3.8.1.7	Installazione di assestimetro orizzontale a cella idraulica.	136
3.8.1.8	Installazione di estensimetro a cavo.....	137
3.8.1.9	Installazione di estensimetro a barra.....	138
3.8.1.10	Installazione di estensimetro incrementale.	143
3.8.1.11	Installazione di estensimetro a corda vibrante o di tipo resistivo (barretta estensimetrica)	147
3.8.1.12	Installazione di fessurometro meccanico tridirezionale.....	150
3.8.1.13	Installazione di fessurometro meccanico monodirezionale.	151
3.8.1.14	Installazione di fessurimetro con reticolo graduato.	152
3.8.1.15	Installazione di stazione di convergenza.....	153
3.8.1.16	Installazione di cella di pressione.	156
3.8.1.17	Installazione ed esecuzione di prova con martinetto piatto.....	158
3.8.2	PROVE PENETROMETRICHE E DILATOMETRICHE CONTINUE.....	160
3.8.2.1	Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta meccanica (CPT).....	160
3.8.2.2	Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica (CPTE).	163
3.8.2.3	Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono (CPTU).....	166
3.8.2.4	Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono sismico (SCPTU).	171
3.8.2.5	Prova penetrometrica dinamica continua eseguita con massa battente pesante 63,5-73 kg (DPSH).....	177

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 6 di 239

3.8.2.6	Prova penetrometrica dinamica continua eseguita con massa battente medio-leggera 10÷30 kg, (DPM).	180
3.8.2.7	Prova dilatometrica eseguita con dilatometro piatto tipo Marchetti (DMT).	182
3.8.3	ALTRE PROVE IN SITO	185
3.8.3.1	Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di deformazione dell'ammasso terroso.	185
3.8.3.2	Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di reazione k.	188
3.8.3.3	Prova di densità in sito con il metodo della sabbia calibrata, eseguita anche in pozzetto, compresa la fase preliminare di calibrazione della sabbia da eseguirsi in laboratorio.	190
3.8.3.4	Prova di densità in sito con il metodo del volumometro a membrana, eseguita anche in pozzetto.....	192
3.8.4	PROVE IN FORO DI SONDAGGIO	194
3.8.4.1	Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test), da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.....	194
3.8.4.2	Prova pressiometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici con pressimetro tipo Menard.	196
3.8.4.3	Prova scissometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.....	200
3.8.4.4	Prova di fratturazione idraulica, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito dello stato di sollecitazione di un ammasso roccioso.	202
3.8.4.5	Prova dilatometrica in roccia, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito delle caratteristiche di deformabilità di un ammasso roccioso.....	204
3.8.4.6	Prova di permeabilità tipo Lefranc da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.	207
3.8.4.7	Prova di assorbimento d'acqua tipo Lugeon da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.....	210
3.8.4.8	Misura di velocità di flusso idrico da eseguirsi con apposito micromulinello, nell'interno dei fori di sondaggio geognostico.....	213
3.8.4.9	Video ispezione in foro di sondaggio verticale o sub-verticale, comunque orientato sul piano orizzontale, con telecamera a colori ad alta definizione montata su aste di alluminio centimetrato o su cavo idoneo dotato di sistema di rilevamento profondità.	215
3.9	PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO	218
3.9.1	IDENTIFICAZIONE E DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLE TERRE	218
3.9.1.1	Apertura campione di terra, indisturbato o a limitato disturbo, compreso l'esame qualitativo preliminare, la descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.	218
3.9.1.2	Determinazione del contenuto naturale in acqua, media di tre misure.....	218

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 7 di 239

3.9.1.3	Determinazione della massa volumica apparente (peso volume) mediante fustella tarata o pesata idrostatica su campione paraffinato.....	219
3.9.1.4	Determinazione della massa volumica reale dei granuli con picnometro.....	219
3.9.1.5	Determinazione dei limiti di Atterberg.....	219
3.9.1.6	Determinazione del limite di ritiro.....	219
3.9.1.7	Analisi granulometrica meccanica eseguita mediante setacci.....	219
3.9.1.8	Analisi granulometrica per sedimentazione secondo il metodo del densimetro o della pipetta.....	220
3.9.1.9	Prova di permeabilità mediante permeametro a carico costante o variabile	220
3.9.1.10	Determinazione ponderale dei solfati e cloruri	220
3.9.1.11	Determinazione del contenuto in carbonati	220
3.9.1.12	Determinazione del contenuto in sostanze organiche	221
3.9.1.13	Determinazione del pH con il metodo colorimetrico o con pH-metro.....	221
3.9.1.14	Determinazione dell'umidità di campo (Field Moisture Equivalent of Soils)	221
3.9.2	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E PETROGRAFICHE DI ROCCE E AGGREGATI.....	221
3.9.2.1	Determinazione del contenuto naturale d'acqua, media di tre misure	221
3.9.2.2	Determinazione della massa volumica apparente su provini squadrati o informi.....	221
3.9.2.3	Determinazione della massa volumica apparente di aggregati (massa in mucchio)	222
3.9.2.4	Determinazione della massa volumica reale	222
3.9.2.5	Analisi granulometrica per vagliatura mediante setacci serie UNI, ASTM o BS	222
3.9.2.6	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	222
3.9.2.7	Determinazione dell'assorbimento d'acqua	222
3.9.2.8	Determinazione dell'equivalente in sabbia mediante tre prove	222
3.9.2.9	Determinazione del contenuto di impurezze organiche.....	223
3.9.2.10	Determinazione del contenuto di solfati solubili di un aggregato.....	223
3.9.2.11	Determinazione del contenuto di cloruri solubili di un aggregato.....	223
3.9.2.12	Determinazione del tenore in silice.....	223
3.9.2.13	Determinazione del tenore in carbonati totali.....	223
3.9.2.14	Determinazione del modulo di finezza, esclusa la setacciatura	223
3.9.2.15	Determinazione della resistenza alla degradazione mediante solfati	224
3.9.2.16	Determinazione macroscopica dei caratteri litologici di una roccia.....	224
3.9.2.17	Analisi petrografica mediante determinazione microscopica su sezione sottile dei componenti mineralogici di campioni di roccia, compresa la preparazione di una sezione sottile.....	224

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 8 di 239

3.9.2.18	Analisi diffattometrica su campione di roccia per la identificazione e la determinazione percentuale dei minerali presenti	225
3.9.2.19	Analisi al microscopio elettronico a scansione (SEM) e spettrometria per dispersione di energia (EDS)	225
3.9.3	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TERRE.....	230
3.9.3.1	Prova di compressione ad espansione laterale libera con rilievo delle curve sforzi/deformazioni su un provino di diametro da 35 a 100 mm compresa la determinazione del contenuto in acqua e del peso di unità di volume.....	230
3.9.3.2	Prova di taglio diretto con scatola di Casagrande su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni trasversali nonché determinazione per ogni provino del contenuto in acqua e del peso di unità di volume.....	230
3.9.3.3	Prova di taglio con apparecchio anulare per la determinazione della resistenza residua su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni nonché determinazione, per ogni provino, del contenuto in acqua e del peso di unità di volume.....	231
3.9.3.4	Prova di taglio con scissometro da laboratorio (Vane Test), su un provino, compresa la determinazione della resistenza al taglio residua.....	231
3.9.3.5	Prova di compressione triassiale eseguita su tre provini con rilievo di tutti i diagrammi necessari per l'interpretazione dei risultati	231
3.9.3.6	Prova di compressione edometrica da eseguire su campioni indisturbati secondo uno schema di carico e scarico stabilito dalle Ferrovie	231
3.9.3.7	Determinazione della pressione di rigonfiamento in cella edometrica.....	232
3.9.3.8	Determinazione del rigonfiamento lineare in cella edometrica	232
3.9.3.9	Prova di colonna risonante (RC)	232
3.9.4	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DI ROCCE E AGGREGATI.....	233
3.9.4.1	Taglio di provini prismatici, di dimensioni max cm 20 di lato, da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia.....	233
3.9.4.2	Carotaggio di provini cilindrici da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia	233
3.9.4.3	Spianatura e rettifica di provini cilindrici o prismatici di roccia	233
3.9.4.4	Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici.....	233
3.9.4.5	Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici, con determinazione della deformabilità orizzontale e verticale (mediante l'applicazione di almeno 4 estensimetri elettrici) e con rilievo del comportamento post-rottura del provino.....	233
3.9.4.6	Determinazione delle costanti elastiche dinamiche di provini di roccia mediante ultrasuoni utilizzando almeno tre valori diversi di frequenza	234
3.9.4.7	Determinazione della resistenza a trazione con prova indiretta "Brasiliana" su provini di roccia cilindrici	234

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 9 di 239

3.9.4.8	Prova di carico puntiforme per la determinazione dell'indice di resistenza "Franklin" (Point Load Strength Test) su provini cilindrici e/o su frammenti informi di roccia	234
3.9.4.9	Determinazione dell'angolo di attrito di base di una roccia mediante "Tilt Test, compreso il taglio a sega della superficie di prova.....	234
3.9.4.10	Prova di durezza superficiale su roccia e/o struttura muraria mediante impiego di sclerometro (martello di Schmidt).....	235
3.9.4.11	Determinazione del coefficiente di abrasione "Los Angeles".....	235
3.9.4.12	Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata su provini di roccia con installazione di almeno 4 estensimetri elettrici di misura delle deformazioni longitudinali e trasversali all'asse di carico	235
3.9.4.13	Prova di taglio su giunti di roccia compresa la determinazione della resistenza residua	235
3.9.4.14	Prova di durabilità (Slake Durability Test) su materiale lapideo.....	236
3.9.4.15	Prova di costipamento di una terra per la determinazione della densità massima e dell'umidità ottimale mediante prova ASSTHO Standard o modificata eseguita su almeno 5 provini	236
3.9.4.16	Determinazione dell'indice "CBR" su un provino preparato in laboratorio mediante compattazione ed imbibizione in acqua per 4 giorni.....	236
3.9.4.17	Determinazione della resistenza al gelo di un aggregato	236
3.9.4.18	Determinazione della resistenza al gelo di pietre da costruzione, lastre da pavimentazione, da eseguire su 24 provini cubici di lato 71 mm per le rocce a grana fine e mm 100 per le rocce a grana grossa mediante prove di compressione su provini asciutti, provini saturi d'acqua e su provini sottoposti a cicli di gelo e disgelo.....	237
3.9.5	DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E BIOLOGICHE DI ACQUE NATURALI	237
3.9.5.1	Prelievo di un campione d'acqua da pozzi, piezometri, corsi d'acqua ecc. raccolto in contenitore sterilizzato di vetro o di materiale plastico a chiusura ermetica	237
3.9.5.2	Determinazione del contenuto in cloruri	237
3.9.5.3	Determinazione del contenuto in solfati.....	237
3.9.5.4	Determinazione del contenuto in solfuri	237
3.9.5.5	Determinazione del contenuto in carbonati	237
3.9.5.6	Determinazione del contenuto in bicarbonati.....	238
3.9.5.7	Determinazione del contenuto in CO2 libera.	238
3.9.5.8	Determinazione del contenuto in nitrati	238
3.9.5.9	Determinazione del contenuto in nitriti.....	238
3.9.5.10	Determinazione della durezza.....	238
3.9.5.11	Determinazione del pH.....	238
3.9.5.12	Analisi batteriologica con determinazione di coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi e salmonelle.....	238

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 10 di 239

3.9.5.13	Determinazione della conducibilità e della temperatura.....	239
3.9.5.14	Determinazione del contenuto in calcio.....	239
3.9.5.15	Determinazione del contenuto in magnesio.....	239
3.9.5.16	Determinazione del contenuto in sodio.....	239
3.9.5.17	Determinazione del contenuto in potassio.....	239

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 11 di 239

3.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SICS SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 3 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SICS SI AG SP IFS 001 A - del 30/12/2016).

Il presente documento definisce le procedure e le metodologie per l'esecuzione di rilievi geologici, geomorfologici ed idrogeologici, di indagini geognostiche e geofisiche, di prove geotecniche in sito e di laboratorio.

Per ciascuna attività è sinteticamente riportata una parte generale riguardante la finalità dell'indagine, o della prova, o del tipo di rilievo da eseguire, le normative e/o raccomandazioni di riferimento, la descrizione delle caratteristiche delle attrezzature da utilizzare, le modalità operative e la documentazione da consegnare a Ferrovie al termine o durante le indagini medesime.

Si rappresenta che per le costruzioni e le opere infrastrutturali iniziate nonché per quelle per le quali sono stati affidati i lavori prima dell'entrata in vigore del presente Capitolato, continueranno ad applicarsi le normative tecniche già utilizzate per la redazione dei progetti, fino all'ultimazione dei lavori e all'eventuale collaudo.

3.1.1 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione di capitolato si adotta per rilievi geologici, indagini geognostiche e geofisiche, prove in sito e di laboratorio che usualmente vengono effettuate per la progettazione di infrastrutture ed opere civili, nel rispetto dei dettami del D.lg. 12/04/06, n. 163 (Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE - G.U. n. 100 del 2 maggio 2006) ed in particolare di quanto indicato agli artt. 1,8,9,13,93 e all'Allegato XXI, e del relativo regolamento di esecuzione ed attuazione (DPR 207 del 05/10/2010).

3.1.2 GENERALITA'

Nelle prescrizioni facenti parte del presente capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato con il termine generico di "Ferrovie", RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza).

Analogamente per la parte esecutrice è usato il termine generico di "Esecutore", che sta ad indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

Per quanto concerne indagini, rilievi e prove di particolare specializzazione non contenute nel capitolato, dovrà prevedersi di volta in volta un'apposita documentazione da sottoporre all'approvazione delle Ferrovie. L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione di indagini, rilievi, prove in sito e in laboratorio, dovrà essere approvato da Ferrovie.

3.1.2.1 Programma e modalità operative

Tutte le prestazioni riportate nel presente capitolato dovranno essere preventivamente ed espressamente ordinate o comunque autorizzate da Ferrovie e dovranno essere eseguite secondo le modalità operative indicate.

Detta espressa e preventiva autorizzazione si intende riferita anche a particolari operativi quali:

- estensione e confini delle aree degli studi di tipo cartografico;
- numero, ubicazione, tipologia e profondità di sondaggi e prove in sito;
- numero, lunghezza, ubicazione e disposizione di basi o di stazioni geofisiche in superficie ed in foro;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 12 di 239

- tipologia e metodologia di prove in sito di qualunque genere;
- ubicazione e dimensionamento di sezioni, aree, o tratti da indagare con misure in sito o in foro di sondaggio;
- tipo, ubicazione e numero di apparecchiature di misura da installare in sito;
- tipologia del/dei sistemi di acquisizione dei dati;
- numero e profondità di prelievo dei campioni di terra e/o roccia, in foro di sondaggio o in scavi esplorativi in superficie piana o parete.

3.1.2.2 Coordinamento tecnico

Indipendentemente dalla sorveglianza e dal controllo che sarà svolto dal personale tecnico di Ferrovie, i rilievi, le indagini, le prove e le misure in sito o su strutture dovranno essere condotti da professionisti e tecnici specializzati, dotati di competenza e esperienza, e dovranno essere responsabilmente diretti da un Geologo, abilitato all'esercizio della professione.

In particolare detto professionista sarà responsabile delle operazioni di campagna (rilievi tematici, sondaggi, prove in sito, ecc.) per l'esatta classificazione dei terreni oggetto di indagine nonché per gli aspetti geologici, idrogeologici e geotecnici delle installazioni, delle prove e delle misure in sito, e, più in generale, dell'individuazione del modello geologico-strutturale, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico della porzione di territorio, in superficie ed in profondità, oggetto dell'indagine.

3.1.2.3 Confezionamento e conservazione dei campioni

Tutti i campioni prelevati dovranno essere confezionati in contenitori adatti recanti ciascuno le indicazioni atte a consentire la localizzazione del campione (data del prelievo, cantiere, numero del sondaggio, profondità di prelievo, direzione di prelievo delle carote, ecc.). I campioni indisturbati di terreno o roccia, comunque prelevati, dovranno essere racchiusi in contenitore rigido, sigillato con paraffina onde mantenerne invariati la tessitura e il contenuto di umidità al momento del prelievo. Ciascun contenitore dovrà essere etichettato con le indicazioni per l'individuazione del campione e del sito di prelievo, le caratteristiche geotecniche approssimate, il tipo di campionatore impiegato, la data del prelievo. Tutti i campioni dovranno essere conservati in locali riparati dalle intemperie e da eccessivo calore, anche artificiale e da possibili infiltrazioni d'acqua. L'Esecutore dovrà provvedere a sua cura e spese al trasporto di tutti i campioni nel luogo che sarà indicato da Ferrovie o al laboratorio che eseguirà le prove geotecniche.

3.1.2.4 Elaborati da consegnare

Al completamento delle indagini l'Esecutore dovrà consegnare a Ferrovie tutti gli elaborati indicati nel Manuale di progettazione al paragrafo "Documenti da consegnare", nessuno escluso, redatti utilizzando i simboli grafici in uso presso Ferrovie. In generale, oltre a quanto indicato nelle specifiche attività, l'Esecutore dovrà consegnare una relazione conclusiva nella quale saranno descritte le indagini eseguite, le attrezzature impiegate, le modalità esecutive adottate, i criteri e gli algoritmi adottati nelle elaborazioni, e saranno riassunte le risultanze delle indagini medesime ponendo in evidenza gli elementi di maggiore interesse o le eventuali necessità di approfondimento di indagine. Tale relazione dovrà essere corredata, oltre che dagli elaborati indicati nelle avvertenze specifiche, da grafici, tabelle e fotografie ritenute utili ai fini della completezza e della chiarezza di esposizione oltre che da certificati di taratura delle attrezzature impiegate o loro copia conforme e nel caso di installazione di sensori ed apparecchi di monitoraggio le loro caratteristiche tecniche.

Tutti gli elaborati saranno consegnati a Ferrovie in due esemplari originali, di cui uno riproducibile, firmati dagli esecutori specialisti e dal Geologo coordinatore dell'Esecutore, salvo diverse disposizioni contrattuali. Inoltre, tutti gli elaborati dovranno essere consegnati su n. 1 supporto digitale (CD, DVD) in formato da concordare preventivamente con Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 13 di 239

3.1.2.5 Prestazioni in regime di qualità

Le prestazioni riferite ai rilevamenti geologici, geomorfologici, idrogeologici nonché all'esecuzione delle indagini geognostiche e geofisiche, delle prove in sito ed in laboratorio dovranno seguire procedure gestite in regime di qualità conformemente a quanto stabilito nella norma UNI EN ISO 9001.

3.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

3.2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

3.2.1.1 Normativa Nazionale

- D.lgs. 12/04/06 n. 163 - Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" e s.m.i.
- D.lgs. 9/04/08, n. 81 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- D.M. 14/01/08 - Nuove Norme Tecniche per le costruzioni
- D.P.R. 05/10/2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Dlgs. 12/04/06, n. 163
- R.D. n. 2232 del 16/11/1939 - Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- D.M. 11.3.1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce
- Circolare LL.PP 24/9/1988 – Circolare applicativa del D.M. 11-3-1988
- D.Lgs 152 del 2006 e s.m.i. – Norme in materia ambientale

3.2.1.2 Normativa Europea

- UNI 10500 (1996) - Acque destinate al consumo umano-misurazione della temperatura
- UNI 10675 (2010): “Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta dei coliformi totali - Tecnica del numero più probabile (MPN)”
- UNI 10677 (2011) “Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta degli enterococchi (streptococchi fecali) - Tecnica del numero più probabile (MPN)”
- UNI 10802 (2013) “Rifiuti - Campionamento manuale, preparazione del campione ed analisi degli eluati”
- UNI 11531-1 (2014). Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI CEN ISO/TS 17892-1 (2015) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua
- UNI CEN ISO/TS 17892-2 (2015) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 2: Determinazione della massa volumica dei terreni a grana fine
- UNI CEN ISO/TS 17892-3 (2016) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 3: Determinazione della massa volumica dei granuli solidi - Metodo del Picnometro
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 (2017) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 (2017) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 5: Prova edometrica ad incrementi di carico

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 14 di 239

- UNI CEN ISO/TS 17892-6 (2017) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 6: Prova con la punta conica
- UNI CEN ISO/TS 17892-7 (2018) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 7: Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine
- UNI CEN ISO/TS 17892-8 (2018) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 8: Prova triassiale non consolidata non drenata
- UNI CEN ISO/TS 17892-9 (2018) Indagini e prove geotecniche -Prove di laboratorio sui terreni Parte 9: Prove di compressione triassiale, consolidate, su terreni saturi
- UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laborat. sui terreni Parte 10: Prove di taglio diretto
- UNI CEN ISO/TS 17892-11 (2005) Indagini e prove geotecniche -Prove di laborat. sui terreni Parte 11: Determinazione della permeabilità con prove a carico costante o a carico variabile
- UNI CEN ISO/TS 17892-12 (2005). Indagini e prove geotecniche -Prove di laborat. sui terreni Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg
- UNI EN 206 (2016). Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 932-1 (1998) – “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento”
- UNI EN 932-2 (2000) – “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi per la riduzione dei campioni di laboratorio”
- UNI EN 932-3 (2004). Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata
- UNI EN 932-5 (2012). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Parte 5: Attrezzatura comune e taratura
- UNI EN 932-6 (2001). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Definizioni di ripetibilità e riproducibilità
- UNI EN 933-1 (2012).. Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura
- UNI EN 933-2 (1997). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Determinazione della distribuzione granulometrica - Setacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture
- UNI EN 933-3 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 3: Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento
- UNI EN 933-4 (2008). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della forma dei granuli - indice di forma
- UNI EN 933-5 (2006). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi
- UNI EN 933-6 (2014). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati: Valutazione delle caratteristiche superficiali - Coefficiente di scorrimento degli aggregati
- UNI EN 933-8 (2015). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 8: Valutazione dei fini - Prove dell'equivalente in sabbia
- UNI EN 933-9 (2013). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene
- UNI EN 933-10 (2009). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 10: Valutazione dei fini - Granulometria dei filler (setacciatura a getto d'aria)
- UNI EN 933-11 (2009). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 11: Prova di classificazione per i costituenti degli aggregati grossi riciclati

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 15 di 239

- UNI EN 1097-1 (2011). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza all'usura (micro-Deval)
- UNI EN 1097-2 (2010). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione
- UNI EN 1097-3 (1999). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati: Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari
- UNI EN 1097-4 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della porosità del filler secco compattato
- UNI EN 1097-5 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato
- UNI EN 1097-6 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua
- UNI EN 1097-7 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 7: Determinazione della massa volumica dei filler - Metodo con picnometro
- UNI EN 1097-8 (2009). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 8: Determinazione del valore di levigabilità
- UNI EN 1097-9 (2014). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 9: Determinazione della resistenza all'usura per abrasione da pneumatici chiodati - Prova scandinava
- UNI EN 1097-10 (2014). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 10: Determinazione dell'altezza di suzione dell'acqua
- UNI EN 1097-11 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 11: Determinazione della comprimibilità e della resistenza alla compressione triassiale degli aggregati leggeri
- UNI EN 1367-1 (2007). Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 1 : Determinazione della resistenza al gelo e disgelo
- UNI EN 1367-2 (2010). Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 2: Prova al solfato di magnesio
- UNI EN 1367-4 (2008) - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 4: Determinazione del ritiro per essiccamento
- UNI EN 1744-1 (2013). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica
- UNI EN 1936 (2007) "Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione delle masse volumiche reale e apparente e della porosità totale e aperta
- UNI EN 10675 (2010) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta dei coliformi totali - Tecnica del numero più probabile (MPN)
- UNI EN 10677 (2011) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta degli enterococchi (streptococchi fecali) - Tecnica del numero più probabile (MPN)
- UNI EN 12371 (2010) Metodo di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 12504-1 (2009). Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione
- UNI EN 12504-2 (2012). Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2 - Prove non distruttive. Determinazione dell'indice sclerometrico
- UNI EN 12620 (2013). Aggregati per calcestruzzo
- UNI EN 13043 (2004). Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate
- UNI EN 13139 (2003) Aggregati per malta

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 16 di 239

- UNI EN 13161 (2008) Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione a momento costante
- UNI EN 13242 (2008) Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nelle costruzioni di strade
- UNI EN 13286-2 (2010) Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2 - Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor
- UNI EN 13286 -41 (2006) Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 41: Metodo di prova per la determinazione della resistenza a compressione di miscele legate con leganti idraulici
- UNI EN 13286 -47 (2012) Miscele non legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento
- UNI EN 13286 -48 (2005) Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 48: Metodo di prova per la determinazione del grado di polverizzazione
- UNI EN 13450 (2013). Aggregati per massicciate ferroviarie
- UNI EN 14617-4 (2012) Lapidei agglomerati - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della resistenza all'abrasione
- UNI EN 14617 – 5 (2012) Lapidei agglomerati - Metodo di Prova 5: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo
- UNI EN 14617 – 6 (2012) Metodi di prova - Parte 6: Determinazione della resistenza agli sbalzi termici
- UNI EN 14617-10 (2012) Lapidei agglomerati - Metodi di prova - Parte 10 - Determinazione della resistenza chimica
- UNI EN 27888 (1995). Qualità dell'Acqua - determinazione della conducibilità elettrica
- UNI EN ISO 7980 (2002) Qualità dell'acqua - Determinazione di calcio e magnesio - Metodo per spettrometria di assorbimento atomico
- UNI EN ISO 9308-1 (2002). Qualità dell'acqua - Ricerca ed enumerazione di Escherichia coli e batteri coliformi - Metodo di filtrazione su membrana
- UNI EN ISO 9963-2 (1998). Qualità dell'acqua - Determinazione dell'alcalinità - Determinazione dell'alcalinità carbonatica
- UNI EN ISO 13395 (2000). Qualità dell'acqua - Determinazione dell'azoto nitroso e dell'azoto nitrico e della somma dei due per analisi in flusso (CFA e FIA) e rivelazione spettrometrica
- UNI EN ISO 14688-1 (2018). Indagini e prove geotecniche-Identificazione e classificazione dei terreni – Parte 1: Identificazione e descrizione
- UNI EN ISO 14688-2 (2018). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione
- UNI EN ISO 14689 (2018). Indagini e prove geotecniche - Identificazione, descrizione e classificazione delle rocce
- UNI EN ISO 22282-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 1: Regole generali
- UNI EN ISO 22282-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 2: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito aperto
- UNI EN ISO 22282-3 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 3: Prove di pressione idraulica nelle rocce
- UNI EN ISO 22282-4 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 4: Prove di pompaggio
- UNI EN ISO 22282-5 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 5: Prove infiltrometriche

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 17 di 239

- UNI EN ISO 22282-6 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo – Parte 6: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito chiuso
- UNI EN ISO 22476-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 1: Prova penetrometrica con cono elettrico e piezocono)
- UNI EN ISO 22476-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2: Prova di penetrazione dinamica
- UNI EN ISO 22476-3 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito -Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test)
- UNI EN ISO 22476-4 (2013) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 4: Prova con pressimetro Menard
- UNI EN ISO 22476-5 (2013) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 5: Prova con dilatometro flessibile.
- UNI EN ISO 22476-10 (2017) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 10: Prova di penetrazione sotto peso
- UNI EN ISO 22476-11 (2017) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 11: Prova con dilatometro piatto
- UNI EN ISO 22476-12 (2009) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12: Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)
- UNI EN ISO 22476-15 (2016) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 15: Misurazione durante la perforazione
- UNI ENV 1997-1 (2013) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI ENV 1998-5 (2005) - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture e contenimento ed aspetti geotecnici
- UNI ISO 9297 (2009) - Qualità dell'acqua - Determinazione dei cloruri - Titolazione con nitrato di argento ed indicatore cromato (Metodo di Mohr)
- UNICHIM, manuale n° 157, 1997 “Acque per il consumo umano e potabilizzazione”
- UNICHIM, metodo MU n° 945:95 “Determinazione dei Solfuri solubili Metodo potenziometrico diretto mediante elettrodo ionoselettivo
- UNICHIM 953-2 (2001) Acque destinate al consumo umano - Ricerca e determinazione dei coliformi fecali - Metodo Most Probable Number (MPN)
- UNI-UNICHIM 10501(1996). «Acque destinate al consumo – misure del PH – Metodo potenziometrico»
- UNI-UNICHIM 10503 (1996). Metodo per la determinazione della silice contenuta nell'acqua destinata al consumo umano
- UNI-UNICHIM 10507(1996). «Acque destinate al consumo umano – determinazione dell'anidride carbonica libera - Metodo elettrochimico a sonda»
- UNI-UNICHIM 10541 (1996). Acque destinate al consumo umano - Metodo 902 Magnesio
- UNI-UNICHIM 10542 (1996). «Acque destinate al consumo umano- Determinazione del Potassio – Metodo AAS Fiamma»
- UNI-UNICHIM 10543 (1996). «Acque destinate al consumo umano - Determinazione del Sodio - Metodo AAS Fiamma»

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 18 di 239

- Regolamento (UE) 2018/1139 - recante norme comuni nel settore dell'aviazione civile, che istituisce un'Agenzia dell'Unione europea per la sicurezza aerea e che modifica i regolamenti (CE) n. 2111/2005, (CE) n. 1008/2008, (UE) n. 996/2010, (UE) n. 376/2014 e le direttive 2014/30/UE e 2014/53/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, e abroga i regolamenti (CE) n. 552/2004 e (CE) n. 216/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio e il regolamento (CEE) n. 3922/91 del Consiglio

3.2.1.3 Normativa Internazionale

- AASHTO, Designation T 93-68. Determinazione della umidità di campo
- A.F.T.E.S., 1992 - Text of recommendations for a description of rock masses useful for examining the stability of underground works
- ASTM 3148-02. Standard Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression
- ASTM C119-01. Standard Terminology Relating to Dimension Stone
- ASTM C131-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- ASTM C535-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine
- ASTM D421-85 (1998). Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils
- ASTM D427-98. Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method
- ASTM D653-02. Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
- ASTM D698-00a. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))
- ASTM D854-00. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer
- ASTM D1556-00 – “Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand Cone Method”
- ASTM D1557-00. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))
- ASTM D1586-99 (2001) - "Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil"
- ASTM D1883-99. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils
- ASTM D2166-00. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil
- ASTM D2216-98. Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
- ASTM D2217-85 (1998). Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants
- ASTM D2419-95. Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
- ASTM D2434-68 (2000). Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)
- ASTM D2435-96. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils
- ASTM D2487-00. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)
- ASTM D2664-95a. Standard Test Method for Triaxial Compressive Strength of Undrained Rock Core Specimens Without Pore Pressure Measurements

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 19 di 239

- ASTM D2845-00. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock.
- ASTM D2850-95 (1999). Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils
- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens
- ASTM D2974-00. Standard Test Methods for Moisture, Ash, and organic Matter of Peat and Other Organic Soils.
- ASTM D3080-98. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions
- ASTM D3282-93 (1997). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes
- ASTM D3441-98 - "Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil"
- ASTM D4220-95 (2000) – “Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples”
- ASTM D4318-00. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- ASTM D4373- 02. Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils
- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances
- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method A
- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method C
- ASTM D4644-87 (1998). Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks
- ASTM D4645-87 (1997) – “Standard Test Method for Determination of the In-Situ Stress in Rock Using the Hydraulic Fracturing Method”
- ASTM D4648-00. Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clayey Soil
- ASTM D4719-00 -"Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils"
- ASTM D4729-87 (1997). Standard Test Method for In Situ Stress and Modulus of Deformation Using the Flatjack Method
- ASTM D4767-95. Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils
- ASTM D4943-02. Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Wax Method.
- ASTM D4972-01. Standard Test Method for pH of Soils
- ASTM D5079-90 (1996) – “Standard Practices for Preserving and Transporting Rock Core Samples”
- ASTM D5084-00/01. Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter
- ASTM D5407-95 (2000). Standard Test Method for Elastic Moduli of Undrained Intact Rock Core Specimens in Triaxial Compression without Pore Pressure Measurement
- ASTM D5607-02. Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force
- ASTM D5731-95. Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock
- ASTM D5777-00 – “Standard guide for using the seismic refraction cone and piezocone penetration testing of soil”

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 20 di 239

- ASTM D5778-95 (2000) – “Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils”
- ASTM D5873-00. Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method
- ASTM D6032-96 – “Standard Test Method for Determining Rock Quality Designation (RQD) of Rock Core”
- ASTM D6432-99 – “Standard guide for using the surface ground penetrating radar method for subsurface investigation”
- ASTM D6467-99. Standard Test Method for Torsional Ring Shear Test to Determine Drained Residual Shear Strength of Cohesive Soils
- ASTM D6635-01 - "Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer”

3.2.1.4 Documentazione Tecnica

- AGI, 1977. "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"
- AGI, 1994. Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- APAT, 2006. (Agenzia per la protezione dell’ambiente e per i servizi tecnici) - Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti. Classificazione e simbologia. Manuali e Linee Guida 39/2006
- Barton N.-Choubey V.- "The shear strength of rock joints, theory and practice", Rock Mechanics, vol. 10, 1977
- Bollettino del Servizio Geologico d’Italia, Vol. LXXXIX (1968)- Codice italiano di nomenclatura stratigrafica
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes
- BS 812-1985. Testing aggregates. Method for determination of particle size distribution. Sieve tests
- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of sulphate content
- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of water-soluble chloride salts
- BS 812-1995. Testing aggregates. Methods for determination of density
- CNR-BU n. 22-1972 - Peso specifico apparente di una terra in sito
- CNR-BU n. 25-1972 - Campionatura di terre e terreni
- CNR-BU n. 64-1978 - Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato
- CNR-BU n. 76-1980 - Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con Tavola a scosse
- CNR-BU n. 92-1983 - Determinazione del modulo di reazione “k” dei sottofondi e delle fondazioni in misto granulare
- CNR-BU n. 104-1984 - Identificazione delle rocce più comuni impiegate come aggregati stradali
- CNR-BU n. 146-1992 - Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare
- CNR-IRSA (1976) – Metodi analitici per le acque. Vol. I - II
- ISRM (1974) - "Suggested Methods for Determining Shear Strength", Document 1
- ISRM (1977) - "Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks"
- ISRM (1977) - Suggested Methods for Petrographic Description of Rocks
- ISRM (1978) - Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses
- ISRM (1978) - "Suggested Method for Determining Indirect Tensile Strength by Brazil Test"
- ISRM (1978) - "Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression"
- ISRM (1978) - "Suggested Methods for Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers”

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 21 di 239

- ISRM (1978) - "Suggested methods for determining sound velocity"
- ISRM (1979) - "Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials"
- ISRM (1979) - "Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties"
- ISRM (1980) - "Suggested Methods for Pressure Monitoring Using Hydraulic Cells", Document n° 6
- ISRM (1981) - Basic Geotechnical Description of Rock Masses
- ISRM (1983) - "Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression: revised version"
- ISRM (1985) - "Suggested methods for determining Point Load Strength"
- ISRM (1987) - "Suggested methods for rock stress determination"
- ISRM (1987) - "Suggested methods for deformability determination using a flexible dilatometer"
- ISRM (1993) - "Supporting paper on a suggested improvement to the Schmidt rebound hardness ISRM suggested method with particular reference to rock machineability"
- ISSMFE Technical Committee (1988) – “Standard Penetration Test (SPT: International Reference Test Procedure”
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988) – “Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure”
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) - "Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure"
- Regolamento ENAC - Mezzi aerei a pilotaggio remoto
- Rivista Italiana di Geotecnica - "Raccomandazioni per la misura della resistenza al punzonamento", n° 1, 1994
- Rivista Italiana di Geotecnica - "Raccomandazioni per determinare la resistenza a compressione monoassiale e la deformabilità dei materiali rocciosi", n° 3, 1994
- Servizio Geologico Nazionale, 1993 - Guida al rilevamento della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale, 1994 - Linee guida per il rilevamento della carta geomorfologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale, 1995 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione della carta idrogeologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale, 1995 - Guida alla rappresentazione cartografica della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- ISPRA (ex Servizio Geologico Nazionale) - Quaderni 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7-I, 7-II, 7-III, 7-IV, 7-V, 7-VI, 7-VII, 8, 9, 10, 11, 12-I, 12-II, 12-III
- Standard Methods for the examination of water and wastewater, n° 2320, 18a edizione, 1992

3.3 DEFINIZIONI

(PER MEMORIA)

3.4 ABBREVIAZIONI

(PER MEMORIA)

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 22 di 239

3.5 STUDI E RILIEVI GEOLOGICI

3.5.1 PREMESSA

Gli studi geologici, in senso lato, devono fornire una descrizione dell'ambiente fisico in cui si inserisce l'opera in progetto e definire in modo rigoroso il modello geologico-strutturale, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico/geomeccanico per permettere al progettista di operare le scelte ingegneristiche più idonee alla economicità e funzionalità dell'opera stessa con riferimento ai richiami contenuti nel DM 14/1/08 "Norme tecniche per le costruzioni"- G.U.n° 25 del 4/2/08.

La cartografia topografica di base necessaria per i rilievi geologici e tematici dovrà avere una scala maggiore o uguale a quella indicata dal Dlgs 12/04/06 n. 163 e s.m.i. per le diverse fasi progettuali, il grado di approfondimento dell'esame dei vari tematismi sarà indicato o comunque concordato con le Ferrovie.

L'ampiezza dell'area di studio deve essere tale da includere tutti i fenomeni di tipo geologico, geomorfologico ed idrogeologico che possano avere un riflesso diretto o indiretto sulla progettazione, sulla costruzione e sull'esercizio della linea.

Lo studio, dovrà essere sviluppato, producendo carte geologiche e/o tematiche in scala adeguata e dovrà tendere alla individuazione di tutte le possibili , situazioni geologiche, geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche o geotecniche/geomeccaniche di particolare interesse ai fini progettuali, ipotizzabili in relazione al sito in studio, nonché sulla base delle indicazioni che saranno fornite da Ferrovie. Legende, simbolismi ed ulteriori indicazioni da riportare nelle relazioni e nella cartografia dovranno rispondere a quelle indicate dall'ISPRA (ex SGN).

Le attività di studio e rilievo si dovranno in genere articolare secondo le fasi operative indicate ai successivi paragrafi.

3.5.2 ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE

3.5.2.1 Ricerca bibliografica

Questa attività è propedeutica ai rilievi di campagna e dovrà prevedere inizialmente una fase di programmazione delle informazioni e della cartografia da raccogliere dando priorità ai dati ed alle documentazioni provenienti da istituzioni pubbliche (ISPRA, Regioni, Provincie, Comuni, A.d.B.) e da Istituti universitari e di ricerca. La cartografia topografica di base (di datazione recente), per i rilievi e per la redazione di carte geologiche e tematiche, dovrà essere in scala uguale o o preferibilmente superiore a quella su cui verranno redatte quest'ultime.

Successivamente, l'attività dovrà consistere in un esame approfondito della cartografia geologica in senso lato reperita presso l'ISPRA, Istituti universitari, di ricerca oppure Enti pubblici (ad esempio le Autorità di Bacino), corredandola con una revisione critica e con la bibliografia aggiornata, relativa all'area in esame. L'attività è finalizzata al reperimento di dati ed informazioni riguardanti i caratteri lito-stratigrafici, tettonici, idrogeologici, geomorfologici e geologico-tecnici dell'area in studio.

L'attività dovrà prevedere, inoltre, anche la ricerca, raccolta, analisi e sintesi di studi ed indagini, a carattere geologico-tecnico, relativi anche a strutture già realizzate, al fine di permettere la redazione di un rapporto tecnico nel quale siano raccolte tutte le informazioni di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, geofisico e geotecnico disponibili, derivanti anche da studi ed indagini in sito e di laboratorio eseguite nella fase progettuale precedente a quella in corso.

Nell'attività è in particolare compresa l'analisi, basata su misure e studi disponibili, del comportamento delle strutture esistenti alla luce dei dati di carattere geologico, idrogeologico, geofisico e geotecnico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 23 di 239

3.5.2.2 Analisi fotointerpretativa

Lo studio fotointerpretativo deve essere di supporto, oltre che agli studi bibliografici, anche ai rilievi di campagna e consentire quindi la programmazione del lavoro da svolgere in sito.

Tale attività, nel suo complesso, deve portare all'acquisizione delle seguenti informazioni:

- inquadramento tettonico regionale dell'area in esame con individuazione dei principali elementi tettonici e stratigrafici, con indicazione delle direzioni, vergenza ed inclinazione;
- definizione delle eventuali fasce cataclastiche o milonitiche associate alle lineazioni principali;
- caratterizzazione qualitativa dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso;
- definizione preliminare dei limiti tra le varie litologie affioranti;
- caratterizzazione delle proprietà geomeccaniche delle rocce anche in base all'alterazione e al grado di umidità;
- definizione preliminare delle caratteristiche idrologiche superficiali dell'area;
- definizione degli elementi geomorfologici riconoscibili e delle condizioni di stabilità dei versanti.

L'analisi fotointerpretativa deve essere effettuata utilizzando foto aeree di recente esecuzione e di buona qualità, nelle quali devono essere indicate la data e l'altezza del volo e la scala del rilievo. Le foto aeree dovranno consentire il riconoscimento sufficientemente dettagliato di rilievi, depressioni e lineamenti del territorio tali da consentire, tramite riscontri in sito, il riconoscimento di lineamenti tettonici, limiti di passaggio fra le varie formazioni, evidenze morfologiche ecc. L'analisi fotointerpretativa dovrà consentire anche la programmazione dei rilievi sul territorio, indirizzandoli verso le aree maggiormente significative per l'interpretazione geologica.

Ai fini dell'analisi dell'evoluzione dei processi geomorfici (endogeni ed esogeni) in atto, quiescenti o di riattivazione deve essere effettuato un confronto tra foto aeree eseguite in periodi diversi e/o a diversa quota.

I dati desunti dall'analisi fotointerpretativa dovranno essere riportati in uno specifico elaborato cartografico (alla scala da definirsi in funzione delle esigenze progettuali) oppure nelle singole note illustrative specialistiche riguardanti i rilievi tematici. In genere gli elaborati cartografici ricavati dalla fotointerpretazione saranno costituiti da copie (possibilmente a colori) delle stesse foto aeree o di ortofoto da esse ricavate, sulle quali saranno riportati i tracciati dei percorsi di rilievo in sito, l'ubicazione delle stazioni di rilievo, i lineamenti di passaggio fra le varie formazioni, i lineamenti tettonici, le evidenze morfologiche e ogni dettaglio riconoscibile dall'analisi delle foto medesime.

3.5.3 STUDI GENERALI DI BASE DI CARATTERE GEOLOGICO APPLICATIVO

Studio geologico, tettonico, idrogeologico e geomorfologico eseguito su base bibliografica, con l'ausilio di cartografia geologica e tematica esistente e di una analisi aerofotogrammetrica e/o da ortofoto del territorio, finalizzato alla redazione delle carte geologiche e/o tematiche in scala 1:100.000 o 1:50.000. La scala da adottare nelle rappresentazioni cartografiche dovrà tenere conto, in linea di massima, dell'ampiezza dello studio e del dettaglio cartografico voluto, in ogni caso la scala di rappresentazione cartografica dovrà essere concordata o approvata da Ferrovie.

Questa attività deve seguire o essere effettuata contestualmente a quelle dei precedenti paragrafi (Ricerca bibliografica e analisi foto-interpretativa). Pertanto, il Geologo incaricato dello studio, dovrà reperire e consultare la bibliografia geologica e tematica sull'area in esame, nonché la cartografia più recente disponibile, con precedenza per quella avente una valenza ufficiale e di seguito elencata:

- 1) carte geologiche e/o tematiche d'Italia emessa da ISPRA "ex Servizio Geologico nazionale" e relative note illustrative;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 24 di 239

- 2) cartografia ed eventuali note illustrative emesse dagli Enti territoriali quali: Regioni, Provincie, Comuni, comunità montane, ecc.;
- 3) cartografia e note tecniche prodotta dalle Autorità di Bacino;
- 4) cartografia ed articoli scientifici prodotti da Università ed Enti di ricerca;
- 5) cartografia e documentazione prodotte da altre enti pubblici o da privati.

In questa fase il Geologo incaricato dovrà formulare, o accogliere, le ipotesi relative alla ricostruzione degli eventi geologici che hanno portato all'attuale assetto litostratigrafico e tettonico dell'area in studio, riportando tali informazioni in una apposita Relazione Geologica. Per la redazione della Carta Geologica generale dovranno essere ricostruiti i limiti e i reciproci rapporti delle varie formazioni, sia in superficie che in profondità; a tal fine dovrà avvalersi anche di un'analisi fotointerpretativa, degli studi sull'area in esame descritti negli articoli bibliografici (citando sempre la fonte delle informazioni o degli studi) ed eventuali riscontri in sito, riportando così la descrizione di tutte le deduzioni e ricostruzioni nella Relazione Geologica, unitamente ai fattori di incertezza nelle ricostruzioni medesime. Al fine di ottenere una ricostruzione attendibile dell'assetto geologico, dovranno essere utilizzate bibliografia e cartografia aggiornate, con le più recenti teorie sull'evoluzione del territorio in questione. Le modalità di compilazione e rappresentazione della cartografia dello studio dovranno essere conformi a quanto indicato nel Manuale di progettazione di RFI. La cartografia, inoltre, dovrà essere redatta in conformità alle indicazioni riportate nei "Quaderni ISPRA", pubblicati in occasione della realizzazione della "Carta Geologiche d'Italia" in scala 1:50.000.

Al termine dell'attività dovrà essere redatta una "Relazione conclusiva dello studio" contenente tutte le nozioni, i dati, le informazioni, le teorie sulla evoluzione del territorio, sia dal punto di vista geomorfologico che tettonico, i dati litotecnici e stratigrafici delle formazioni presenti. In allegato alla Relazione conclusiva dovranno essere redatte le cartografie tematiche: Carta Geologica, Carta Litologico-tecnica delle formazioni affioranti, Carta dei foto-allineamenti, Carta geomorfologica (con specifiche valutazioni/indicazioni sulla stabilità dei versanti), Carta Idrogeologica (con indicazione delle permeabilità delle formazioni), Sezioni Geologiche longitudinali e trasversali alla linea ferroviaria, eventuali schede di riscontri in sito, schede bibliografiche e, qualora richiesto, Carta della zonizzazione sismica.

Gli studi, i rilievi ed i relativi elaborati, dovranno essere conformi alle indicazioni riportate nel Capitolo 3.7 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.4 STUDIO GEOLOGICO APPLICATIVO E REDAZIONE DELLE RELATIVE CARTE TEMATICHE ALLA Scala DI 1:25.000.

Studio geologico applicativo e redazione delle relative carte tematiche in scala 1:25.000, eseguito su base bibliografica o mediante rilevamento diretto sul terreno.

Il Geologo incaricato dovrà effettuare lo studio su base bibliografica o tramite rilievo diretto sul territorio; questa seconda opzione è consentita, su proposta o approvazione delle Ferrovie, qualora i dati bibliografici e cartografici non siano ritenuti sufficientemente recenti o dettagliati, o comunque non soddisfacenti per le finalità dello studio. In ogni caso, anche se lo studio sia realizzato esclusivamente da bibliografia, il Geologo incaricato dovrà effettuare, qualora necessari, riscontri in sito per la conferma del modello geologico strutturale dei terreni riportati in cartografia.

Lo studio dovrà consentire di definire, sulla base delle moderne ipotesi, gli eventi geologici che hanno portato alla formazione delle attuali strutture geologiche dell'area in questione, l'assetto stratigrafico-strutturale regionale, gli aspetti tettonici e i caratteri lito-stratigrafici delle formazioni presenti, giungendo alla formulazione di un soddisfacente modello di caratterizzazione in sito degli ammassi rocciosi dal punto di vista strutturale, geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 25 di 239

Qualora lo studio venga prodotto su base bibliografica, dovrà essere prevista una ricerca ed esame della bibliografia e cartografia esistente per la zona in questione (nella relativa Relazione dovrà essere riportata una sintesi della ricerca bibliografica e delle informazioni in essa riportata) ed una analisi fotointerpretativa, relativa ai principali aspetti geotematici.

Relativamente alla bibliografia e soprattutto alla cartografia da reperire, dovrà essere data priorità alla documentazione con valenza ufficiale, così come indicato di seguito:

- 1) carte geologiche e/o tematiche emesse dall'ISPRA "ex Servizio Geologico nazionale" e relative note illustrative;
- 2) cartografia ed eventuali note illustrative emesse da Enti territoriali quali: Regioni, Provincie, Comuni, comunità montane, ecc.;
- 3) cartografia e note tecniche prodotte dalle Autorità di Bacino;
- 4) cartografia ed articoli scientifici prodotti da Università ed Enti di ricerca;
- 5) cartografia e documentazione prodotte da altri Enti pubblici o da privati.

Le modalità di compilazione e rappresentazione della cartografie dello studio dovranno essere conformi a quanto indicato nel Manuale di progettazione di RFI. La cartografia, inoltre, dovrà essere redatta in conformità alle indicazioni riportate nei "Quaderni ISPRA", pubblicati in occasione della realizzazione della "Carta Geologiche d'Italia" in scala 1:50.000. .

Qualora lo studio venga prodotto con l'effettuazione di un rilevamento diretto sul territorio, si dovrà tendere ad ottenere le medesime finalità richieste per lo studio di carattere bibliografico con l'ausilio, ove necessario, della fotointerpretazione. Il programma del rilevamento, i percorsi effettuati sul territorio e gli esiti dei rilievi, dovranno essere descritti in un'apposita relazione, oppure riportati in sintesi nella Relazione Geologica alla quale sarà allegata la documentazione cartografica.

Lo studio dovrà fornire , la caratterizzazione sismica del sito in studio. Nella specifica Relazione sullo Studio di Analisi di Risposta Sismica Locale, che potrà eventualmente essere inserita nella Relazione Geologica, dovranno essere riportati i valori dei parametri richiesti dalla normativa vigente per la valutazione degli aspetti sismici e della stabilità del sito (Capitolo 7.11.3 delle NTC 2008).

I rilevamenti e gli studi, avvalendosi anche delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio, dovranno evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera in progetto, sviluppando il programma delle eventuali ulteriori indagini, sia di carattere geotecnico/geomeccanico che di carattere geologico-strutturale e geomorfologico/idrogeologico, della successiva fase progettuale.

Gli studi, i rilievi ed i relativi elaborati, dovranno essere conformi alle indicazioni riportate nel Capitolo 3.7 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.4.1 Rilievo geologico in scala 1:25.000

Il rilievo geologico deve essere originale pur basandosi sulla cartografia disponibile. Le modalità esecutive del rilevamento geologico dovranno seguire, in linea di massima ed in relazione alla scala di rappresentazione della cartografia che ne deriverà, quanto riportato nei "Quaderni" che ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000". Il "Programma di rilevamento" ricavato a seguito dell'analisi delle foto aeree e della lettura della cartografia geologica di base (percorsi, stazioni di misura di orientamento degli strati, ecc.), dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie. Tale rilevamento deve consentire l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- riconoscimento e distribuzione delle unità litostratigrafiche affioranti;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 26 di 239

- assetto tettonico dell'area con riconoscimento e definizione delle principali discontinuità; presenza e tipologia di discontinuità minori;
- tramite la raccolta sistematica di campioni di roccia e terreno rappresentativi, ottenere una caratterizzazione mineralogico-petrografica e geocronologica delle formazioni presenti nell'area.

La descrizione delle unità litostratigrafiche e la loro caratterizzazione dal punto di vista litologico-tecnico, dovranno essere conformi a quanto indicato nei Paragrafi 3.7.4 - 3.7.5 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.4.2 Rilievo geomorfologico in scala 1:25.000

Il rilievo geomorfologico deve essere originale e basato sulla cartografia disponibile (in scala almeno di pari grandezza) e deve rappresentare, in base allo studio svolto sul territorio, le forme del rilievo terrestre raffigurandone i caratteri morfografici e morfometrici. Il geologo incaricato del rilievo deve interpretare altresì l'origine delle forme del territorio, in funzione dei processi geomorfici (endogeni ed esogeni) passati e presenti che le hanno generate, e individuarne la sequenza cronologica distinguendole forme attive, quiescenti e non attive. Le modalità esecutive del rilevamento a carattere geomorfologico dovranno seguire, in linea di massima ed in relazione alla scala di rappresentazione della cartografia, quanto riportato nei "Quaderni" che ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000"; in ogni caso il "Piano di rilevamento", da redigersi a seguito dell'analisi della cartografia geologica e geotematica, nonché delle foto aeree (comprendente percorsi e stazioni di rilievo), dovrà essere sottoposto alle Ferrovie per l'approvazione.

La finalità è quella di produrre una appropriata cartografia tale da permettere una visione sistematica di tutte le forme del terreno ed una visione d'insieme dei rapporti spaziali fra tali forme, mettendo in luce le relazioni esistenti fra queste ultime ed i processi che le hanno determinate, offrendo le basi per prevederne l'evoluzione futura. In particolare il rilievo deve portare all'acquisizione e alla mappatura, con opportuna simbologia, delle principali informazioni di pertinenza geomorfologica: devono essere evidenziate quelle forme del territorio, suddivise in base alla loro genesi, i cui processi morfogenetici siano distinti in base al loro grado di dinamismo (velocità di evoluzione).

Si precisa che le aree interessate dai fenomeni geomorfologici a sviluppo areale, cartografabili alla scala della carta, devono essere accuratamente delimitate.

3.5.4.3 Rilievo idrogeologico in scala 1:25.000

Nello studio idrogeologico devono essere presi in considerazione tutti quegli elementi emersi dagli studi o dai rilievi geologici e geomorfologici che possono fornire informazioni utili a definire il modello di circolazione idrica sotterranea. Le modalità esecutive del rilevamento (con riferimento alle tematiche idrogeologiche), dovranno seguire, in linea di massima ed in relazione alla scala di rappresentazione della cartografia che ne deriverà, quanto riportato nei "Quaderni" che ISPRA ha redatto come Linee Guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000". Inoltre le modalità del rilevamento, quali ad es. i percorsi ed eventuali stazioni di rilievo dei punti d'acqua (sorgenti, pozzi, piezometri), nonché eventuali prove di emungimento o di immissione d'acqua in foro, dovranno essere sottoposte all'approvazione di Ferrovie.

L'eventuale rilievo idrogeologico di campagna deve essere originale e deve comprendere anche la fase di ubicazione e classificazione delle sorgenti presenti (perenni o temporanee, portata media misurata in intervalli di tempo regolari, caratteristiche chimico-fisiche delle acque ecc.), dei pozzi, nonché dei punti di emergenza naturale o artificiale della falda acquifera. A tal proposito dovrà essere inoltre valutata l'interferenza dell'opera in progetto con la falda e con i punti d'acqua censiti in funzione delle leggi nazionali e dei regolamenti degli Enti territoriali. Particolare attenzione dovrà essere posta nell'individuazione di condotti carsici e cavità in grado di condizionare la circolazione idrica sotterranea.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 27 di 239

3.5.4.4 Rilievo geomeccanico/geotecnico in scala 1:25.000

La classificazione delle unità litostratigrafiche, dal punto di vista litologico-tecnico, dovrà seguire le indicazioni fornite in dettaglio nei Paragrafi 3.7.4 – 3.7.5 della Sezione “Geologia” del “Manuale di progettazione di RFI”, in cui le stesse unità litostratigrafiche vengono ulteriormente suddivise o raggruppate in relazione all’omogeneità del loro comportamento geomeccanico.

La classificazione delle unità litotecniche deve consentire di definire la tipologia delle opere e degli interventi in fondazione. Per le gallerie la suddivisione delle formazioni, affioranti ed in profondità, in Unità litotecniche a comportamento geotecnico/geomeccanico omogeneo è fondamentale per l’individuazione delle tecniche di scavo, per la scelta del tipo di rivestimento provvisorio e definitivo delle pareti, nonché per la stima dei costi e dei tempi di realizzazione dell’opera. E’ altresì indispensabile che sulle Unità litotecniche, definite in fase di studio, vengano eseguite prove geotecniche/geomeccaniche in sito e in laboratorio, al fine di ricavare informazioni specifiche inerenti ai parametri fisici e meccanici di progettazione e alla variabilità dei parametri stessi nelle varie direzioni spaziali (eterogeneità) e nel tempo (degradabilità).

Nella Relazione Litotecnica, inoltre, dovrà essere chiaramente indicato e dettagliato (tipologia, ubicazione e quantità delle indagini di carattere geotecnico e geomeccanico) il programma delle eventuali ulteriori indagini da eseguirsi nelle successive fasi di progettazione. Anche per le opere in sotterraneo dovranno essere definite e programmate le indagini di particolare rilevanza quali: cunicoli pilota, sondaggi di elevata profondità, prove idrogeologiche e geotecniche/geomeccaniche di particolare impegno, applicazione di sistemi di monitoraggio. Lo studio ed i rilievi effettuati in questa fase, pertanto, dovranno consentire e supportare le scelte relative alle future indagini da effettuare.

3.5.4.5 Documentazione da consegnare

RELAZIONE GEOLOGICA

La Relazione Geologica dovrà comprendere una sintesi del lavoro svolto tramite analisi fotointerpretativa, ricerca bibliografica e/o rilevamento diretto sul territorio. La relazione dovrà contenere tutte le informazioni e i dati geologico-tecnici che consentano di individuare i criteri di progetto applicabili nonché indicazioni sui parametri e sulle modalità esecutive più appropriate al caso in esame, con particolare riguardo alla definizione del modello geologico-strutturale di riferimento (MGR), dell’assetto lito-stratigrafico e della caratterizzazione litologico-tecnica degli ammassi. Nel testo si dovrà riferire in merito alle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche delle rocce e dei terreni indagati, alla storia e allo stato tensionale attuale degli ammassi indagati; dovrà altresì fornire parametri sismici utili alla individuazione delle categorie sismiche, di sottosuolo e topografiche, nonché dell’accelerazione sismica di riferimento. Nei casi in cui non siano previsti specifici studi di risposta sismica locale, la Relazione Geologica dovrà contenere un’analisi della pericolosità sismica di base (analisi degli effetti di sito litostratigrafici e topografici) unitamente alla definizione delle categorie del terreno di fondazione, sulla base degli elementi stratigrafici e litologico-tecnici conosciuti. Si dovranno inoltre fornire tutte le indicazioni utili alla definizione del quadro conoscitivo inerente alla pericolosità geologica dell’area in studio, relativamente ai possibili fenomeni di dissesto idrogeologico (alluvioni, frane, cadute massi, sprofondamenti del suolo), alle problematiche connesse ai fenomeni di potenziale liquefazione dei terreni, a problemi di cedimento e subsidenza e , al rischio vulcanico..

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

La Relazione Geomorfologica dovrà comprendere una sintesi della ricerca bibliografica e dell’analisi fotointerpretativa nonché i risultati dello studio geomorfologico e dei rilievi svolti, anche in relazione alle acclività dei versanti. La relazione dovrà contenere tutte le informazioni utili riguardanti l’assetto orografico, il reticolo idrografico (andamento e gerarchia delle aste fluviali), le condizioni climatiche, gli aspetti morfologici e morfometrici del territorio, i dati litologici e tettonici nonché il quadro morfogenetico e

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 28 di 239

morfoevolutivo dell'area. Si dovranno altresì indicare anche le possibili tipologie di dissesti per frana secondo la classificazione APAT del 2006 o sue ulteriori evoluzioni, i siti in cui sono in atto fenomeni di erosione intensa (sia fluviale che marina), aree di sprofondamento per sink-hole, per carsismo, per cause antropiche o altro.

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

La Relazione Idrogeologica dovrà comprendere una sintesi della ricerca bibliografica e dell'analisi fotointerpretativa nonché, i risultati dello studio e dei rilievi idrogeologici svolti. La relazione dovrà contenere tutte le informazioni utili riguardanti l'idrologia di superficie, l'idrologia sotterranea (emergenza di acque sotterranee, caratteristiche degli acquiferi, caratteristiche idrodinamiche, caratteristiche idrochimiche), l'individuazione dei complessi idrogeologici, distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa, nonché le opere artificiali e le aree carsiche che interessano l'area. Relativamente alle opere di captazioni di acque sotterranee ("punti d'acqua"), nella relazione dovrà essere fornito un censimento di dette opere, mentre nella cartografia inerente alla idrogeologia dovrà essere riportata la mappa dei rilievi e la quota approssimativa di soggiacenza della falda. Nella Relazione, infine, dovranno essere riportate apposite tabelle riassuntive riguardanti le informazioni sulle eventuali prove e rilievi eseguiti (ad esempio su sorgenti, pozzi, piezometri).

RELAZIONE LITOLOGICO-TECNICA

La Relazione litologico-tecnica dovrà comprendere una sintesi delle analisi e dei rilievi eseguiti per l'individuazione delle unità litostratigrafiche, suddivise secondo la classificazione in uso, e ne illustrerà le caratteristiche geotecniche/geomeccaniche fornendo i parametri utili alla fase progettuale. E' importante che i parametri forniti (riassunti in apposite tabelle) tengano conto dello stato tensionale connesso alla quota di prelievo dei campioni testati e delle probabili ulteriori sollecitazioni connesse alle realizzazioni delle opere. Per le rocce è importante che si tenga conto dello stato tensionale dell'ammasso e della posizione dei volumi di roccia interessati dalle opere da realizzare, nonché del detensionamento connesso ai lavori anche nelle fasi intermedie degli stessi. Si dovrà altresì fornire un quadro critico delle risultanze delle indagini eseguite (affidabilità, completezza, coerenza con le necessità progettuali, necessità di integrazioni nelle successive fasi progettuali, ecc.). Infine dovranno essere valutate le risultanze di eventuali strumentazioni di monitoraggio/controllo anche con produzione di tabelle riassuntive dei dati ricavati ed analisi critiche.

CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:25.000

La Carta Geologica dovrà essere redatta alla scala 1:25.000 e dovrà riportare l'indicazione degli affioramenti, delle unità tettoniche e litostratigrafiche, nonché degli elementi tettonici riconoscibili e cartografabili alla scala di rappresentazione. La carta dovrà essere comprensiva della legenda contenente tutte le informazioni sulle unità geologiche rappresentate e le simbologie di carattere stratigrafico, tettonico e morfologico. La carta geologica, in relazione alla tipologia di progetto potrà contenere anche schemi strutturali, profili, tabelle e grafici (soprattutto in caso di progetti con opere in sotterraneo). Sulla cartografia dovranno essere riportate le simbologie indicate in legenda, con particolare riferimento alle orientazioni degli strati, alla posizione dei principali elementi tettonico-strutturali, morfologici ed idraulici. Le modalità di redazione della carta Geologica ed i suoi contenuti dovranno rispettare le indicazioni, tenendo conto della scala di rappresentazione della carta medesima, fornite dai "Quaderni n. Q2, Q5, Q10, Q11, Q121-1" che ISPRA ha redatto come "Linee Guida" per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000", così come indicato anche nel Manuale di progettazione di RFI. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA LITOLOGICO-TECNICA DELLE FORMAZIONI AFFIORANTI IN SCALA 1:25.000

La Carta ad indirizzo geotecnico-geomeccanico, dovrà essere redatta alla scala 1:25.000. Nel documento gli affioramenti saranno suddivisi secondo la classificazione in uso e le varie unità litologiche, differenziate in funzione di un analogo comportamento geotecnico/geomeccanico, dovranno essere riportate nella legenda

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 29 di 239

della carta. La legenda della carta dovrà contenere la descrizione del comportamento geotecnico/geomeccanico delle unità con l'indicazione dei principali parametri e dei dati maggiormente rappresentativi per ogni singola unità litologica. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA DEI FOTOALLINEAMENTI IN SCALA 1:25.000

La Carta dovrà essere redatta alla scala 1:25.000 e riporterà la posizione dei fotoallineamenti (linee di faglia, diaclasi, orli di distacco, orli di scarpata, ecc.), desunta dalle foto aeree o da ortofoto e sarà suddivisa in aree omogenee per densità, ciascuna delle quali caratterizzata da un diagramma stellare con selezioni direzionali di 10 gradi e con le indicazioni numeriche della densità (Km/Km^2) e della frequenza (n/Km^2) di fotoallineamenti. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1:25.000

La Carta dovrà essere redatta alla scala 1:25.000 e dovrà riportare tutte le evidenze geomorfologiche relative a morfogenesi di versante, fluviale, costiera e antropica; saranno inoltre evidenziate le aree per le quali non si rileva alcuna presenza di apprezzabili processi morfogenetici (A), le aree con processi morfogenetici attualmente non attivi (B) e le aree con processi morfogenetici attivi (C), con l'indicazione del tipo di processo rilevato cartografabile alla scala di rappresentazione. La legenda dovrà essere conforme alla simbologia geomorfologica indicata nei "Quaderni" ISPRA relativi alle Linee Guida per la redazione della Carta Geologica d'Italia 1:50.000. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA IDROGEOLOGICA IN SCALA 1:25.000

La Carta dovrà essere redatta alla scala di 1:25.000; dovrà riportare i terreni arealmente suddivisi per tipo e valore qualitativo della permeabilità efficace: dovranno essere indicate le aree caratterizzate da concentrazione superficiale di acqua o a drenaggio difficoltoso, i punti d'acqua superficiali (sorgenti e pozzi), le linee di deflusso superficiale e profondo (presumibile), le linee isofreatiche e ogni altra informazione utile alla completa rappresentazione (alla scala di restituzione) dei modelli idrogeologici individuati. Per la ricostruzione delle isofreatiche verranno utilizzate, ove richiesto da Ferrovie, oltre alle informazioni bibliografiche, i dati desumibili da un censimento diretto dei punti d'acqua (sorgenti, pozzi) che saranno opportunamente indicati in cartografia. Qualora le Ferrovie lo ritenessero utile/necessario potranno essere inseriti parametri dell'acquifero ricavati da prove di emungimento o immissione di acqua in foro e/o parametri di portata relativi a pozzi, sorgenti, canali, corsi d'acqua. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

CARTA DELLA ZONAZIONE SISMICA IN SCALA 1:25.000

La Carta dovrà essere redatta alla scala 1:25.000 e dovrà riportare l'indicazione dei principali eventi sismici documentati, dei principali e più frequenti epicentri localizzati, delle aree di frequenza e intensità paragonabili, dei parametri di accelerazione sismica; andrà altresì indicata la zonazione nei confronti delle categorie di sottosuolo, valorizzate dai parametri utili alla loro definizione. La legenda della carta dovrà contenere tutti i simboli indicati e le categorie di zonizzazione; dovranno inoltre essere circoscritte le aree soggette al rischio di liquefazione dei terreni e le zone suscettibili di significativa amplificazione locale. La carta topografica di base dovrà avere una scala ed un livello di dettaglio adeguato, al fine di consentire la corretta restituzione dell'elaborato alla scala 1:25.000.

SEZIONI GEOLOGICHE

Il numero e la posizione e la scala di rappresentazione delle sezioni, da concordare con le Ferrovie (in genere longitudinalmente alla linea ferroviaria e trasversalmente ad essa in corrispondenza delle opere principali),

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 30 di 239

dovranno essere rappresentative dell'assetto stratigrafico e tettonico dell'area di studio e su di esse dovrà essere sempre riportata la quota piezometrica.

Nel caso di progettazione di gallerie dovranno essere prodotte almeno una sezione longitudinale (per ogni canna) ed almeno una trasversale all'asse per ciascuna galleria compresa nell'area oggetto di studio, tenendo nel dovuto conto la tipologia di progetto, l'estensione della galleria e la sua copertura. Nel caso di realizzazione di gallerie ad elevata copertura (centinaia di metri), il numero e l'estensione delle sezioni geologiche saranno funzione della copertura, della lunghezza della galleria e della complessità del modello geologico individuato (presenza di faglie, sovrascorrimenti, pieghe ecc.). L'estensione e il numero di sezioni geologiche dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie.

SEZIONI IDROGEOLOGICHE

Il numero la posizione e la scala di rappresentazione delle sezioni idrogeologiche, da concordare con le Ferrovie, dovranno essere rappresentative dell'assetto idrogeologico dell'area di studio, con particolare riguardo alla ricostruzione delle falde superficiali e profonde. Nel caso di progettazione con gallerie, dovranno essere prodotte almeno una sezione longitudinale ed una trasversale all'asse, per ciascuna galleria compresa nell'area oggetto di studio, tenendo nel dovuto conto la tipologia di progetto, l'estensione della/e galleria/e, la sua/loro copertura. Nel caso di realizzazione di gallerie ad elevata copertura (centinaia di metri) il numero e l'estensione delle sezioni idrogeologiche saranno funzione della copertura, della lunghezza della galleria e della complessità del modello geologico individuato (faglie, sovrascorrimenti, pieghe ecc.). L'estensione e il numero di sezioni geologiche dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie.

FASCICOLI DI SCHEDE TECNICHE

I rilievi litologico-tecnici e quelli di carattere idrogeologico, che comportano la redazione di apposite schede, dovranno essere sottoposti all'approvazione preventiva delle Ferrovie. Le schede litologico-tecniche su terre e rocce dovranno contenere oltre alle informazioni di carattere geologico-litologico, anche le risultanze di eventuali prove eseguite in sito e/o in laboratorio. Le schede di carattere idrogeologico dovranno contenere informazioni sui punti d'acqua studiati quali pozzi, piezometri, sorgenti ed altre opere di captazione di acqua, presentando anche i risultati di eventuali prove in sito e di laboratorio. Le Relazioni litologico-tecniche ed idrogeologiche devono contenere un fascicolo (o una porzione della medesima Relazione) contenente una raccolta delle schede tecniche i cui dati sono stati utilizzati per redigere la Relazione medesima, con le relative cartografie.

Nelle schede tecniche, i rilievi, le prove e le misure in sito dovranno essere georeferenziate su apposita cartografia con l'indicazione delle coordinate GPS.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

In un fascicolo dedicato, o allegata alla Relazione Idrogeologica o Litologico-tecnica, dovrà essere riportata la documentazione fotografica, di idonea qualità, dei punti di riscontro a terra, di eventuali campioni per prove di laboratorio prima dell'esecuzione dei test previsti, dei punti di misura e prove in sito, delle strumentazioni di monitoraggio installate e/o da installare, dei punti d'acqua rilevati o di prelievo di campioni in campagna, con i necessari riferimenti descrittivi per l'univoca correlazione alle relative schede tecniche.

SCHEDE BIBLIOGRAFICHE

Dovranno essere redatte apposite Schede, riportanti i dati bibliografici relativi alla documentazione di studio non derivante direttamente da misure, prove e rilievi eseguiti direttamente ed in proprio dal Redattore di ogni singola Relazione e/o dall'Appaltatore. Tale scheda bibliografica dovrà contenere, per ogni categoria di informazioni, i riferimenti di tutto il materiale consultato e della relativa reperibilità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 31 di 239

RELAZIONE CONCLUSIVA

La Relazione dovrà contenere tutte le informazioni ottenute nell'ambito dello studio, con le note illustrative e di commento della cartografia tematica, oltre a considerazioni di natura tecnico-economica. Nella "Relazione Conclusiva" potranno essere inserite la Relazione Geologica, la Relazione Geomorfologica, la Relazione Idrogeologica, la Relazione litologico-tecnica, la Documentazione fotografica, le schede tecniche e bibliografiche, qualora le relazioni medesime ed i fascicoli di schede non costituiscano documentazione autonoma. Inoltre sulla base di tutte le informazioni desunte dallo studio e dai rilievi, dovrà essere proposto un programma di rilievi, monitoraggi e di indagini geognostiche da attuare nelle successive fasi di progettazione.

3.5.5 STUDIO GEOLOGICO APPLICATIVO AD INDIRIZZO TECNICO

Studio geologico applicativo ad indirizzo tecnico di base e redazione delle relative carte tematiche alla scala 1:10.000 o 1:5.000 eseguito mediante rilevamento diretto su terreno.

Studio geologico applicativo ad indirizzo tecnico e/o tematico (idrogeologico, geomorfologico, geomeccanico/geotecnico, uso reale del territorio, geopedologico) eseguito con rilevamento diretto in campagna, con l'ausilio della bibliografia, della cartografia esistente (geologica che tematica) e dell'analisi fotointerpretativa (da foto aeree o da ortofoto), ove presente. Tali attività sono finalizzate alla redazione delle carte geologiche e/o tematiche in scala 1:10.000 o 1:5.000, in relazione alla tipologia di progettazione da attuare, al dettaglio che si intende rappresentare e all'estensione lineare ed areale dello studio; in ogni caso la scala di rappresentazione cartografica dovrà essere concordata ed approvata dalle Ferrovie.

Il Geologo incaricato dello studio, dovrà reperire e consultare la bibliografia geologica e tematica sull'area in esame, nonché la cartografia più recente disponibile, con precedenza per quella avente una valenza ufficiale e di seguito elencata:

- 1) carte geologiche e/o tematiche emesse dall'ISPRA "ex Servizio Geologico nazionale" e relative note illustrative,
- 2) cartografia ed eventuali note illustrative emesse dagli Enti territoriali quali: Regioni, Provincie, Comuni, comunità montane, ecc.,
- 3) cartografia e note tecniche prodotte dalle Autorità di Bacino,
- 4) cartografia ed articoli scientifici prodotti da Università ed Enti di ricerca,
- 5) cartografia e documentazione prodotte da altre Enti pubblici o da privati.

Questo studio, di carattere geologico applicativo, dovrà tendere a ricostruire, sulla base delle moderne ipotesi, gli eventi geologici che hanno portato alla formazione delle attuali strutture geologiche dell'area in questione, il quadro stratigrafico-strutturale regionale, gli aspetti tettonici e la individuazione lito-stratigrafica delle formazioni presenti, giungendo alla formulazione di un modello di caratterizzazione in sito degli ammassi rocciosi, dal punto di vista strutturale, geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geomeccanico/geotecnico.

Il grado di dettaglio del rilevamento (in particolare la densità delle stazioni di rilievo e misura) e della ricostruzione stratigrafica e geostrutturale, dovrà essere idoneo alla scala cartografica di rappresentazione ed alla tipologia di progetto.

Lo studio dovrà fornire anche la caratterizzazione sismica del sito, con l'indicazione dei parametri richiesti dalla normativa vigente per la valutazione della pericolosità sismica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 32 di 239

I rilevamenti e gli studi, con l'ausilio delle risultanze delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio, dovranno evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera in progetto, sviluppando anche il programma d'indagine della successiva fase progettuale.

I rilevamenti e gli studi, dovranno altresì consentire di individuare tutte le criticità connesse ad eventuali rischi di natura idrogeologica (dissesti gravitativi di versante, sprofondamenti, alluvionamenti, erosione accelerata, terreni liquefacibili per sisma, intenso carsismo, danni al territorio legati ad attività antropiche dannose, ecc.), nonché le aree con particolari vincoli ambientali (paesaggistici, naturalistici, idrogeologici, archeologici, paleontologici, infrastrutturali, militari, ecc.). L'individuazione di tali elementi dovrà essere chiaramente indicata e perimetrata nelle cartografie prodotte.

Gli studi, i rilievi ed i relativi elaborati, dovranno essere conformi alle indicazioni riportate nel Capitolo 3.8 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.5.1 Rilievo geologico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Il rilievo geologico deve essere originale pur prendendo a riferimento la cartografia disponibile. Le modalità esecutive del rilevamento geologico dovranno essere conformi, in relazione alla scala di rappresentazione, alle indicazioni riportate nei "Quaderni" che l'ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000". Il "Programma di rilevamento", definito sulla base dell'analisi delle foto aeree e/o ortofoto e degli elementi desumibili dalla cartografia geologica di base (percorsi, stazioni di misura, orientamento degli strati e faglie, ecc.), dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie.

Tale rilevamento deve consentire l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- riconoscimento e distribuzione delle unità litostratigrafiche affioranti;
- assetto tettonico dell'area, presenza e tipologia di discontinuità sia maggiori che minori;
- caratterizzazione mineralogico-petrografica e geocronologica delle varie formazioni, tramite la raccolta sistematica di campioni di roccia e terreno rappresentativi.

La descrizione delle unità litostratigrafiche, , deve essere conforme alle indicazioni riportate nella Sezione Geologia del "Manuale di progettazione di RFI" (Paragrafi 3.8.4 – 3.8.5).

3.5.5.2 Rilievo geomorfologico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Il rilievo geomorfologico deve essere originale, pur prendendo a riferimento la cartografia disponibile (in scala analoga), e deve tendere a rappresentare le forme del rilievo terrestre, raffigurando i caratteri morfografici e morfometrici sulla base dello studio svolto sul territorio; ne deve interpretare l'origine, in funzione dei processi geomorfici (endogeni ed esogeni) passati e presenti che le hanno generate, e individuarne la sequenza cronologica, con particolare distinzione fra forme attive, quiescenti e attive. Le modalità esecutive del rilevamento (con riferimento alle tematiche geomorfologiche), dovranno essere conformi, in relazione alla scala di rappresentazione, alle indicazioni riportate nei "Quaderni" che l'ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della "Carta Geologica d'Italia 1:50.000"; in ogni caso il "Piano di rilevamento", da redigersi a seguito dell'analisi della cartografia geologica e geotematica, nonché delle foto aeree (comprendente percorsi e stazioni di rilievo) dovrà essere sottoposto all'approvazione delle Ferrovie.

La finalità è quella di produrre una appropriata cartografia che consenta una visione sistematica di tutte le forme caratteristiche del territorio ed una visione d'insieme dei rapporti spaziali fra tali forme, evidenziando le relazioni esistenti fra queste ultime ed i processi che le hanno determinate, offrendo le basi per prevederne l'evoluzione futura.

In particolare il rilievo deve consentire l'acquisizione e la mappatura, con opportuna simbologia, delle principali informazioni di pertinenza geomorfologica: in particolare devono essere evidenziate le principali

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 33 di 239

forme presenti nel territorio (anche di dettaglio), distinte sulla base della loro genesi, e del grado di dinamismo (velocità di evoluzione). Le aree interessate da fenomeni geomorfologici a sviluppo areale, cartografabile alla scala della carta, devono essere accuratamente delimitate.

3.5.5.3 Rilievo idrogeologico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Nello studio idrogeologico devono essere presi in considerazione tutti quegli elementi emersi dai rilievi geologici e geomorfologici che possono fornire informazioni utili a definire il modello di circolazione idrica sotterraneo. Le modalità esecutive del rilevamento (con riferimento alle tematiche idrogeologiche), dovranno essere conformi, in relazione alla scala di rappresentazione, alle indicazioni riportate nei “Quaderni” che l’ISPRA ha redatto come linee guida per la redazione della “Carta Geologica d’Italia 1:50.000”. Inoltre le modalità del rilevamento, quali percorsi di rilevamento, eventuali stazioni di rilievo dei punti d’acqua (sorgenti, pozzi, piezometri), nonché prove di emungimento o di immissione d’acqua in foro, dovranno essere sottoposte all’approvazione di Ferrovie.

Il rilievo idrogeologico di campagna deve essere originale e deve comprendere anche la fase di ubicazione e classificazione delle sorgenti presenti (perenni o temporanee, portata media misurata in intervalli di tempo regolari, caratteristiche chimico-fisiche delle acque ecc.), dei pozzi, nonché dei punti di emergenza naturale o artificiale della falda acquifera e le aree di ristagno dell’acqua meteorica per impossibilità di infiltrazione in profondità. A tal proposito dovrà essere valutata l’interferenza dell’opera in progetto con la falda e con i punti d’acqua censiti. Particolare attenzione dovrà essere prestata all’individuazione di condotti carsici e delle cavità in grado di condizionare la circolazione idrica sotterranea.

3.5.5.4 Rilievo litologico-tecnico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Il rilievo consiste nell’effettuazione di una classificazione litologico-tecnica di tutte le unità litostratigrafiche, presenti sull’area da rilevare. Pertanto, dopo aver censito tutte le unità litostratigrafiche, se ne implementa la suddivisione in termini geotecnici/geomeccanici attraverso l’attribuzione di indici di qualità degli ammassi rocciosi e dei terreni.

La suddivisione in unità lito-tecniche dovrà effettuarsi secondo le indicazioni riportate nella Sezione 3 “Geologia” del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafi 3.8.4 - 3.8.5). In presenza di ammassi rocciosi, l’assegnazione di indici di qualità deve essere basata sull’esecuzione in campagna di rilievi geostrutturali a scala mesoscopica, che permettano di individuare facies litostratigrafiche omogenee in termini geomeccanici. Le modalità del rilevamento quali percorsi, numero e ubicazione delle stazioni di rilievo geomeccanico ed esecuzione di eventuali pozzetti esplorativi per il prelievo di campioni di terre e/o rocce, dovrà essere inserito in un “Programma di rilevamento” da sottoporre all’approvazione delle Ferrovie.

I rilievi geostrutturali mesoscopici devono pertanto descrivere l’ammasso in termini di:

- litologia;
- stato di fratturazione e natura delle discontinuità (N° di famiglie, giacitura, spaziatura, persistenza, apertura, rugosità, resistenza allo scorrimento delle superfici, grado di alterazione, presenza di riempimento, umidità, ecc);
- condizioni idriche;
- resistenza a compressione.

I dati rilevati in campagna devono essere esaustivi ed utili per poter descrivere gli ammassi in termini di classificazione geomeccanica normalmente in uso (classificazione di Bieniawski, di Hoek, di Barton), in base alle quali potranno essere attribuiti gli indici di qualità caratteristici delle unità litotecniche individuate, avendo ben presente che le medesime caratteristiche geomeccaniche hanno valenze diverse in superficie (pareti rocciose) ed in profondità (gallerie).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 34 di 239

Ciascuna “stazione” di misura, di dimensione opportuna (minimo 20x20 metri, compatibilmente con le caratteristiche del fronte in studio), dovrà essere caratterizzata tramite:

- una tabella riassuntiva riportante l'ubicazione della stazione, la sua estensione e i risultati delle misurazioni effettuate (per una corretta definizione dell'ubicazione occorrono i dati di coordinata GPS, una foto dell'area in cui è ubicata la stazione, nella quale sia visibili dei punti di riferimento per il controllo dell'esatta ubicazione);
- le proiezioni stereografiche su reticolo equiareale di Schmidt dell'orientazione delle discontinuità rilevate;
- gli indici di qualità degli ammassi rocciosi secondo le classificazioni geomeccaniche concordate con le Ferrovie.

In presenza di terreni sciolti, la caratterizzazione geotecnica dell'orizzonte superficiale dovrà essere eseguita ricorrendo al prelievo di campioni superficiali di terreno (al di sotto dello strato di terreno vegetale), sui quali dovranno essere effettuate prove geotecniche di caratterizzazione fisica (granulometria, limiti di Atterberg) che permettano di suddividere l'area in studio in base alla classificazione USCS (Unified Soils Classifications System).

Ciascuna stazione di misura dovrà essere caratterizzata da:

- una tabella riassuntiva riportante l'ubicazione della stazione (per una corretta definizione dell'ubicazione occorrono i dati di coordinata GPS, una foto dell'area in cui è ubicata la stazione possibilmente con dei punti di riferimento per il controllo dell'esatta ubicazione) e la descrizione del materiale prelevato;
- i risultati delle prove geotecniche speditive e di laboratorio;
- la classificazione USCS dei terreni.

3.5.5.5 Componente uso reale del territorio in scala 1:10.000 o 1:5.000

Per quanto attiene la componente “Uso reale del territorio”, gli studi e i rilevamenti saranno eseguiti sulla base di cartografia esistente, rilievi diretti in sito e con l'ausilio di fotografie aeree. Essi dovranno avere, in ogni caso, un notevole contenuto di rilevamento diretto in relazione alla peculiarità del tema ed in relazione alla scala di rappresentazione. Il “Programma di rilievo”, redatto sulla base dell'analisi di foto aeree e cartografia tematica di recente emissione, dovrà essere predisposto dall'Appaltatore e sottoposto all'approvazione delle Ferrovie.

Lo studio dovrà essere sviluppato con il fine di suddividere le aree in funzione della loro reale utilizzazione; si dovranno pertanto evidenziare le zone urbanizzate e/o industrializzate, le zone destinate a coltivazione (suddivise per tipologia), le zone boschive (suddivise per tipologia) e le aree protette (anch'esse suddivise per tipologia).

In particolare, per le aree antropizzate, dovranno essere evidenziate tutte le modificazioni dell'assetto del territorio, quali aperture di scavi o cave, canalizzazioni, sbarramenti, deviazioni di corsi d'acqua ed altre opere idrauliche, pavimentazioni ed impermeabilizzazioni superficiali estese, ecc.

Eventuali suddivisioni di dettaglio dovranno essere concordate con le Ferrovie sulla base della specificità dell'area in esame ed in funzione della finalità del rilievo.

Nella relazione conclusiva dello studio tematico e nella cartografia prodotta, dovranno essere anche evidenziate e delimitate le aree soggette a vincoli, con la descrizione della relativa natura (idrogeologico, paesaggistico, archeologico, urbanistico, ecc.).

3.5.5.6 Rilievo a tema geopedologico in scala 1:10.000 o 1:5.000

Gli studi e i rilevamenti a tema geopedologico, saranno eseguiti sulla base di cartografia esistente e di rilievi diretti in sito.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 35 di 239

Il rilievo geopedologico ha lo scopo di definire i vari tipi di suolo originatisi per alterazione del substrato litologico sotto l'azione di fattori biologici, fisici e chimici. I tipi di suolo dovranno essere descritti in base ai processi di formazione che li hanno costituiti (disgregazione e alterazione del substrato roccioso, accumulo di sostanze organiche, lisciviazione, eluviazione, formazione colluviale, accumulo di sedimenti alluvionali ecc.) e sulla base delle loro proprietà (tessitura, colore, struttura, attività biologica, chimismo, capacità di scambio cationico, permeabilità all'acqua ecc.). Per la descrizione dei suoli si farà riferimento alle principali classificazioni in uso a livello internazionale, quali la classificazione FAO-UNESCO; la scelta del sistema classificativo e il "Progetto di rilievo" dovranno essere preventivamente concordati con le Ferrovie.

3.5.5.7 Documentazione da consegnare

RELAZIONE GEOLOGICA

La relazione (basata su dati bibliografici e rilievi di campagna) dovrà contenere tutte le informazioni e i dati geologico-tecnici che consentano di individuare tutte le problematiche di carattere geologico che possono influire sulle scelte progettuali relative all'opera, sia in fase costruttiva che di "esercizio", nonché i parametri e le modalità esecutive più appropriate, con particolare riguardo a:

- definizione dell'assetto geologico-strutturale;
- modello geologico di riferimento;
- caratterizzazione litologico-tecnica degli ammassi e determinazione di massima delle caratteristiche geomeccaniche e geotecniche degli ammassi e dei terreni indagati;
- individuazione degli stati tensionali, degli ammassi terrosi/rocciosi indagati, attuale e pregressi;
- categorie di sottosuolo e topografiche, accelerazione sismica di riferimento, fattori di amplificazione e spettro di risposta elastico.

La relazione geologica dovrà inoltre evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera ferroviaria, analizzando congiuntamente i risultati degli studi tematici di superficie e quelli delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio, in base ai quali dovrà essere proposto un modello di caratterizzazione in sito dal punto di vista geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico. Inoltre, la relazione geologica dovrà contenere indicazioni sulla pericolosità geologica e sismica (D.M. 14/1/2008) del sito ante operam e contestualmente dovranno essere valutati gli effetti che l'opera può indurre sul territorio, in termini di incremento o diminuzione della pericolosità geologica stessa.

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

La relazione deve contenere i risultati dello studio e dei rilievi svolti, individuando l'assetto orografico, il reticolo idrografico, le condizioni climatiche, gli aspetti morfologici e morfometrici, i dati litologici e tettonici e deve descrivere con particolare riguardo il quadro morfogenetico e morfoevolutivo dell'area. Inoltre, dovranno essere affrontati tutti gli aspetti inerenti le problematiche di dissesto idrogeologico (erosione accelerata, dissesti gravitativi, sprofondamenti, aree alluvionabili, ecc).

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

La relazione riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto l'idrologia di superficie, l'idrogeologia sotterranea (emergenza di acque sotterranee, caratteristiche degli acquiferi, caratteristiche idrodinamiche, caratteristiche idrochimiche), i complessi idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa, nonché le opere artificiali e le aree carsiche che interessano l'area in esame.

Particolare attenzione dovrà essere prestata nella definizione delle modalità di circolazione idrica all'interno dei mezzi rocciosi fratturati.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 36 di 239

RELAZIONE LITOLOGICO-TECNICA

La relazione riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto le caratteristiche geomeccaniche e/o geotecniche dei litotipi riconosciuti nell'area di studio.

Nella relazione, o nella carta geotecnica-geomeccanica, dovrà essere contenuta una rappresentazione grafica di tutte le discontinuità rilevate mediante proiezione polare equiarea, aree di isodensità delle direzioni, consentendo così il riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità. Dovrà essere riportata, inoltre, una rappresentazione ciclografica mediante poli e grandi cerchi dell'orientazione delle famiglie di discontinuità e del fronte rilevato (in caso di gallerie o altri scavi) o delle pareti di versante.

CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

L'elaborato cartografico geologico deve contenere, in relazione al dettaglio della scala di rappresentazione richiesta dalle Ferrovie, tutte le informazioni relative alle unità litostratigrafiche riconosciute ed all'assetto tettonico generale. Deve essere illustrato lo schema dei rapporti stratigrafici tra le varie unità cartografate, in relazione all'interferenza con la nuova opera, evidenziando i dati relativi alle giaciture della stratificazione o della scistosità, all'orientamento degli assi e dei piani assiali delle strutture plicative e di quelle rigide (sovrascorrimenti, faglie, fratture); deve inoltre essere evidenziata l'eventuale presenza di fasce milonitiche o cataclastiche. La Carta Geologica deve riportare una legenda esplicativa dei litotipi presenti (con le loro caratteristiche tecniche e le modalità di riconoscimento, età, contenuto fossilifero e mineralogico, caratteri fisici, ecc.), dei rapporti reciproci (contatti stratigrafici in continuità, eteropie di facies, discontinuità, spessori delle formazioni e serie ridotte, spessori degli strati, ecc.), delle caratteristiche degli elementi tettonici, ecc..

CARTA GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le evidenze geomorfologiche, in relazione al dettaglio della scala di rappresentazione richiesta dalle Ferrovie, relative a morfogenesi di versante, fluviale, costiera, antropica, rilevabili e cartografabili alla scala di rappresentazione. Nella Carta dovranno inoltre essere riportati tutti gli elementi di dissesto idrogeologico presenti nell'area cartografata.

CARTA DELLE ACCLIVITA' IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

La carta, redatta alla scala di progetto (comunque non inferiore ad 1:10.000) su base topografica (alla scala uguale o superiore), deve rappresentare il territorio suddiviso per classi di acclività. Le classi di acclività dovranno essere indicate o approvate dalle Ferrovie; il numero di classi non potrà comunque essere inferiore a 5 o maggiore di 15. La redazione della Carta delle Acclività dovrà essere effettuata in conformità alle indicazioni riportate nella Sezione 3 "Geologia" del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafo 3.8.7).

CARTA IDROGEOLOGICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le informazioni idrogeologiche desunte dagli studi e dai rilievi (cartografabili alla scala di rappresentazione), in particolare i terreni saranno distinti in base al grado di permeabilità efficace.- La Carta dovrà contenere indicazioni inerenti alle aree di concentrazione superficiale di acqua o a drenaggio difficoltoso, ai punti d'acqua superficiali (sorgenti e pozzi), alle linee di deflusso superficiale e profondo, alle linee isofreatiche, ecc..

CARTA LITOLOGICO-TECNICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

Elaborato ad indirizzo geotecnico-geomeccanico e litologico-tecnico, con legenda e simbolismi da concordare con le Ferrovie.

PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI STRUMENTALI IN SITO IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

La planimetria con l'ubicazione delle indagini strumentali in sito (da redigersi alla medesima scala della Carta

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 37 di 239

Geologica), dovrà contenere l'esatta posizione di tutte le indagini eseguite quali ad es. sondaggi geognostici, con indicazione delle relative prove in foro, prove penetrometriche, pozzetti o tunnel esplorativi e relative indagini, altre prove in superficie o in foro, ecc..

CARTA DELL'USO REALE DEL TERRITORIO IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

Elaborato ad indirizzo tematico dell'uso reale del territorio con legenda e simbolismi da concordare con le Ferrovie.

CARTA GEOPEDOLOGICA IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

Elaborato cartografico recante informazioni sulla geopedologia dell'area in studio, con legenda e simbolismi da concordare con le Ferrovie.

SEZIONI GEOLOGICHE IN SCALA 1:10.000 O 1:5.000

Le sezioni geologiche interpretative, da redigersi in scala adeguata a quella della Carta Geologica, devono evidenziare l'assetto litostratigrafico-strutturale della zona in esame, sia in direzione longitudinale (Profilo geologico), che in direzione trasversale (Sezioni geologiche), rispetto all'asse del tracciato ferroviario. Dovranno riportare la Legenda delle unità geologiche ivi rappresentate e l'indicazione di eventuali sondaggi geognostici che intercettano tali sezioni. I limiti delle unità geologiche devono essere rappresentati con tratto continuo, se c'è ragionevole certezza sul loro andamento, mentre se si tratta di una interpretazione il limite deve essere rappresentato con linea tratteggiata e affiancato da punto interrogativo.

RELAZIONE DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La relazione deve contenere tutti i risultati dello studio della risposta sismica locale, presentando sia i parametri di input che di output. In particolare dovranno essere motivati e rappresentati, sia in formato grafico che tabellare, i parametri di input di seguito elencati, in conformità alle indicazioni riportate nella Sezione 3 "Geologia" del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafo 3.8.2):

- definizione scelta progettuale (V_n , C_u , Stati Limite) ed ubicazione del sito,
- determinazione dell'accelerazione massima di riferimento;
- parametri di disaggregazione;
- modalità di estrazione degli input sismici e loro rappresentazione;
- indicazione del codice utilizzato e del fattore di scala medio finale;
- indicazione della sismostratigrafia utilizzata nell'analisi (vs, spessori, densità e tipologia materiali);
- indicazione del tipo di software e certificazione del grado di qualità in output dell'analisi con l'indicazione dell'errore residuo.

Dovranno essere forniti, inoltre, i seguenti parametri di output rappresentati sia in formato grafico che tabellare:

- distribuzione con la profondità dei valori massimi di accelerazione;
- deformazione tangenziale e tensione tangenziale;
- distribuzione con la profondità del modulo di rigidezza a taglio e del rapporto di smorzamento mobilitato;
- storie temporali di accelerazione;
- velocità e spostamento calcolate a piano campagna;
- spettri elastici di risposta in accelerazione e spostamento calcolati a piano campagna.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 38 di 239

Sarà inoltre necessario fornire gli spettri di risposta elastici per tutti gli stati limite (SLO,SLD,SLV,SLC), rappresentando lo spettro di input ed il confronto con l'approccio semplificato di normativa, e gli spettri normalizzati.

SCHEDA TECNICHE

Le schede tecniche dei rilievi e delle misurazioni puntuali, eseguite in sito, dovranno essere raccolte in uno specifico elaborato, oppure nelle relative relazioni tematiche, e comprenderanno:

- Schede tecniche dei terreni e degli ammassi rocciosi, riportanti i dati desunti da prove di laboratorio o da misure geosturali su punti o aree campione, la cui redazione dovrà essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie;
- Schede tecniche del rilievo geostutturale: le schede devono essere redatte per ciascuna stazione, con le indicazioni dei dati rilevati e le classificazioni geomeccaniche;
- Schede dei punti d'acqua: schede di tutti i punti d'acqua censiti, pozzi, sorgenti, ecc., con indicazione dell'ubicazione cartografica e delle coordinate GPS.

SCHEDA BIBLIOGRAFICHE

Le schede degli elaborati bibliografici utilizzati per la redazione delle relazioni e della cartografia geologica e tematica, dovranno essere raccolte in un elaborato specifico oppure all'interno della Relazione Geologica.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Documentazione fotografica dei punti di misura o di prelievo in campagna, dei punti d'acqua o del fronte rilevato, con i necessari riferimenti descrittivi per l'univoca correlazione alle relative schede tecniche, dovranno essere raccolte in uno specifico elaborato oppure all'interno delle relazioni tematiche.

3.5.6 STUDI E RILIEVI GEOLOGICI E TEMATICI DI DETTAGLIO

Rilevamento geologico di dettaglio ad indirizzo tecnico e redazione delle relative carte tematiche in scala 1:2.000 o 1:1.000.

Il rilevamento di dettaglio andrà eseguito a completamento dei rilievi di base, avvalendosi anche di modelli fisici, tenderà a definire le problematiche conoscitive e analitiche di determinate aree caratterizzate da situazioni geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche o geotecniche/geomeccaniche di particolare interesse ai fini progettuali.

Gli studi, i rilievi ed i relativi elaborati, dovranno essere conformi alle indicazioni riportate nel Capitolo 3.9 della Sezione 3 "Geologia" del "Manuale di Progettazione di RFI".

3.5.6.1 Rilievo geologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000

Il rilievo geologico, che deve essere originale e basato sulla cartografia geologica e tematica disponibile e su base topografica di elevato dettaglio (in scala uguale o superiore a quella del rilevamento), deve consentire l'acquisizione delle seguenti informazioni:

- riconoscimento e distribuzione delle unità litostratigrafiche affioranti distinte secondo l'ordine gerarchico supergruppo, gruppo, subgruppo, formazione, membro, strato);
- assetto tettonico dell'area (pieghe, sovrascorrimenti, faglie) e rilievo degli elementi stratimetrici fondamentali (giacitura degli strati, delle superfici di scistosità, delle superfici di clivaggio) e dell'orientamento degli elementi tettonici (direzione ed inclinazione media di faglie e sovrascorrimenti, orientazione dell'asse delle pieghe, zone ribassate e rialzate, ecc.), nonché il riconoscimento delle zone cataclasizzate e milonitizzate;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 39 di 239

- discontinuità minori (faglie secondarie, fratture, fasce milonitiche o cataclastiche di ridotta estensione);
- raccolta sistematica di campioni di roccia e terreno rappresentativi per la caratterizzazione mineralogico-petrografica e geocronologica;

La descrizione delle unità litostratigrafiche, utilizzabile per rocce sedimentarie ed adattabile a formazioni composte da altri tipi di rocce, dovrà seguire, per quanto possibile, le indicazioni dei “Quaderni” che ISPRA ha redatto come Linee Guida alla compilazione della Carta Geologica d'Italia 1:50.000) e dovrà comprendere tutti gli elementi di carattere geologico indicati nella sezione “Geologia” del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafi 3.9.4 - 3.9.5), ed in particolare:

- nome della formazione;
- stratotipo;
- affioramenti tipici nell'area in esame;
- caratteri litologici, strutture interne degli strati, spessore e geometria degli strati, strutture direzionali (direzione, vergenza e inclinazione);
- caratteri petrografici macroscopici (minerali riconoscibili, grana o granulometria, tessitura, cementazioni ed incrostazioni, minerali di deposizione secondaria, minerali di formazione diagenetica, ecc.);
- superfici di discontinuità e trasgressione, dati di laboratorio;
- spessore della formazione e sue variazioni;
- rapporto con formazioni sotto e sovrastanti e laterali;
- fossili;
- ambiente di deposizione;
- età relativa.

Particolare attenzione ed accuratezza dovrà essere posta nella ricerca di tutti gli elementi tettonici presenti nell'area di studio, anche se di minor rilievo (faglie pieghie, pieghie-faglie, sovrascorrimenti, fratture variamente orientate, presenza di formazione alloctone, olistostromi, discontinuità angolari degli strati, ecc.). Dovranno altresì essere riconosciuti tutti gli elementi di stratigrafia utili alla ricostruzione paleoevolutiva del territorio.

3.5.6.2 Rilievo geomorfologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000

Il rilievo geomorfologico deve essere originale e basato sulla cartografia tematica disponibile e redatto su base topografica di elevato dettaglio (in scala almeno uguale a quella del rilevamento medesimo).

Tale rilevamento deve permettere di ricercare e rappresentare, in base allo studio svolto sul territorio, le forme del rilievo terrestre ricostruendone i caratteri morfografici e morfometrici, attribuibili ai diversi processi morfogenetici, con particolare attenzione alla distinzione fra forme attive, quiescenti e non attive.

Le informazioni così assunte devono delineare un quadro completo delle caratteristiche geomorfologiche del territorio studiato ed offrire le basi per prevederne l'evoluzione.

Il rilievo deve portare all'acquisizione e mappatura, con opportuna simbologia, delle principali informazioni di pertinenza geomorfologica:

- situazioni di dissesto idrogeologico quali frane, aree in erosione accelerata, aree soggette a caduta massi, aree soggette ad intenso carsismo, aree soggette a subsidenza o sollevamento, aree di sprofondamento (attivo o potenziale), aree di accumulo detritico, aree di esondazione ecc.;
- elementi relativi alla rete idrografica, quali aste fluviali e torrentizie, anse e meandri fluviali (attivi o abbandonati), terrazzi fluviali di vario ordine, forre e gole, ecc.;
- assetto morfometrico relativo alla esposizione dei versanti, alle dimensioni dei morfotipi cartografati ecc.;
- caratteristiche delle aree prevalentemente sottoposte a processi di erosione oppure quelle dominate da processi di deposizione;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 40 di 239

- elementi di natura tettonica selezionati, in base a criteri geomorfologici, considerando la loro incidenza sulle forme del rilievo;
- elementi di natura glaciale, quali: massi erratici, morene, striature e rocce montonate, ecc.;
- elementi di natura o deposizione organica, quali: torbe, diatomiti, ecc.;
- elementi di deposizione ed erosione marina costiera quali: dune, falesie, tomboli, cordoni litoranei, estuari e delta di sbocchi fluviali, ecc.;
- forme in evoluzione per processi attivi o riattivabili;
- caratteristiche dei depositi connessi alla degradazione meteorica delle rocce affioranti differenziati sia su base litologica che su base genetica;
- forme non più in evoluzione e non più riattivabili, nelle condizioni morfoclimatiche attuali, sotto l'azione dello stesso processo morfogenetico principale.

In particolare devono essere evidenziate quelle forme del territorio, suddivise in base alla loro genesi, i cui processi morfogenetici siano distinti in base al loro grado di dinamismo (velocità di evoluzione), con particolare riferimento all'identificazione di quelle situazioni di dissesto idrogeologico in atto capaci di condizionare la funzionalità e la stabilità delle opera in progetto.

3.5.6.3 Rilievo idrogeologico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000

Lo studio idrogeologico, basato su rilievi originali e su dati desunti da bibliografia e cartografia esistenti e svolto su base topografica di elevato dettaglio, deve prendere in considerazione tutti quegli elementi emersi dal rilievi geologico e geomorfologico che possono fornire utili informazioni per la definizione del modello di circolazione idrica sotterranea.

In particolare devono essere considerati tutti i seguenti elementi:

- caratteristiche di permeabilità delle diverse unità litostratigrafiche presenti nell'area in esame, tenendo presente che la stessa permeabilità è in genere diversa nelle direzioni verticali ed orizzontale (dettaglio che può rivestire importanza non trascurabile in relazione al tipo di opera/e da realizzare);
- caratteristiche della rete idrografica superficiale (pendenza e andamento dei corsi d'acqua, regime, alveo ecc.) secondo anche quanto emerso nello studio geomorfologico;
- delimitazione del bacino idrografico principale e dei vari sottobacini (gerarchizzazione dei bacini);
- individuazione dei punti d'acqua emergenti e no (sorgenti, emergenza di falda, pozzi, piezometri ecc.);
- linee isopiezometriche distinte eventualmente tra falda superficiale e falda profonda; nel caso ciò non sia possibile per il limitato numero di punti d'acqua si richiede almeno l'indicazione della direzione di deflusso;
- elementi di possibile deflusso sotterraneo (es. contatti tettonici, limiti tra formazioni a diverso grado di permeabilità ecc.) in base ai dati raccolti di carattere litostratigrafico ed all'assetto geotettonico.

Il rilievo idrogeologico di campagna deve essere originale e deve comprendere anche la fase di ubicazione e classificazione dei pozzi e delle sorgenti presenti, quest'ultime dovranno essere distinte fra perenni o temporanee, ricavarne la portata media (qualora necessario anche con misure in intervalli di tempo regolari), e ricercandone le caratteristiche chimico-fisiche delle acque. Dovranno altresì essere individuate quelle aree ove sono presenti emergenze naturali o artificiali della falda acquifera. Qualora richiesto dalle Ferrovie, il Geologo incaricato dei rilievi dovrà produrre e analizzare i dati derivanti da prove di emungimento su pozzo/i.

3.5.6.4 Rilievo di sorgenti e dei pozzi

Il censimento dei punti d'acqua si esegue a supporto dello studio idrogeologico ed ha lo scopo di individuare le emergenze idriche, quali sorgenti e pozzi, che concorrono a definire il modello di scorrimento delle acque

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 41 di 239

sotterranee.

Per ciascuna sorgente dovranno essere rilevati i seguenti elementi:

- nome e/o numero identificativo;
- data del rilievo;
- ubicazione (comune, località, riferimento cartografia IGM, bacino idrografico, coordinate geografiche);
- caratteristiche dell'emergenza (quota, portata di deflusso, regime di deflusso, ammasso roccioso in affioramento, tipo di sorgente);
- caratteristiche chimico-fisiche (temperatura, pH, conducibilità);
- sezione geologica dell'emergenza di sorgenti (qualora i dati geologici lo permettano, altrimenti si richiede uno schema di massima);

Per ciascun pozzo dovranno essere rilevati i seguenti elementi:

- nome e/o numero identificativo;
- data del rilievo;
- ubicazione (comune, località, riferimento cartografia IGM, bacino idrografico, coordinate geografiche, distanza dal tratto di linea più vicino);
- caratteristiche del pozzo (tipo di falda, quota bocca foro, profondità pozzo, quota livello statico, numero e posizione dei tratti finestrati, quota pompa, quota livello dinamico, portata media di esercizio, durata giornaliera e periodo dell'emungimento, regime stagionale dell'emungimento);
- caratteristiche chimico-fisiche (temperatura, pH, conducibilità);
- eventuale stratigrafia del pozzo e dati sul contenuto medio di ioni salini e sull'odore e sulla torbidezza delle acque.

3.5.6.5 Rilievo litologico-tecnico di dettaglio in scala 1:2.000 o 1:1.000

Il rilievo litologico-tecnico si basa sulla classificazione litologico-tecnica delle unità litostratigrafiche e ne implementa la suddivisione in termini geotecnici/geomeccanici attraverso l'attribuzione di indici di qualità degli ammassi rocciosi e dei terreni sciolti.

Le unità litostratigrafiche dovranno essere caratterizzate da un punto di vista litologico-tecnico e descritte come in dicato in dettaglio nella sezione "Geologia" del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafi 3.9.4 – 3.9.5), in particolare le stesse dovranno essere distinte o raggruppate in relazione al loro comportamento geotecnico/geomeccanico.

In presenza di ammassi rocciosi l'assegnazione di indici di qualità si basa sull'esecuzione in campagna di rilievi geostrutturali e strumentali speditivi a scala mesoscopica che permettano di individuare facies litostratigrafiche omogenee in termini geomeccanici, questi devono pertanto descrivere l'ammasso in termini di:

- litologia
- resistenza a compressione
- stato di fratturazione e natura delle discontinuità (numero di famiglie, giacitura, spaziatura, persistenza, apertura, rugosità, resistenza, grado di alterazione, presenza di riempimento ecc.)
- condizioni idriche

I dati rilevati in campagna devono essere esaustivi ed utili per potere descrivere gli ammassi in termini di classificazioni geomeccaniche normalmente in uso (classificazione di Bieniawski, di Hoek, di Barton) in base alle quali potranno essere attribuiti gli indici di qualità caratteristici delle unità litotecniche individuate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 42 di 239

Per ciascuna stazione di misura devono essere presentati i seguenti elaborati (i cui dati essenziali dovranno essere riassunti in una scheda):

- tabelle riassuntive riportanti l'ubicazione della stazione e i risultati delle misurazioni effettuate;
- proiezioni stereografiche su reticolo equiareale di Schmidt dell'orientazione delle discontinuità rilevate;
- indici di qualità degli ammassi rocciosi secondo le classificazioni geomeccaniche concordate con Ferrovie.

In presenza di terreni sciolti la caratterizzazione geotecnica dell'orizzonte superficiale dovrà essere eseguita ricorrendo al prelievo di campioni superficiali di terreno (tramite pozzetti o scavi esplorativi fino a superare lo strato di terreno vegetale) sui quali dovranno essere effettuate le prove geotecniche di caratterizzazione fisica (granulometria, limiti di Atterberg) che permetteranno di suddividere l'area in studio in base alla classificazione USCS (Unified Soils Classifications System).

Per ciascuna stazione di prelievo di campioni di terre e rocce devono essere presentati i seguenti elaborati:

- tabelle riassuntive riportanti l'ubicazione della stazione e descrizione del materiale prelevato;
- risultati delle prove geotecniche di laboratorio;
- foto del campione;
- classificazione USCS dei terreni.

3.5.6.6 Rilievo geologico-tecnico di terreni entro scavi esplorativi superficiali

Il rilievo geologico-tecnico di uno scavo esplorativo superficiale deve permettere la ricostruzione stratigrafica del primo sottosuolo interessato dallo scavo stesso, con particolare riferimento a:

- spessore e caratteristiche del terreno vegetale o di copertura (suolo);
- descrizione stratigrafica dei singoli strati o livelli attraversati;
- rilievo speditivo delle caratteristiche geotecniche/geomeccaniche.

A corredo dell'esame geologico tecnico dello scavo esplorativo, dovrà essere consegnata alle Ferrovie una stratigrafia di dettaglio dei terreni esplorati, completa delle misure geomeccaniche speditive eseguite in sito con l'impiego di strumenti tascabili (penetrometro, scissometro, apparecchio per il Point Load Strength Tester, ecc.) e delle indicazioni relative a presenza d'acqua, di vuoti o di altre particolarità di interesse ai fini dell'indagine.

Se lo scopo dello scavo è il riconoscimento di dettaglio dei principali orizzonti pedogenetici dovranno essere eseguite le seguenti determinazioni aggiuntive:

- spessore e colore dei singoli orizzonti;
- presenza di sostanze organiche, di scheletro sabbioso o ghiaioso e di matrice argillosa e limosa;
- valutazione qualitativa della plasticità, del contenuto d'acqua, della capacità di ritenzione idrica, della permeabilità e delle condizioni di drenaggio;
- presenza di incrostazioni calcaree, gessose o ocracee, di patine argillose, di eventuale abbondanza di minerali percepibili visivamente;
- presenza di materiale di riporto;
- tessitura e stato di aggregazione;
- descrizione dell'origine dei suoli.

3.5.6.7 Rilievo geostrutturale

Il rilievo geostrutturale permette di acquisire mediante misure in sito su fronti di scavo o pareti naturali gli elementi relativi alle caratteristiche geomeccaniche di un ammasso roccioso, inteso come complesso costituito dalla matrice rocciosa e dai piani di discontinuità, al fine di classificarlo mediante indici di qualità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 43 di 239

L'attrezzatura per l'esecuzione del rilievo prevede:

- bussola geologica per le misure di orientazione delle discontinuità nello spazio;
- nastri misuratori e bindelle metrate;
- martello di Schmidt (sclerometro);
- profilometro per la misura della rugosità (pettine di Barton);
- disco (diametro 30 cm) per l'appoggio della bussola;
- point load strength tester.

Le esecuzione del rilievo deve essere conforme alle prescrizioni dell'ISRM (International Society of Rock Mechanics) richiamate nei Riferimenti, alle quali si rimanda direttamente per quanto non espressamente precisato nel seguito.

Il rilievo si eseguirà materializzando sul fronte da rilevare una linea, della maggior lunghezza possibile, effettuando le misure in corrispondenza dei punti d'intersezione dei piani con la traccia dello stendimento, annotandone la progressiva dall'origine dello stendimento, ma considerando anche tutti gli elementi non direttamente intersecanti la linea ma vicini ed idealmente prolungabili fino all'intersezione.

Si dovranno eseguire stendimenti di misura fra loro tendenzialmente sub-ortogonali, in modo da descrivere compiutamente l'ammasso in senso realisticamente tridimensionale.

Per ciascuna stazione di misura ("stop"), il numero di punti di rilievo da eseguire sarà quello necessario per la perfetta caratterizzazione dell'ammasso; il numero e la posizione degli stendimenti in ciascuna stazione di misura dovrà essere preventivamente concordata con ferrovie. In base alle condizioni di affioramento e strutturali i risultati analitici di una stazione potranno derivare dalla sommatoria di più stop (sub-stazioni).

Ogni stazione di misura dovrà essere tale che le analisi effettuate risultino rappresentative di tutta la massa rocciosa oggetto di studio.

Il fronte rilevato dovrà essere accuratamente descritto con il corredo di fotografie (dove saranno visibili le tracce degli stendimenti) sia d'insieme che di dettaglio. Nella foto di dettaglio dovrà essere visibile un cartello con l'indicazione del numero della stazione, la località e la quota. In tutte le foto dovrà essere visibile un riferimento di scala dell'affioramento. Il sito di rilievo dovrà essere descritto tramite informazioni sulla litologia, sulle facies, sugli elementi strutturali visibili alla scala dell'affioramento, sulla presenza di acqua e su quanti altri elementi possano concorrere alla comprensione delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche d'insieme dell'ammasso roccioso entro il quale sono state realizzate le misure.

Il rilievo lungo ciascuna linea deve definire quanto segue:

- Caratteristiche litologiche: genesi del litotipo, litologia e caratteristiche petrografiche macroscopiche, grado e tipo di cementazione o compattezza, grado e tipo di alterazione, colore, assetto generale dell'ammasso come individuabile a scala del fronte; presenza di trovanti e/o olistostromi;
- Caratteristiche geostrutturali: direzione dell'intersezione fra il piano orizzontale e il piano di giacitura della discontinuità (direzione della discontinuità), inclinazione dei piani di discontinuità sull'orizzontale, immersione o azimuth della linea di massima pendenza giacente sul piano di discontinuità, gerarchizzazione delle fratture; dovrà altresì essere verificata la possibilità che il piano di discontinuità sia a superficie curva anziché piana;
- Caratteristiche geomeccaniche: classificazione dei diversi tipi di discontinuità, suddivisi in discontinuità di strato (che si formano in genere per discontinuità di sedimentazione ed erosione o in fase diagenetica), di scistosità (rocce metamorfiche, o sedimentarie fortemente diagenizzate), di faglia e sovrascorrimento, di frattura (dovranno essere descritte anche eventuali "stiloliti" e fratture ricementate, soprattutto se si sospetta un eventuale comportamento meccanico diverso rispetto alla parte costituente la roccia integra). Dovranno essere definite inoltre le caratteristiche dei piani, precisando frequenza, spaziatura, lunghezza,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 44 di 239

persistenza percentuale rispetto all'affioramento, apertura, continuità di apertura in percentuale rispetto alla lunghezza, tipo di terminazione, distanza della terminazione della traccia, scabrezza (JRC, Joint Roughness Coefficient), ondulazione, resistenza della parete del giunto (JCS, Joint Compressive Wall Strength), tipo, granulometria, origine, grado di saturazione e di consistenza del materiale di riempimento, che può anche essere campionato per eventuali prove di laboratorio. La scabrezza (JRC) sarà valutata numericamente con il pettine di Barton. La resistenza della parete del giunto (JCS) sarà stimata con il martello di Schmidt mentre la resistenza della roccia intatta sarà stimata con il point load strength tester. Dovrà essere stimato l'indice RQD (o valutato se si dispone delle carote di perforazione di sondaggi a carotaggio continuo) espresso come numero di giunti per unità di volume (specificando se tale valore è stato stimato o valutato). Il volume roccioso unitario dovrà essere determinato dimensionalmente e graficamente;

- **Condizioni idriche:** ritenzione idrica e venute d'acqua; nel caso di scavi in sotterraneo, devono essere valutate su tutte le discontinuità presenti nella stazione di misura geostrutturale (per le gallerie la stazione geostrutturale è rappresentata dal fronte e, qualora ritenuto utile, da porzioni di pareti non ancora rivestite o consolidate);
- **Osservazioni:** distacchi gravitativi (ubicazione, geometria e volumi), interventi di consolidamento e contenimento presenti, presenza di blocchi e massi distaccatisi e zone di accumulo, presenza di aree di sprofondamento, presenza di evidenze morfologiche dettate dalla tettonica locale (falesie, incisioni, liscioni di faglia, ecc.).

Tutti i dati rilevati, ciascuno su apposita scheda, dovranno essere raccolti sotto forma tabellare.

Le misure di orientazione delle discontinuità dovranno essere elaborate graficamente mediante:

- proiezione equatoriale equiarea di Lambert (nota anche come reticolo di Schmidt);
- proiezione polare equiarea.

L'elaborazione successiva dovrà consentire l'individuazione delle principali famiglie di discontinuità e dovrà essere eseguita ricavando le zone di maggior densità di poli per unità di area definendo inoltre il grado di densità relativo ed assoluto per ogni famiglia individuata. Le ulteriori elaborazioni dovranno condurre all'indicazione per ogni gruppo di discontinuità (famiglia) l'orientamento prevalente, il suo grado di variabilità e la tipologia di discontinuità (faglia, frattura, giunto di strato, ecc.).

L'ammasso roccioso dovrà, inoltre, essere classificato utilizzando i più comuni sistemi di classificazione quali quello di Bieniawski (R.M.R.), di Barton (Q), di Hoek e Brown (G.S.I.), di Palmstron (RMI), di Romana (SMR) o altri concordati preventivamente con le Ferrovie.

3.5.6.8 Studio di Analisi di Risposta Sismica Locale

Lo studio dovrà permettere l'implementazione del modello geologico geofisico propedeutico alla definizione del profilo sismostratigrafico sulla base dei risultati di specifiche indagini geofisiche e geotecniche, queste ultime in particolare atte ad indagare il comportamento dinamico del terreno nel campo delle medie e grandi deformazioni.

Lo studio deve prevedere l'estrazione degli accelerogrammi naturali spettro compatibili con le strutture sismogenetiche locali, costituenti il segnale di ingresso al sito coerentemente con quanto prescritto nel paragrafo 3.2.3.6 delle NTC '08 (Norme Tecniche per le Costruzioni). L'analisi di risposta sismica locale verrà eseguita in condizioni monodimensionali tramite software specialistico di comprovata validità; , eventuali effetti dovuti alle variazioni laterali della situazione geologica e morfologica sui fenomeni di amplificazione sismica locale verranno analizzati mediante opportune analisi bidimensionali coerentemente con il paragrafo 7.11.3 e C7.11.3.1 delle NTC '08.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 45 di 239

3.5.6.9 Documentazione da consegnare

RELAZIONE GEOLOGICA

La relazione (basata su dati bibliografici e rilievi di campagna) dovrà contenere tutte le informazioni e i dati geologico-tecnici che consentano di individuare tutte le problematiche di carattere geologico che possono influire sulle scelte progettuali relative all'opera sia in fase costruttiva che di "esercizio", i criteri di progetto applicabili, nonché i parametri e le modalità esecutive più appropriate al caso in esame, con particolare riguardo a:

- definizione dell'assetto geologico-strutturale;
- modello geologico di riferimento;
- caratterizzazione litologico-tecnica degli ammassi e determinazione di massima delle caratteristiche geomeccaniche e geotecniche degli ammassi e dei terreni indagati;
- individuazione degli stati tensionali, degli ammassi terrosi/rocciosi indagati, attuale e pregressi;
- categorie di sottosuolo e topografiche, accelerazione sismica di riferimento, fattori di amplificazione e spettro di risposta elastico

La relazione geologica dovrà inoltre evidenziare le eventuali problematiche tecniche connesse all'interazione tra ambiente fisico e opera ferroviaria, analizzando congiuntamente i risultati degli studi tematici di superficie e quelli delle indagini in sito (di tipo diretto ed indiretto) ed in laboratorio in base ai quali dovrà essere proposto un modello di caratterizzazione in sito degli ammassi rocciosi dal punto di vista geolitologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico. Inoltre, la relazione geologica dovrà contenere indicazioni sulla pericolosità geologica e sismica (D.M. 14/1/2008) del sito ante operam e contestualmente dovranno essere valutati gli effetti che l'opera può indurre sul territorio in termini di incremento o diminuzione della pericolosità geologica stessa.

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

La relazione deve contenere i risultati dello studio e dei rilievi svolti individuando l'assetto orografico, il reticolo idrografico, le condizioni climatiche, gli aspetti morfologici e morfometrici, i dati litologici e tettonici e deve descrivere con particolare riguardo il quadro morfogenetico e morfoevolutivo dell'area. Inoltre, dovranno essere trattati tutti gli aspetti inerenti le problematiche di dissesto idrogeologico (erosione accelerata, dissesti gravitativi, sprofondamenti, aree alluvionabili, ecc.).

RELAZIONE IDROGEOLOGICA

La relazione riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto l'idrologia di superficie, l'idrologia sotterranea (emergenza di acque sotterranee, caratteristiche degli acquiferi, caratteristiche idrodinamiche, caratteristiche idrochimiche), i complessi idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa, nonché le opere artificiali e le aree carsiche che interessano l'area in esame.

Particolare attenzione dovrà essere prestata nella definizione delle modalità di circolazione idrica all'interno dei mezzi rocciosi fratturati.

RELAZIONE LITOLOGICO-TECNICA

La relazione, riporterà tutti i risultati dello studio e dei rilievi svolti e descriverà in modo compiuto le caratteristiche geomeccaniche e/o geotecniche dei litotipi riconosciuti nell'area di studio.

CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

L'elaborato cartografico geologico deve contenere tutte le informazioni relative alle unità litostratigrafiche riconosciute ed all'assetto tettonico generale. Deve essere anche illustrato lo schema dei rapporti stratigrafici tra le varie unità cartografate in relazione all'interferenza con la nuova opera evidenziando i dati relativi alle

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 46 di 239

giaciture della stratificazione o della scistosità, all'orientamento degli assi e dei piani assiali delle strutture plicative e di quelle rigide (sovrascorrimenti, faglie, fratture); deve inoltre essere evidenziata l'eventuale presenza di fasce milonitiche o cataclastiche. La Carta Geologica deve riportare una legenda esplicativa dei litotipi presenti (con le loro caratteristiche tecniche e modalità di riconoscimento, età, contenuto fossilifero e mineralogico, caratteri fisici, ecc), dei rapporti reciproci (contatti stratigrafici in continuità, eteropie di facies, discontinuità, spessori delle formazioni e serie ridotte, spessori degli strati, ecc.), delle caratteristiche degli elementi tettonici, ecc..

CARTA GEOMORFOLOGICA IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le evidenze geomorfologiche relative a morfogenesi di versante, fluviale, costiera, antropica, rilevabili e cartografabili alla scala di rappresentazione. Nella Carta dovranno inoltre essere riportati tutti gli elementi di dissesto idrogeologico presenti nell'area cartografata.

CARTA IDROGEOLOGICA IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

L'elaborato cartografico deve riportare tutte le informazioni idrogeologiche desunte dagli studi e dai rilievi (cartografabili alla scala di rappresentazione), in particolare i terreni saranno distinti in base alla loro permeabilità efficace. La Carta tematica dovrà contenere indicazioni su aree di concentrazione superficiale di acqua o a drenaggio difficoltoso, i punti d'acqua superficiali (sorgenti e pozzi), le linee di deflusso superficiale e profondo, le linee isofreatiche, ecc..

CARTA LITOLOGICO-TECNICA IN SCALA 1:2.000 O 1:1000

La legenda e i simbolismi dell'elaborato ad indirizzo geotecnico-geomeccanico, dovranno essere concordati con le Ferrovie.

PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI STRUMENTALI IN SITO IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

La planimetria con l'ubicazione delle indagini strumentali in sito (da redigersi alla medesima scala della Carta Geologica), dovrà contenere l'esatta posizione di tutte le indagini eseguite quali ad es. sondaggi geognostici, con indicazione delle relative prove in foro, prove penetrometriche, pozzetti o tunnel esplorativi e relative indagini, altre prove in superficie o in foro, ecc..

A completamento della predetta Planimetria delle indagini eseguite, dovranno anche essere prodotti gli elaborati di seguito indicati:

- Planimetria della zona riportante l'ubicazione esatta delle stazioni di misura geostrutturale sia di contatto che con apparecchi laser scanner o con telecamere;
- Planimetria della ubicazione delle prove geotecniche in sito (prove penetrometriche statiche senza o con piezocono anche sismico e/o dinamiche continue, prove dilatometriche DMT e pressiometriche autoperforanti, sondaggi con indicazione dell'eventuale strumentazione installata es piezometri, inclinometri ecc., prove di carico su piastra, pozzetti esplorativi per prelievo campioni, stese per prove geofisiche elettriche e/o sismiche, tracciati di strisciate georadar, ecc.
- Planimetria delle aree a medesima acclività;
- Planimetria della zona riportante l'ubicazione esatta di tutti i punti d'acqua censiti, pozzi, sorgenti, ecc..

SEZIONI GEOLOGICHE IN SCALA 1:2.000 O 1:1.000

Le sezioni geologiche interpretative, da redigersi alla medesima scala Carta Geologica, devono evidenziare l'assetto litostratigrafico-strutturale della zona in esame sia in direzione longitudinale (Profilo geologico), che in direzione trasversale (Sezioni geologiche) rispetto all'asse del tracciato ferroviario. Dovranno riportare la Legenda delle unità geologiche ivi rappresentate, ed eventuali sondaggi geognostici che intercettano tali sezioni. I limiti delle unità geologiche devono essere rappresentati con tratto continuo se c'è ragionevole

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 47 di 239

certezza sul loro andamento, mentre se si tratta di una interpretazione tale tratto va segnato con linea tratteggiata e affiancato da punto interrogativo.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE DISCONTINUITA'

Nella Relazione Geotecnica-Geomeccanica dovrà essere contenuta una rappresentazione grafica di tutte le discontinuità rilevate mediante proiezione polare equiarea, aree di isodensità delle direzioni, consentendo così il riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità.

RAPPRESENTAZIONE CICLOGRAFICA DELLE DISCONTINUITA'

Nella Relazione Geotecnica e Geomeccanica dovrà essere contenuta anche una rappresentazione ciclografica mediante poli e grandi cerchi dell'orientazione delle famiglie di discontinuità e del fronte rilevato (in caso di gallerie o altri scavi) o delle pareti di versante.

RELAZIONE DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La relazione deve contenere tutti i risultati dello studio della risposta sismica locale, presentando sia i parametri di input che di output. In particolare dovranno essere motivati e rappresentati, sia in formato grafico che tabellare, i parametri di input di seguito elencati, in conformità alle indicazioni riportate nella Sezione 3 "Geologia" del Manuale di Progettazione di RFI (Paragrafo 3.9.2):

- definizione scelta progettuale (V_n , C_u , Stati Limite) ed ubicazione del sito;
- determinazione dell'accelerazione massima di riferimento;
- parametri di disaggregazione;
- modalità di estrazione degli input sismici e loro rappresentazione;
- indicazione del codice utilizzato e del fattore di scala medio finale;
- indicazione della sismostratigrafia utilizzata nell'analisi (vs, spessori, densità e tipologia materiali);
- indicazione del tipo di software e certificazione del grado di qualità in output dell'analisi con l'indicazione dell'errore residuo;

Dovranno essere forniti i seguenti parametri di output rappresentati sia in formato grafico che tabellare:

- distribuzione con la profondità dei valori massimi di accelerazione;
- deformazione tangenziale e tensione tangenziale;
- distribuzione con la profondità del modulo di rigidezza a taglio e del rapporto di smorzamento mobilitato;
- storie temporali di accelerazione;
- velocità e spostamento calcolate a piano campagna;
- spettri elastici di risposta in accelerazione e spostamento calcolati a piano campagna.

Sarà inoltre necessario fornire gli spettri di risposta elastici per tutti gli stati limite (SLO,SLD,SLV,SLC), rappresentando lo spettro di input ed il confronto con l'approccio semplificato di normativa, e gli spettri normalizzati.

SCHEDE TECNICHE

Le schede tecniche dei rilievi e delle misurazioni puntuali eseguite in sito dovranno essere raccolte in uno specifico elaborato, oppure nelle relative relazioni tematiche, e comprenderanno:

- Schede tecniche dei terreni e degli ammassi rocciosi riportanti i dati desunti da prove di laboratorio o da misure geostrutturali su punti o aree campione, la cui redazione dovrà essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie;
- Schede tecniche del rilievo geostutturale: le schede devono essere redatta per ciascuna stazione, con le indicazioni dei dati rilevati e le classificazioni geomeccaniche secondo indicazione delle Ferrovie;
- Schede dei punti d'acqua: schede di tutti i punti d'acqua censiti, pozzi, sorgenti, ecc., con indicazione dell'ubicazione cartografica e delle coordinate GPS.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 48 di 239

SCHEDA BIBLIOGRAFICHE

Le schede degli elaborati bibliografici utilizzati per la redazione delle Relazioni e della cartografia geologica e tematica dovranno essere raccolte in un elaborato specifico oppure all'interno della Relazione Geologica.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Documentazione fotografica dei punti di misura o di prelievo in campagna, dei punti d'acqua o del fronte rilevato, con i necessari riferimenti descrittivi per l'univoca correlazione alle relative schede tecniche, dovranno essere raccolte in uno specifico elaborato oppure all'interno delle relazioni tematiche.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1977). Suggested Methods for Petrographic Description of Rocks
- ISRM (1978). Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses
- ISRM (1981). Basic Geotechnical Description of Rock Masses
- A.F.T.E.S. (1992). Text of recommendations for a description of rock masses useful for examining the stability of underground works
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968). Codice italiano di nomenclatura stratigrafica
- Servizio Geologico Nazionale (1993). Guida al rilevamento della carta geologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale (1994). Linee guida per il rilevamento della carta geomorfologica d'Italia in scala 1:50000
- Servizio Geologico Nazionale (1995). Guida al rilevamento e alla rappresentazione della carta idrogeologica d'Italia in scala 1:50.000
- Servizio Geologico Nazionale (1995). Guida alla rappresentazione cartografica della carta geologica d'Italia in scala 1:50.000
- Dlgs n° 163 del 12/04/2006 e s.m.i.
- DPR n° 207 del 05/10/2010
- Norme Tecniche per le Costruzioni - DM del 14/01/2008
- Circolare NTC n°617 del 2/02/2009
- Raccomandazioni AGI del 1994 (raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio)
- Raccomandazioni AGI del 1977 (raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche)
- D.M. 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione"
- Circolare n° 30483 del 1988 "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità ..."

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 49 di 239

3.5.7 GEOMORFOLOGIA COSTIERA E FLUVIALE

3.5.7.1 Rilievo batimetrico per profili della spiaggia sommersa e per sezioni trasversali dell'alveo fluviale.

Il rilievo batimetrico di norma si esegue per definire e controllare nel tempo e nello spazio le modifiche dell'assetto morfologico del fondo marino in prossimità della costa o del fondo alveo di una asta fluviale in corrispondenza di opere di attraversamento.

A. Attrezzatura

In funzione del tipo di rilievo adottato dovrà essere disponibile, di norma, la seguente attrezzatura:

- ecoscandaglio ad alta risoluzione, a registrazione continua su carta e/o su supporto digitale, frequenza 200 Khz, trasduttore a fascio conico di circa 9° ed accuratezza di circa ± 3 cm in 20 m di profondità;
- sistema satellitare differenziale con tecnologia Real Time Kinematics (DGPS-RTK); con accuratezza dinamica migliore di 2 cm, completo di ponte radio, computer palmare per acquisizione dati GIS e software di post processing;
- software di navigazione collegato sia al GPS differenziale sia all'ecoscandaglio per l'acquisizione contemporanea delle informazioni di posizione GPS e di quelle di profondità dell'ecoscandaglio;
- stazione topografica integrale, con teodolite che consenta una precisione angolare non superiore ai due secondi centesimali e distanziometro elettronico di precisione non inferiore a ± 3 mm + 2 ppm (parti per milione);
- radio per comunicazioni;
- asta centimetrata munita di piastra di fondo;
- cavi in materiale inestensibile graduato al decimetro;
- cavi di ancoraggio;
- battello/natante.

B. Modalità esecutive

Le tecniche di rilievo applicabili, in funzione delle condizioni operative dei siti di indagine, sono sostanzialmente di due tipi: 1) rilievo con ecoscandaglio; 2) rilievo con asta graduata.

B.1. Rilievo con ecoscandaglio

Il rilievo con ecoscandaglio, di norma, si adotta in corrispondenza di sezioni e profili agibili soltanto con imbarcazione.

L'ecoscandaglio deve essere installato su un battello attrezzato allo scopo e munito di radio ricetrasmittente con portata idonea al collegamento con gli operatori a terra e tutto quanto occorre per l'effettuazione di misure di profondità con l'approssimazione di più o meno 10 centimetri.

Prima di procedere ai rilievi, l'ecoscandaglio dovrà essere calibrato, posizionando a diverse profondità un "target" artificiale e ricavando i parametri corretti di immersione del trasduttore e di velocità del suono in acqua; nello scandaglio dovranno essere inseriti i valori dell'immersione del trasduttore e della velocità del suono che sono presi in considerazione nella registrazione su carta e nei dati in uscita.

Le coordinate planimetriche dei punti rilevati dovranno essere rilevate con sistema GPS-RTK oppure con misure distanziometriche eseguite con geodimetro elettronico che consenta la lettura di distanze al millimetro, stazionato sul picchetto di riferimento a terra e collegate in tempo reale all'ecoscandaglio mediante un programma idrografico su personal computer.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 50 di 239

Il rilievo batimetrico del fondale marino sarà eseguito lungo profili, ubicati e definiti preventivamente dalle Ferrovie, di norma disposti perpendicolarmente alla linea di spiaggia e spinti fino all'isobata 20 m se la costa è bassa, fino all'isobata 30 se la costa è alta e comunque non oltre i 500 m dalla linea di costa.

Nelle sezioni di aste fluviali il rilievo batimetrico sarà eseguito lungo allineamenti trasversali al corso d'acqua, isolati o multipli. L'interdistanza tra le diverse sezioni dovrà essere concordata e preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

Per ogni sezione/profilo si dovrà:

- effettuare la misura del livello idrico con livellazioni di precisione rispetto ad un punto noto sulla terraferma, all'inizio e alla fine delle operazioni, con annotamento della data e dell'ora di misurazione;
- eseguire almeno una fotografia delle operazioni di misura nella quale possibilmente siano visibili punti di riferimento;
- determinare le coordinate plano-altimetriche dei punti estremi, che dovranno essere raccordati ai picchetti della corrispondente sezione topografica;
- effettuare il rilievo dei punti con ecoscandaglio, con densità da concordare con le Ferrovie;
- eseguire i necessari calcoli;
- effettuare la restituzione delle coordinate (progressive e quote) sotto forma di tabella Excel;
- effettuare restituzione grafica e disegno a scala adeguata secondo quanto stabilito dalle Ferrovie.

Nel caso di rilievo GPS-RTK si dovrà materializzare un terzo punto, possibilmente a squadra, con distanza adeguata per la calibrazione del GPS in doppia frequenza con metodologia RTK. Dovranno essere forniti i valori dei residui plano-altimetrici della calibrazione.

Dovrà essere inoltre consegnata copia del piano quotato risultante dal rilievo batimetrico (sia su carta che su supporto informatico in formato DXF).

B.2. Rilievo con asta graduata

Il rilievo con asta graduata viene adottato di norma in quelle sezioni di aste fluviali che risultano agibili a guado.

La modalità esecutiva è la seguente:

- tesatura di un cavo in dacron o altro materiale inestensibile, graduato al decimetro, nelle sezioni trasversali all'asta fluviale;
- rilievo delle profondità mediante asta centimetrata in corrispondenza delle progressive individuate nel cavo graduato;
- misura del livello idrometrico ad inizio e fine, con eventuali infittimenti intermedi in caso di variazione;
- verifica della larghezza della sezione bagnata mediante strumento topografico, compensando in base a questo riscontro le distanze progressive rilevate sul cavo graduato.

I punti estremi della sezione dovranno essere rilevati plano-altimetricamente secondo le modalità sopra riportate.

Tutti i profili batimetrici dovranno essere proseguiti a terra con un rilievo celerimetrico di dettaglio in modo da realizzare un profilo unico.

La rilevazione dei punti dovrà comprendere: l'acquisizione, l'elaborazione, l'interpretazione e la restituzione grafica dei dati ed il rilievo plano-altimetrico dei punti estremi di riferimento.

Nel caso dei rilievi lungo assi-fluviali interessate da opere di attraversamento, dovranno essere eseguiti i rilievi dei punti geometrici salienti dell'opera d'arte e, se richiesto dalle Ferrovie, le sezioni d'alveo in corrispondenza dell'opera d'arte stessa.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 51 di 239

Documenti da consegnare.

Al completamento dello studio dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Relazione generale e d'interpretazione dei rilievi;
- b) Planimetria con l'ubicazione dei profili e/o delle sezioni rilevate, in scala da concordare con le Ferrovie;
- c) Profili batimetrici-celerimetrici, in scala da concordare con le Ferrovie;
- d) Strisciata di registrazione dell'ecoscandaglio;
- e) Carta delle isobate in scala da concordare con le Ferrovie;
- f) Carta della poligonale di collegamento dei punti estremi e di riferimento con l'indicazione delle relative coordinate e dell'azimut;
- g) Libretti di campagna in originale con il dettaglio di tutti i punti rilevati.

3.5.8 RILIEVI AEREOFOTOGRAMMETRICI CON SISTEMI A PILOTAGGIO REMOTO

3.5.8.1 Rilievi aereofotogrammetrico ottico RGB e termico IR da S.A.P.R.(Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto).

L'indagine aereofotogrammetrica attraverso riprese ottiche RGB (*Red-Green-Blue*) e termiche ad infrarosso (IR), eseguito attraverso sistemi A.P.R. (multicottero), consente il rilievo termico e topografico di porzioni di territorio per l'analisi di fenomeni di dissesto idrogeologico.

A. Strumentazione

Il sistema A.P.R. dovrà essere in grado di sostenere il peso della doppia sensoristica (camera RGB dotata di zoom ottico, montata in parallelo alla camera termica IR) garantendo la necessaria stabilità del mezzo sia per la corretta esecuzione dei rilievi sia per la sicurezza dell'infrastruttura ferroviaria. A tal fine l'aeromobile dovrà essere dotato di:

- almeno sei motori;
- ridondanza delle comunicazioni del link radio;
- ridondanza della centrale operativa di controllo;
- doppia batteria.

L'aeromobile a pilotaggio remoto dovrà essere, inoltre, dotato di sensori di navigazione e posizionamento, GPS e GLONASS, e dovrà garantire una autonomia di volo di almeno 20 minuti.

Il sistema A.P.R. dovrà essere dotato di sistemi in grado di definire, in anticipo rispetto alla missione, le modalità di rientro in caso di emergenza, nonché essere dotato di idonee protezioni delle eliche o garantire il blocco di sicurezza delle eliche stesse in caso di contatto con oggetti solidi.

Per maggiore sicurezza, in caso di mancato link tra il pilota e il sistema A.P.R., il velivolo dovrà essere dotato di comando separato per il rientro in caso di emergenza.

Inoltre, al fine di garantire la massima produttività durante le interruzioni del traffico ferroviario, il tempo di approntamento in campo al volo del mezzo dovrà essere inferiore ai dieci minuti.

Il sistema A.P.R. che effettuerà i rilievi dovrà essere equipaggiato con la doppia sensoristica:

- camera ottica RGB con una risoluzione minima di almeno 12 Megapixel;
- Camera termica a infrarossi con obiettivo 19 mm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 52 di 239

B. Modalità esecutive ed elaborazione dei dati

In merito alle misure di sicurezza da adottare per tutte le attività di volo, queste dovranno essere eseguite in conformità a quanto indicato nel regolamento ENAC “Mezzi aerei a pilotaggio remoto”, con particolare riferimento ai commi 4 e 5, dell’art. 10 “*Operazioni critiche*”, inerenti ai sistemi di sicurezza e terminazione del volo.

L’area oggetto di studio dovrà essere preliminarmente elaborata tramite un software dedicato alla pianificazione del piano di volo, che verrà poi eseguito in autonomia dall’A.P.R., al fine di garantire la completa copertura della superficie da investigare. Questa fase preparatoria garantirà, inoltre, che gli scatti fotografici RGB e termici, eseguiti in modo indipendente dall’attrezzatura di bordo, acquisiscano i fotogrammi coprendo l’intera area con un adeguato grado di sovrapposizione (overlap), in funzione delle caratteristiche del rilievo e dell’area da rilevare.

Le immagini RGB acquisite saranno georeferenziare attraverso opportuni target posizionati al suolo e misurati con strumentazione GPS in modalità RTK, per garantire un adeguato grado di accuratezza. L’elaborazione dei dati acquisiti verrà effettuata attraverso software dedicati.

C. Documenti da consegnare

Dall’acquisizione delle immagini aeree saranno forniti i seguenti prodotti raw:

- immagini aeree RGB (spettro visibile) georeferenziate;
- immagini aeree termografiche (spettro infrarosso) georeferenziate.

Per quanto concerne l’elaborazione fotogrammetrica delle immagini acquisite in RGB, verranno forniti i seguenti elaborati:

- ortofoto georeferenziata ad alta risoluzione delle aree investigate;
- “point clouds” ad alta risoluzione;
- modello digitale della superficie DSM e DTM.

Dall’elaborazione delle immagini termiche saranno forniti i seguenti elaborati:

- orto-mosaico georeferenziato delle immagini termiche nel campo dell’infrarosso con adeguata scala termica.

Verrà quindi restituita una relazione conclusiva in cui saranno evidenziate le anomalie termiche in relazione a elementi geomorfologici e topografici riconducibili a fenomeni di dissesto idrogeologico nonché tutte le informazioni tecniche relative alle fasi di acquisizione ed elaborazione dei rilievi.

Riferimenti normativi

I voli dovranno essere eseguiti secondo le normative ENAC vigenti.

Riferimenti normativi:

- Regolamento ENAC - Mezzi aerei a pilotaggio remoto
- Regolamento (UE) 2018/1139 - recante norme comuni nel settore dell'aviazione civile, che istituisce un'Agenzia dell'Unione europea per la sicurezza aerea e che modifica i regolamenti (CE) n. 2111/2005, (CE) n. 1008/2008, (UE) n. 996/2010, (UE) n. 376/2014 e le direttive 2014/30/UE e 2014/53/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, e abroga i regolamenti (CE) n. 552/2004 e (CE) n. 216/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio e il regolamento (CEE) n. 3922/91 del Consiglio

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 53 di 239

3.6 PROSPEZIONI GEOFISICHE

La prospezione geofisica è una tecnica di indagine non distruttiva del sottosuolo, che consiste nella misurazione, tramite strumentazione specifica di alcune proprietà fisiche del terreno che possono rivelarne la struttura, la presenza di oggetti sepolti ecc.. Si differenziano in due grandi categorie: indagini passive e indagini attive; le prime si effettuano tramite delle apposite strumentazioni che rilevano eventuali anomalie rispetto all'ambiente circostante; le seconde tramite l'attivazione nel sottosuolo di diverse forme di energia che permettono di studiarne le caratteristiche.

3.6.1 GEOELETTRICA

3.6.1.1 Sondaggi geoelettrici verticali.

La metodologia consiste nell'immettere nel terreno una corrente elettrica attraverso due elettrodi di corrente AB esterni misurando la differenza di potenziale risultante in due elettrodi interni di tensione MN. La prospezione mette in evidenza i contrasti di resistività su una medesima verticale in funzione delle caratteristiche fisiche dei materiali incontrati quali ad esempio la porosità, la saturazione in fase fluida, la presenza di minerali disciolti ecc..

A. Strumentazione

La strumentazione da utilizzare di potenza adeguata in relazione alle misure eseguibili sui massimi stendimenti previsti, dovrà avere caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili. In particolare l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- georesistivimetro analogico e/o digitale con impedenza di ingresso minima pari a 10 megaohm, sensibilità almeno 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; lo strumento utilizzato per la misura dell'intensità di corrente dovrà avere sensibilità di almeno 0,1 milliampere e scala $1\text{mA} \div 2\text{ A}$;
- generatore di potenza costituito da gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari (preferibilmente fino a 32) ad alto isolamento, con specifica guaina di protezione esistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio, in rame e impolarizzabili; in particolare gli elettrodi di tensione M ed N dovranno essere in rame e, in terreni particolarmente secchi, dovranno essere immersi in una soluzione satura di solfato di rame (sensori impolarizzabili);
- radio ricetrasmittenti e/o telefoni per il collegamento in linea.

B. Modalità esecutive

Per ciascun sondaggio elettrico verticale (SEV) dovrà essere effettuata preliminarmente una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico.

La prospezione avverrà secondo il dispositivo Schlumberger, Wenner Polo-Dipolo ecc. partendo da una distanza tra gli elettrodi esterni di corrente AB pari a 4 volte la distanza tra gli elettrodi interni MN di tensione, si allontaneranno progressivamente gli elettrodi AB fino a distanza tra gli stessi dell'ordine di 20÷40 MN, effettuando una misurazione per ogni spostamento; quindi si sposteranno anche gli elettrodi MN e si riprenderà un'altra serie di misure sugli elettrodi AB con le medesime modalità; le due ultime misure di ogni serie verranno ripetute anche con gli elettrodi MN allargati per la serie successiva (embrayage su due punti $AB/2$).

La successione delle distanze tra gli elettrodi AB da adottare per ciascun sondaggio (iniziando con $AB/2 = 2$ metri) dovrà essere regolare e consentire l'acquisizione di almeno 8-9 punti di misura per ogni decade logaritmica.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 54 di 239

La massima apertura degli elettrodi di corrente sarà determinata in funzione della profondità di indagine, considerando la necessità di avere un rapporto tra profondità e apertura degli elettrodi pari a 1/5. In terreni elettricamente conduttivi sarà buona norma considerare rapporti più sfavorevoli (1/6 – 1/8).

Per stendimenti elettrodi più lunghi e comunque in condizioni di scarso rapporto segnale-disturbo dovrà essere previsto uno stacking automatico dei dati in modo tale da garantire una acquisizione del segnale con sensibilità di 10 microvolt.

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore. La durata del periodo di registrazione deve essere tale da permettere di valutare, senza incertezze, il valore della differenza di potenziale ΔV .

Dopo ogni misura e prima di quella successiva, dovrà essere effettuato sul terreno il calcolo della resistività apparente ed il tracciato della curva dovrà essere riportato su opportuni diagrammi in scala bilogarithmica.

Nel caso fossero disponibili risultati di sondaggi meccanici questi dovranno essere presi a riferimento per la taratura delle indagini geoelettriche.

L'ubicazione degli stendimenti, la distanza interelettrodica, funzione della profondità esplorabile, e la frequenza delle misure dovranno essere preventivamente autorizzate dalle Ferrovie.

L'interpretazione delle curve di campagna dovrà essere eseguita per mezzo di adeguati programmi di elaborazione in grado di restituire:

- l'elettrostratigrafia del sottosuolo in termini di spessori e di resistività reale dei singoli elettrostrati;
- la determinazione dello scarto quadratico medio tra i dati sperimentali e i dati calcolati dal modello di resistività;
- I limiti di equivalenza della soluzione.

Documenti da consegnare.

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, analisi delle metodologie adottate per il raffronto tra curve teoriche e curve di campagna, con commento dei risultati finali ottenuti;
- b) Rappresentazione plano-altimetrica degli stendimenti eseguiti con indicazione della posizione di sondaggi di taratura eventualmente effettuati;
- c) Diagrammi di resistività di tutti i S.E.V. eseguiti;
- d) Sezioni elettriche interpretative, in scala appropriata alla necessità di rappresentazione dei dettagli rilevati, recante l'indicazione dei valori di resistività dei vari livelli interessati;
- e) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6.1.2 Prospezione geofisica con il metodo elettrico per l'esecuzione di profili di resistività

La prospezione consiste nel progressivo spostamento lungo una linea definita (o secondo una maglia – in questo caso si parlerà più opportunamente di mappe di resistività) di un quadripolo AMNB, con distanza tra gli elettrodi mantenuta fissa, misurando di volta in volta la resistività dei terreni attraversati.

La prospezione si esegue per determinare contrasti lineari o laterali di resistività dei terreni indagati, corrispondenti a variazioni di materiali o di altre caratteristiche fisiche quali ad esempio la porosità, la saturazione in fase fluida, la presenza di minerali disciolti ecc..

A. Strumentazione

La strumentazione utilizzata dovrà essere di caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili e di potenza adeguata in relazione alle misure eseguibili sui massimi stendimenti previsti.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 55 di 239

In particolare l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- georesistivimetro analogico e/o digitale con impedenza di ingresso minima pari a 10 megaohm, sensibilità di almeno 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; lo strumento utilizzato per la misura dell'intensità di corrente dovrà avere sensibilità di almeno 0,1 milliampere e scala $1\text{mA} \div 2\text{A}$;
- generatore di potenza costituito da gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari (preferibilmente fino a 32 conduttori) ad alto isolamento, con specifica guaina di protezione resistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio, in rame e impolarizzabili; in particolare gli elettrodi di tensione M ed N dovranno essere in rame e, in terreni particolarmente secchi, dovranno essere immersi in una soluzione satura di solfato di rame (elettrodi impolarizzabili);
- radio ricetrasmittenti e/o telefoni per il collegamento in linea.

B. Modalità esecutive

Si potranno utilizzare indifferentemente dispositivi elettrodi di Wenner, di Schlumberger, polo-polo, polo-dipolo dipolo-dipolo e in contesti particolari si potranno utilizzare configurazioni elettrode di dipolo-dipolo.

La configurazione del quadripolo dovrà essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

Preliminarmente all'esecuzione della campagna di prospezione geoelettrica dovrà essere effettuata una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico.

La distanza interelettrode, funzione della profondità esplorata, e la frequenza delle misure dovranno essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore; in condizioni di scarso rapporto segnale-disturbo dovrà essere previsto uno stacking automatico dei dati in modo tale da garantire una acquisizione del segnale con sensibilità di 10 microvolt. La durata del periodo di registrazione dovrà essere tale da permettere di valutare, senza incertezze, il valore della differenza di potenziale ΔV .

La determinazione della distanza interelettrode sarà determinata sulla base di alcuni sondaggi elettrici verticali. Fissata questa si effettueranno le misure di resistività spostando ogni volta sui punti prestabiliti il quadripolo mantenendo costante la distanza interelettrode.

Documenti da consegnare.

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, con commento e interpretazione dei dati acquisiti e delle anomalie riscontrate eventualmente tarate sulla base di sondaggi;
- b) Carta con l'ubicazione planimetrica dei punti di misura e dei sondaggi di taratura eventualmente eseguiti;
- c) Profili di resistività in scala adeguata all'estensione dell'indagine e ai dettagli riscontrati;
- d) Carta di resistività in scala adeguata;
- e) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6.1.3 Prospezione geofisica con il metodo elettrico, con metodologia tomografica

La prospezione geofisica consiste nel progressivo spostamento lungo una linea definita (o secondo una maglia) di un quadripolo AMNB, misurando di volta in volta la resistività dei terreni attraversati.

La prova dovrà essere adatta a determinare contrasti lineari o laterali di resistività, corrispondenti a variazioni di materiali o di altre caratteristiche fisiche (densità, zone d'acqua ecc.).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 56 di 239

La metodologia tomografica consiste nell'assegnare una determinata posizione ad uno dei due poli e nell'allontanare l'altro progressivamente, lungo il profilo, per quantità lineari fisse.

Il risultato sarà la misura della resistività apparente dei punti di intersezione delle linee a 45° originate dai centri dei due dipoli (dispositivo dipolo-dipolo) .

L'elaborazione tomografica consisterà nel tracciamento di isolinee di resistività con fasce cromatiche differenziate (pseudosezioni di resistività), interpretando con appositi programmi di calcolo la sezione di resistività reale del sottosuolo a partire dalla distribuzione di resistività apparente.

A. Strumentazione

La strumentazione utilizzata, di potenza adeguata in relazione alle misure da eseguire sui massimi stendimenti previsti, dovrà avere caratteristiche tali da permettere l'ottenimento dei migliori risultati possibili.

In particolare l'attrezzatura minima dovrà comprendere:

- un dispositivo multielettrodo con almeno 32 elettrodi e una unità di acquisizione dati caratterizzata da un georesistivimetro digitale con impedenza di ingresso minima di 10 megaohm, sensibilità almeno di 0,1 millivolt, circuito di compensazione dei potenziali spontanei; possibilmente lo strumento dovrà controllare l'erogazione di corrente con accuratezza nella misura dell'intensità di corrente inferiore al 1 % del valore immesso, il georesistivimetro dovrà eseguire ripetuti cicli di misura memorizzando resistività, differenza di potenziale, intensità e deviazione standard;
- generatore di potenza costituito da un gruppo elettrogeno con raddrizzatore di potenza adeguata o con batterie a secco anch'esse di tensione e potenza adeguata;
- cavi elettrici multipolari ad alto isolamento con guaina specifica di protezione resistente alle azioni di trazione e abrasione;
- elettrodi in acciaio o rame del tipo "smart electrodes", dotati di una elettronica interna che ne consenta l'utilizzo sia come elettrodi di corrente che di potenziale;
- radio ricetrasmettenti e/o telefoni per collegamento in linea.

B. Modalità esecutive

Il metodo geoelettrico si basa sulla misura tra due elettrodi (detti convenzionalmente MN) della differenza di potenziale ΔV connessa alla distribuzione nel sottosuolo di una corrente elettrica I immessa in una diversa coppia di elettrodi, detti AB.

Si otterrà quindi un valore di resistività apparente pari a:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

che è funzione, oltre che della posizione reciproca dei 4 elettrodi anzidetti (dipendenza contenuta nel parametro K , detto fattore geometrico), della distribuzione della resistività elettrica delle rocce nel sottosuolo interessato dalla propagazione della corrente I .

I dati così acquisiti devono essere "interpretati" per ottenere, dall'insieme dei valori di ρ_a (resistività apparente), un modello dell'effettiva distribuzione delle resistività elettriche reali nel sottosuolo indagato. Da questa distribuzione, con opportune tarature e/o in base alle conoscenze geologiche del sottosuolo, il modello geofisico viene trasformato in modello geo-litologico.

Si potranno utilizzare indifferentemente dispositivi elettrodoici di Wenner o di Schlumberger (Figura 3.6.1.3-1) o in casi particolari dispositivi dipolo-dipolo e polo-dipolo.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 57 di 239

Nel dispositivo Wenner (Figura 3.6.1.3-1, a)) lo spazio tra gli elettrodi è costante: $AM = MN = NB = a$. Per cui il fattore geometrico K è dato da: $K = 2a\pi$. Lo schema di misura di una tomografia elettrica effettuata con il dispositivo Wenner prevede, l'esecuzione di misure effettuate traslando i quattro elettrodi e mantenendo la spaziatura "a" costante. Quando sono terminate le misure su tutti i picchetti si riparte dall'inizio portando la spaziatura ad un valore $2a$ nella seconda serie, a $3a$ nella terza e così via, fino ad aver effettuato tutte le misure possibili. Più si allarga la spaziatura a più si indagano porzioni profonde di terreno.

Lo stendimento Wenner ha una maggiore sensibilità nella porzione di terreno che si trova tra gli elettrodi AM ed NB. C'è una maggior sensibilità alle variazioni verticali di resistività e minore per quanto riguarda le variazioni orizzontali. Se confrontato con gli altri stendimenti, il Wenner ha una profondità di indagine minore, ma una maggiore intensità di segnale e risulta di più facile interpretazione.

Nel dispositivo Schlumberger (Figura 3.6.1.3-1, b)) lo spazio tra gli elettrodi di potenziale è costante, mentre varia la distanza tra gli elettrodi di corrente ($C1$ e $C2$ dello schema sottostante). Tale metodo risente maggiormente dei disturbi elettrici del terreno ma consente di raggiungere profondità superiori rispetto alla configurazione di Wenner. In accoppiamento con il metodo Wenner (acquisizione simultanea) consente di ottenere risultati ottimali per stabilità di misura e profondità di indagine.

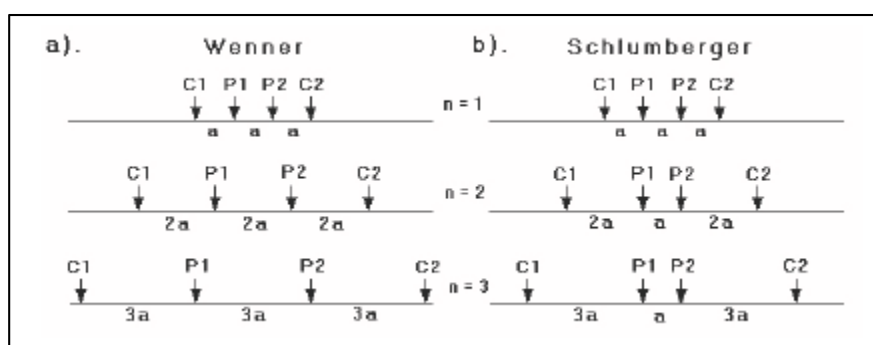


Figura 3.6.1.3-1

Nel dispositivo Dipolo-Dipolo i due elettrodi di corrente hanno spaziatura costante ($C1$ e $C2$) e sono esterni agli elettrodi di potenziale ($P1$ e $P2$). Il dispositivo dipolo-dipolo consente di raggiungere profondità superiori al dispositivo Schlumberger, con maggior densità di quadripoli di misura.

Tuttavia, per piccole spaziature, il metodo può risentire di forti disturbi per la vicinanza degli elettrodi di corrente (polarizzazione degli elettrodi).

Esistono numerose altre configurazioni (Figura 3.6.1.3-2) con posizionamento di elettrodi di corrente esterni alla configurazione multipolare e possono essere utili per il raggiungimento di profondità superiori alle configurazioni convenzionali.

Preliminarmente all'esecuzione della campagna di prospezione geoelettrica dovrà essere effettuata una prova di isolamento dei cavi del circuito elettrico.

La lettura agli elettrodi di tensione dovrà essere sufficientemente elevata in rapporto al rumore di fondo; in condizioni di scarso rapporto segnale/disturbo dovrà essere previsto uno stacking automatico dei dati in modo tale da garantire una acquisizione del segnale con sensibilità di 10 microvolt.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 58 di 239

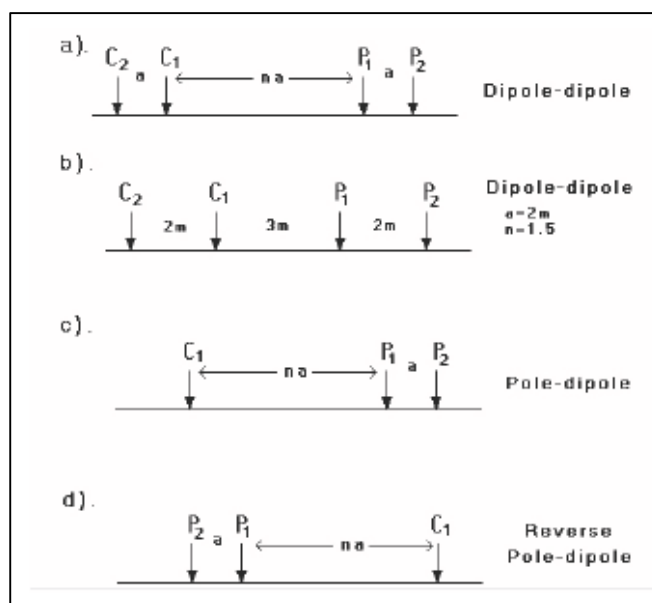


Figura 3.6.1.3-2

La durata del periodo di registrazione dovrà essere tale da permettere la valutazione, senza incertezze, del valore della differenza di potenziale (ΔV).

La distanza interelettroda sarà definita sulla base delle profondità da raggiungere e delle dimensioni dell'obiettivo di indagine e dovrà comunque essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

Per incrementare il dettaglio della misura ed ottenere il ricoprimento tra due linee contigue si farà ricorso a tecniche di sovrapposizione di linee consecutive (roll-along) mediante spostamenti successivi con passo regolare di una porzione ($1/3$ o $1/4$) dello stendimento iniziale.

Per la definizione delle modalità esecutive più corrette della prospezione potranno essere eseguiti alcuni sondaggi elettrici verticali per la taratura delle caratteristiche geoelettriche del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati dovrà permettere:

- la ricostruzione di "pseudosezioni" di resistività mediante l'impiego di software di contouring;
- il calcolo dei valori di resistività vera tramite inversione bidimensionale e lo sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo; il software di inversione dovrà essere in grado di applicare l'eventuale correzione topografica.

Documenti da consegnare:

- Relazione conclusiva contenente la descrizione della strumentazione impiegata, delle operazioni eseguite, con commento ed interpretazione dei dati acquisiti e delle anomalie riscontrate eventualmente tarate sulla base di sondaggi meccanici o altre prove geofisiche eseguite;
- Carta con l'ubicazione planimetrica dei punti di misura, delle linee e degli eventuali sondaggi di taratura eseguiti, in scala da concordare con le Ferrovie;
- Tabelle con i valori di voltaggio, corrente, deviazione standard e resistività apparente per ogni singola misura;
- Pseudosezioni di resistività in scala adeguata, con i punti di misura, scala cromatica di riferimento (ohm-m) e relativa legenda orizzontale interpretativa contenente i valori della resistività;
- Risultati dell'inversione e modellizzazione dei dati unitamente al completo database utilizzato per la valutazione geoelettrica ed il calcolo della distribuzione della resistività;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 59 di 239

f) Copia dei libretti di campagna originali.

3.6 1.4 Carotaggio geofisico con il metodo elettrico in foro di sondaggio

La prova viene eseguita con idonea attrezzatura all'interno di fori di sondaggio non rivestiti riempiti di fluido elettricamente conduttivo (acqua o fango), onde poter ottenere un log di resistività lungo una verticale corrispondente all'immediato intorno del foro di sondaggio.

A. Strumentazione

La strumentazione è costituita essenzialmente da una sorgente elettrica, un amperometro, un voltmetro e 4 elettrodi di cui due (A e B) di corrente e due (M e N) di tensione.

B. Modalità esecutive

La necessità di avere il foro di sondaggio non rivestito impone cautele particolari in fase di esecuzione e nella scelta del liquido di circolazione e di sostentamento delle pareti del foro stesso.

La corrente viene generata tra l'elettrodo B e l'elettrodo A mentre tra gli elettrodi M e N si misura la tensione risultante. A seconda della distanza tra gli elettrodi A e M si possono avere diverse configurazioni:

- normale-corta (distanza A-M=16" pari a 0,41 m);
- normale-lunga (distanza A-M=64" pari a 1,62 m);
- laterale (distanza A-M=18'8" pari a 5,70 m).

Nelle configurazioni di tipo "normale" i due elettrodi B e N saranno posizionati in prossimità della bocca foro oppure all'interno del foro a lunga distanza tra di loro. La fascia di terreno all'intorno del foro interessata dalla prospezione è pari a circa due volte la distanza A-M ed è inversamente proporzionale al diametro del foro.

Nella configurazione di tipo "laterale" gli elettrodi M e N sono all'interno del foro ad una distanza di 81 cm ed il loro baricentro è posto a distanza di 5,70 m dall'elettrodo di corrente più vicino. La profondità di indagine all'intorno del foro è praticamente pari alla distanza A-M.

La distanza tra gli elettrodi e la configurazione di lavoro, dovrà essere preventivamente approvata dalle Ferrovie.

Le letture dei valori di resistività lungo il foro dovranno essere continue.

La configurazione normale-corta permette l'evidenziazione anche di sottili livelli conduttori intercalati ed in genere definisce la resistività nell'immediato intorno delle pareti del foro in un'area influenzata dalla presenza del fluido nel foro stesso.

La configurazione normale-lunga misura una resistività intermedia che teoricamente permette il calcolo della resistività della fascia influenzata dal fluido nel foro e la stima della resistività del terreno naturale.

La configurazione laterale permette, in presenza di orizzonti omogenei, di misurare la reale resistività del terreno.

Di norma è consigliabile, quindi, eseguire il carotaggio elettrico utilizzando almeno due configurazioni, accoppiando due tipologie d'indagine, ad esempio: normale-corta e laterale o normale-lunga e laterale.

Documenti da consegnare.

- Relazione illustrativa dell'attrezzatura e della metodologia adottata con una nota di commento e di interpretazione dei risultati ottenuti;
- Diagrafia del carotaggio effettuato;
- Copia dei libretti di campagna originali.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 60 di 239

3.6.2 GEOGRAVIMETRIA

3.6.2.1 Prospezione geo-gravimetrica

La gravimetria è una metodologia di indagine geofisica che misura l'entità di variazione dell'accelerazione di gravità da un punto all'altro dovuta a variazioni laterali di densità nel sottosuolo. I valori ottenuti sono funzione della densità e quindi della natura dei materiali ma anche del grado di fratturazione, compattezza, ecc.

A. Strumentazione

Per l'esecuzione della prospezione geo-gravimetrica l'attrezzatura minima da utilizzare è:

- gravimetro astatico (tipo Lacoste&Romberg Modello D), ad alta precisione, con un campo di lettura di almeno 200 mGal e con una sensibilità dell'ordine di 1 µgal;
- strumenti topografici (GPS, tacheometro, teodolite ecc.)

B. Modalità esecutive

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in campagna deve essere acquisita la seguente documentazione:

- cartografia di base in scala adeguata;
- monografie dei caposaldi gravimetrici della rete nazionale;
- monografie dei caposaldi topografici della rete nazionale.

Le misure gravimetriche sono di tipo relativo in quanto devono essere riferite ad una stazione base (caposaldo gravimetrico) che viene scelta all'inizio dell'indagine ed utilizzata come punto di riferimento per gli altri punti di misura oltre che per monitorare le variazioni dovute all'effetto della marea terrestre e della deriva dello strumento.

L'indagine può essere effettuata sia su punti allineati lungo direttrici lineari sia su punti disposti a maglia, in genere quadrata. L'ubicazione e la densità dei punti di misura dovranno essere definiti in funzione della profondità d'indagine e del dettaglio richiesto ed essere preventivamente approvata dalle Ferrovie.

Ogni punto, materializzato da un picchetto, verrà posizionato topograficamente (per rilievi gravimetrici di dettaglio occorre una tolleranza minima di 1÷2 cm per le quote e di 0,2 m per la posizione planimetrica) e riferito ad una poligonale di base chiusa. Una volta definita la maglia o l'allineamento dei punti di misura, si dovrà fissare la posizione ed il numero di stazioni di misura da prendere come riferimento per la correzione giornaliera della deriva strumentale.

La stazione di misura di riferimento dovrà essere rioccupata per la lettura con una frequenza da concordare preventivamente con le Ferrovie ma che, in linea generale, non dovrà essere superiore ad una lettura ogni 60÷90 minuti circa.

La deriva potrà essere accettabile per valori non superiori a 10 microgal per ora; nel caso si misuri un valore di deriva anomalo o una discrepanza superiore ai 10 microgal, l'intero rilievo compreso tra le ultime due misurazioni di deriva andrà rifatto. Nel caso di rilievi che si protraggono per più giorni, ogni giorno successivo si dovrà ripetere il rilievo sul 10% della stazioni misurate il giorno precedente.

I risultati ottenuti in campagna dovranno essere elaborati applicando le necessarie correzioni (costante di taratura dello strumento, deriva strumentale, marea lunisolare, latitudine, Faye, Bouguer, topografica, regionale) e rappresentati sia in forma tabellare sia in formato grafica (profilo, carta).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 61 di 239

Documenti da consegnare:

- Relazione conclusiva con indicazione della strumentazione impiegata e delle operazioni eseguite, con commento ed interpretazione dei risultati;
- Planimetria con l'ubicazione di dettaglio dei punti di misura in scala da concordare con le Ferrovie;
- Profilo delle anomalie gravimetriche in scala da concordare con le Ferrovie;
- Carta gravimetrica delle isoanomalie di Bouguer in scala da concordare con le Ferrovie;
- Tabelle dei dati gravimetrici di campagna;
- Tabelle dei dati topografici di campagna.

3.6.3 GEORADAR

3.6.3.1 Rilievo elettromagnetico con metodo radar

La prospezione georadar si basa sulla misura ed interpretazione dei fenomeni che subisce un'onda elettromagnetica nel momento in cui essa, attraversando un materiale con una determinata costante dielettrica relativa, incontra la superficie di un altro materiale con costante dielettrica relativa diversa da quella del mezzo in cui si sta diffondendo (scattering).

La risoluzione e la profondità di indagine sono funzione delle caratteristiche dielettriche dei mezzi attraversati, della frequenza delle onde emesse dall'antenna e della potenza del trasmettitore.

Il metodo risulta adatto per individuare forti contrasti dielettrici, ad esempio fra murature, cavità, metalli, sottoservizi, ecc., ed il terreno circostante.

A. Strumentazione

L'attrezzatura di base deve comprendere:

- una unità georadar centrale di comando, controllo ed amplificazione, in grado di operare con almeno due canali, e dotato di un registratore magnetico digitale, di un monitor e di una stampante entrambe a colori;
- antenne, dotate di amplificatore di potenza, con frequenza compresa tra 80 e 1500 MHz;
- cavo multipolare di collegamento tra l'unità georadar e l'antenna.

Dovranno essere disponibili appositi software necessari per l'analisi ed il trattamento dei segnali registrati (filtrazione, correzione, valutazione di velocità di propagazione, correlazione ecc.).

B. Modalità esecutive ed elaborazione dei dati

La prospezione si esegue spostando le antenne lungo la superficie da investigare o manualmente o per mezzo di veicoli. Il rilievo si esegue normalmente lungo profili isolati, paralleli o organizzati in maglie di dimensione idonea all'obiettivo della prospezione. L'ubicazione dei profili, la densità della maglia, il tipo e la configurazione delle antenne dovranno essere commisurati al tipo di materiale indagato, alla profondità di indagine e di dettaglio richiesto, e dovranno essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

Compatibilmente al tipo di superficie da indagare dovrà essere garantita una buona linearità del piano di lavoro, cercando preventivamente di eliminare, se possibile, asperità od oggetti metallici che possono produrre interferenze.

Nel caso di mancanza di riferimenti fissi, il rilievo dovrà essere riferito a dei punti di riferimento posizionati esternamente al profilo e/o alle maglie (tolleranza pari a 0,1 m per le quote ed a 0,2 m per la posizione planimetrica).

Preliminarmente all'esecuzione della prospezione dovrà essere indagato un breve tratto campione sul quale dovranno essere tarate le apparecchiature e saranno provate diverse configurazioni di impostazione (velocità

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 62 di 239

di passaggio, distanza sorgente-struttura, frequenza di campionamento, offset delle antenne, ecc.) per determinare la tecnica ottimale in relazione agli obiettivi dell'indagine.

La frequenza di campionamento deve essere $6 \div 10$ volte superiore alla frequenza nominale dell'antenna. L'offset (distanza) delle antenne deve essere tale che le due antenne non risultino troppo vicine con conseguente distorsione del segnale ma neanche troppo lontane da produrre una diminuzione del rapporto segnale-rumore ricevuto. Si dovranno pertanto eseguire alcune prove con offset diversi, adottando la distanza tra antenne che fornisce il migliore risultato in termini di rapporto segnale-rumore. Di norma si assume che una distanza idonea sia pari ad almeno un paio di lunghezze d'onda

La penetrazione del segnale georadar nei vari terreni dipende essenzialmente dall'assorbimento del segnale nei mezzi indagati ed, in linea generale, si osserva che a parità di frequenza, la penetrazione risulta massima in terreni poco conduttivi e che a parità di terreni, la penetrazione risulta massima alle basse frequenze.

Inoltre dovrà essere possibile adottare uno schema di rilievo con più antenne, a diversa frequenza, per investigare contemporaneamente profondità diverse e con risoluzione differente in un unico passaggio.

Le antenne possono operare in configurazione "monostatica" (la stessa antenna georadar funziona come trasmittente e ricevente tramite un commutatore) o "bistatica" (antenne differenti funzionano rispettivamente da trasmittente e da ricevente).

Le tecniche di acquisizione sono due:

- singlefold: acquisizione a copertura singola in cui si illuminano una volta sola i punti del sottosuolo; è possibile sia con antenne monostatiche che con antenne bistatiche;
- multifold: acquisizione a copertura multipla in cui i punti del sottosuolo sono illuminati sotto diverse angolazioni; è possibile soltanto con antenne bistatiche.

Si può ottenere una copertura multipla operando secondo diverse modalità: energizzando direttamente il singolo punto con offset diversi, sommando profili con offset diverso o sommando acquisizioni Wide Angle Reflection Refraction, ottenute tenendo fissa l'antenna trasmittente e spostando la ricevente, ripetendo l'operazione con spostamenti costanti della sorgente.

Una volta acquisiti i dati grezzi è necessario effettuare una preelaborazione per eliminare le componenti di disturbo geometriche e/o radiometriche attraverso operazioni di filtraggio verticale (dominio del tempo) e di filtraggio orizzontale (dominio spaziale). Successivamente i dati grezzi ripuliti saranno elaborati applicando tecniche di guadagno per contrastare l'abbassamento del segnale con la profondità, tecniche di filtraggio dirette (taglia basso, taglia, alto passa banda) per cercare di incrementare il rapporto segnale/rumore attenuando le frequenze indesiderate e tecniche di filtri F-K per migliorare la coerenza laterale del segnale mediante l'attenuazione delle onde di disturbo laterali e dirette al suolo.

La parte conclusiva dell'elaborazione consisterà nell'analisi di velocità che sulla base della corretta conoscenza dell'andamento della funzione velocità dovrà permettere di definire l'esatta profondità delle varie discontinuità.

Documenti da consegnare

- a) Relazione conclusiva con le indicazioni delle attrezzature impiegate, delle modalità esecutive dei rilievi e dei criteri di elaborazione adottati; tale relazione dovrà inoltre mettere in evidenza le caratteristiche dei materiali e la stratigrafia dei terreni investigati, il contatto terreno-struttura, la presenza di acque, fratture, cavità locali ecc.;
- b) Rappresentazione plano-altimetrica in scala adeguata dei profili eseguiti e delle anomalie riscontrate e, nel caso di indagine su muratura o su opere, l'indicazione continua degli spessori riscontrati;
- c) Radar-grammi di campagna, a diverse intensità cromatiche, con le distanze (m) in ascissa e i tempi di ascolto (ns) in ordinata;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 63 di 239

- d) Radar-grammi interpretati in funzione delle costanti dielettriche dei mezzi attraversati, con le distanze (m) in ascissa e i tempi di ascolto (ns) in ordinata e/o la profondità (m).

Riferimenti normativi:

- ASTM D 6432-99 Standard Guide for using the surface ground penetrating Radar method for subsurface investigation.

3.6.4 GEOSISMICA

3.6.4.1 Prospezione con metodo sismico a rifrazione

Il metodo di prospezione sismica a rifrazione misura la velocità di propagazione delle onde sismiche nell'ammasso roccioso mediante allineamenti isolati o consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di compressione e di taglio per ciascun stendimento.

A. Strumentazione

L'attrezzatura per l'acquisizione dei dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo con un minimo di n. 24 canali, di tipo digitale incrementale, dotato di capacità di campionamento di 0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,5 msec, mille o più punti di campionamento per traccia sismica; il sismografo dovrà, inoltre, presentare la possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 99 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita non inferiore a 16 bit.
- geofoni verticali con frequenza propria variabile tra 8-100 Hz per il rilievo delle onde di compressione;
- geofoni orizzontali con frequenza propria variabile tra 6-14 Hz per il rilievo delle onde di taglio;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time-break).
- sistema di energizzazione necessario a generare le onde sismiche, che potrà essere costituito da:
 - per onde P:
 - cariche di esplosivo (velocità di detonazione > 5000 m/sec; alta densità di carica);
 - fucile o cannoncino sismico (in genere calibro 8 con proiettili da almeno 80 gr) in grado di fornire una velocità alla bocca ≥ 400 m/sec;
 - apparato ad impatto di tipo meccanico, elettropneumatico o ad aria compressa (in grado di sviluppare almeno 1000 kgm per registrazioni a distanze superiori a 500 m);
 - per onde S:
 - massa battente (mazza da 10 kg) agente su un blocco di legno o calcestruzzo adeguatamente ancorato al terreno e posto nelle adiacenze della bocca foro. La forma del blocco deve essere tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità.

Altri dispositivi devono essere preventivamente approvati dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive ed elaborazione dei dati

Il rilievo sismico dovrà essere eseguito lungo profili rettilinei con geofoni posti ad interdistanza fissa in relazione alla profondità di indagine ed al dettaglio di rilievo richiesto da Ferrovie.

In linea generale per ogni stendimento la profondità massima raggiunta dalla prospezione sismica è funzione sia delle velocità sismiche dei singoli strati sia della lunghezza dei tiri sismici.

Indicativamente la profondità massima indagata è circa $1/4 \div 1/5$ della lunghezza dei tiri sismici e per ottenere dei risultati ottimali occorre mantenere l'obiettivo della ricerca entro i $2/3$ della profondità massima. Tale indicazione è adeguata sia per l'elaborazione sismica di tipo ordinario che tomografica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 64 di 239

La spaziatura delle stazioni geofoniche è funzione del dettaglio che si vuole ottenere, in particolare nella sismica tomografica.

Per la sismica con acquisizione ordinaria, visto che l'interpretazione analitica comunque non permette di ottenere un incremento di dettaglio vertico-laterale anche variando significativamente i parametri geometrici di acquisizione (geometria stazioni e densità degli shot), normalmente si adottano spaziature di $1/2 \div 1/3$ della profondità dell'obiettivo (es. spaziature di 5 m per indagini entro 10 m, spaziature di 10 m per indagini entro 20-50 m e spaziature di 20 m per indagini entro 100 m).

Per ciascun stendimento, costituito da un minimo di 24 geofoni, dovranno essere effettuate almeno cinque (5) registrazioni da altrettanti punti di energizzazione. Dei suddetti tiri tre (3) saranno posizionati all'interno della base (due alle estremità + uno al centro) in posizione equidistante e due (2) saranno ubicati all'esterno della stesa a distanza tale da garantire la profondità di indagine richiesta.

Nel caso in cui il rilievo sismico interessi profondità superiori a circa 30 m i tiri non dovranno essere inferiori a sette (7) per ciascuna base sismica dei quali cinque (2 estremità+3) interni e due (2) esterni.

Nella sismica con acquisizione ordinaria l'elaborazione si potrà basare su metodi quali il GRM (Generalized Reciprocal Method) di Palmer e Lankston, il CRM (Common Reciprocal Methods) di Palmer; la scelta di ciascun metodo di interpretazione dovrà essere operata tenendo in debito conto la geometria del sottosuolo investigato e le problematiche di indagine.

Per la sismica con acquisizione tomografica, indicativamente la spaziatura può variare tra $1/4$ ed $1/5$ della profondità dell'obiettivo secondo lo schema di massima seguente:

- obiettivo a 10 m: spaziatura= $10/4(5) = 2,5(2,0)$ m
- obiettivo a 100 m: spaziatura= $100/4(5) = 25(20)$ m.

Per ciascun stendimento costituito da un numero minimo di 24 geofoni, i tiri dovranno essere eseguiti mediamente ogni $2 \div 3$ geofoni oltre a quattro tiri esterni alla stesa per un totale minimo di dodici (12) tiri.

In entrambi i casi (sismica ordinaria o tomografica) non si dovrà superare la spaziatura di 20 m in quanto si inficerebbe l'analisi della porzione superficiale (copertura allentata) la quale può determinare importanti variazioni sia dei parametri elastici del sottosuolo sia degli orizzonti se la sua determinazione è errata.

I tiri estremi dovranno essere ubicati ad una distanza dal primo e dall'ultimo geofono pari alla metà della distanza intergeofonica utilizzata.

I tiri esterni, invece, saranno posizionati, compatibilmente con le condizioni logistico-morfologiche, ad una distanza pari alla semilunghezza della stesa sismica.

Eventuali diverse geometrie dei tiri devono essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

L'elaborazione dei dati, attraverso l'esame dei valori registrati in corrispondenza di ciascuna stazione geofonica, dovrà consentire la definizione dei singoli rifrattori o strati sismici individuati in termini sia di spessore che di velocità delle onde sismiche (longitudinali e/o trasversali).

Nella sismica con acquisizione tomografica i dati rilevati dovranno essere analizzati con modellazione anisotropica del sottosuolo utilizzando metodologie iterative di tipo RTC (Ray Tracing curvilinear) ed algoritmi di ricostruzione tomografica tipo ART (Algebraic Reconstruction Technique), SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique), ILST (Iterative Last Square Technique); il campo di velocità nel sottosuolo sarà discretizzato in celle unitarie, di forma rettangolare, le cui dimensioni orizzontali e verticali (assi x e z) dovranno essere pari rispettivamente a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

I dati rilevati dovranno essere analizzati anche in termini di attenuazione anelastica degli impulsi sismici attraverso la determinazione del fattore qualità Q.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 65 di 239

Il fattore qualità Q è correlato al coefficiente di attenuazione attraverso la seguente relazione:

$$\frac{1}{Q} = \frac{\alpha \cdot V_P}{\pi \cdot f}$$

Con:

α = coefficiente di attenuazione

V_P = velocità delle onde di compressione

f = frequenza dominante dell'analisi

Il coefficiente di attenuazione esprime l'entità del fenomeno di assorbimento dell'energia sismica in relazione allo specifico divario rispetto alla condizione di perfetta elasticità nei diversi materiali in cui l'onda sismica si propaga.

A seguito dell'attenuazione le componenti ad alta frequenza degli impulsi sismici si estinguono più rapidamente di quelli a bassa frequenza; la misura di $1/Q$, proporzionale alla frazione di perdita dell'energia per ciclo d'onda sinusoidale, contribuisce a fornire informazioni sulle caratteristiche del mezzo attraversato (frequenza di fratturazione, grado di saturazione ecc.).

I processi fondamentali di analisi per la misura dell'attenuazione dovranno seguire le seguenti procedure:

- analisi del rapporto spettrale delle ampiezze variabili nelle diverse componenti di frequenza dell'impulso microsismico ed assorbite in vario grado in funzione della distanza;
- analisi del decadimento d'ampiezza dei primi eventi o di quelli successivi in ragione della distanza e successiva rettificazione della valutazione per compensare la diminuzione dovuta alla geometria di propagazione;
- valutazione delle variazioni di larghezza dell'impulso sismico (pulse width time) in relazione alla distanza; la misura deve essere effettuata sul primo quarto di ciclo del primo evento.

Ove non si disponga di adeguata cartografia di base che permetta una precisa ubicazione di tutti i punti di stazione (geofoni e punti di energizzazione), si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico, con precisione di $\pm 0,5$ cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

Documenti da consegnare

- Relazione conclusiva in cui siano dettagliatamente descritte le operazioni eseguite, i criteri di calcolo e di interpretazione adottati, nonché una sintesi dei risultati ottenuti;
- Cartografia in scala 1:5000 (o 1:2000) con l'esatta ubicazione degli stendimenti effettuati;
- Libretti di campagna dei rilievi topografici, se effettuati, e sismogrammi in originale rilegati in fascicolo con le necessarie indicazioni per la loro esatta individuazione sulla cartografia;
- Diagrammi "Distanze/Tempi Rifratti" (Dromocrone), rappresentati con la stessa sequenza e continuità degli stendimenti effettuati, corredati degli eventuali passaggi intermedi dell'elaborazione;
- Sezioni Sismostratigrafiche in termini di velocità delle onde e del fattore qualità se richiesto, alla scala che verrà stabilita dalle Ferrovie, che dovrà risultare adeguata a rappresentare tutti i dettagli emersi dall'elaborazione. Dette sezioni dovranno riportare tutte le indicazioni parametriche dei singoli rifrattori individuati e, in proiezione, la posizione di eventuali sondaggi meccanici e/o misure geofisiche in foro eseguiti per taratura e/o controllo;
- Sezioni Tomografiche con elaborazione a celle di velocità o isolinee, in termini di velocità delle onde sismiche, alla scala che verrà stabilita dalle Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 66 di 239

Riferimenti normativi:

- ASTM D 5777-00. Standard guide for using the seismic refraction method for subsurface investigation.

3.6.4.2 Prospezione con metodo sismico a riflessione

La prospezione sismica a riflessione consiste nel generare impulsi acustici e registrare per mezzo dei geofoni le riflessioni delle onde di compressione causate da superfici di “discontinuità” all’interno del sottosuolo, dovute ad ammassi rocciosi con valori diversi di impedenza acustica. Con tale metodo geofisico è pertanto possibile ricostruire le caratteristiche geosismiche e geostrutturali degli ammassi mediante allineamenti isolati e consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di pressione per ciascun stendimento di misura.

A. Strumentazione

L’attrezzatura di acquisizione dati deve essere del tipo digitale con amplificatore a virgola mobile istantanea con le seguenti caratteristiche:

- sismografo con minimo 24 canali di registrazione e possibilità di campionatura dei segnali tra 0,025 e 2 msec, dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di Automatic Gain Control e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofoni verticali con frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz in funzione della profondità dell’obiettivo e della risoluzione verticale richiesta;
- geofoni orizzontali con frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz in funzione della risoluzione orizzontale richiesta.

L’energizzazione sismica del terreno dovrà essere fornita da:

- mini cariche esplosive poste a piccola profondità; la quantità di esplosivo da impiegare deve essere determinata attraverso prove necessarie all’ottimizzazione del rapporto segnale/disturbo;
- massa battente in grado di sviluppare almeno 1000 kgm;
- fucile o cannoncino sismico in grado di fornire una velocità alla bocca pari a 400÷600 m/sec.

B. Modalità esecutive

Il rilievo sismico a riflessione dovrà essere eseguito per mezzo di stese lineari con geofoni posti ad intervalli regolari scelti in relazione alla profondità dell’obiettivo da raggiungere.

I punti di origine dell’energia dovranno essere ubicati o nel centro di simmetria del gruppo di registrazione (metodologia "Split Spread") oppure ad un estremo dello stendimento (metodologia "End On" di solito vicino al primo geofono) o infine in posizione distanziata dai due punti precedenti fino ad un massimo di 30÷50 metri dalla stesa ed in direzione ortogonale alla stesa stessa (gap di registrazione).

La geometria della prospezione è legata alla profondità dell’obiettivo (target).

Normalmente la spaziatura ottimale è da considerarsi $1/40 \div 1/50$ della profondità del target [ad es. target a 100 m = spaziatura $100/40(50) = 2,5(2,0)$ m] per una copertura del 2400% (cioè shot su tutte le stazioni e registrazione su 48 canali) oppure la metà cioè $1/20 \div 1/25$ per una copertura del 1200% (cioè shot su tutte le stazioni e registrazione su 24 canali).

In campagna si deve procedere nel modo seguente:

- 1) definizione del gap di registrazione espresso in metri che deve essere un multiplo intero della distanza intergeofonica.
- 2) posizionamento della sorgente di energia sul punto iniziale della prospezione.
- 3) posizionamento della linea sismica con il primo geofono posizionato alla distanza stabilita dal gap.
- 4) energizzazione nel punto stabilito e registrazione dello scoppio sui geofoni dello stendimento.
- 5) posizionamento della sorgente di energia in avanti di un valore pari alla distanza intergeofonica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 67 di 239

- 6) spostamento di tutti i geofoni della linea in avanti di una unità di distanza intergeofonica
- 7) energizzazione nel nuovo punto e registrazione dello scoppio sui geofoni dello stendimento.

Tale procedura si ripete fino a che non si è coperta tutta la linea da registrare; per facilitare l'operazione è ammesso l'utilizzo di "Roll Along" elettronico o meccanico.

Per esempio, nel caso di un allineamento di sismica a riflessione con lunghezza 1000 metri, distanza intergeofonica di 10 metri con una molteplicità di copertura del 1200% e registratore a 24 canali, una volta definito il gap (che supponiamo essere di 40 metri) si posiziona la sorgente di energia dopodiché si posa il primo geofono dopo 40 metri lungo la linea dieci metri dopo il secondo geofono e così via fino all'ultimo geofono dello stendimento che si troverà a 230 metri dal primo e a 270 metri dal punto di scoppio. È fondamentale mantenere queste distanze inalterate durante tutta la prospezione. Perciò per lo scoppio successivo è necessario traslare tutto il dispositivo di scoppio e di ricezione in avanti di una distanza intergeofonica (10 metri) tale operazione si deve realizzare fino alla realizzazione di 100 scoppi e conseguentemente 100 spostamenti in avanti dell'intera linea di ricezione.

E' importante conoscere la tipologia del target e dei litotipi indagati per desumerne le caratteristiche di risposta acustica ed in particolare il coefficiente di riflessione (rapporto tra le velocità sismiche tra i vari orizzonti) dal quale ricavare indirettamente il grado di copertura (se il valore è molto basso conviene registrare con coperture molto alte, 2400% o più, se invece è elevato, ad esempio target costituito dal contatto tra detrito e calcari, può essere sufficiente una copertura più bassa, ad esempio 1200%).

L'insieme dei dati acquisiti dovrà essere elaborato organicamente per mezzo di adeguato software che permetta un'ampia possibilità di operazioni di trattamento quali almeno:

- correzioni statiche;
- muting;
- analisi spettrale;
- filtraggi sia nel dominio dei tempi che in quello delle frequenze, con filtri variabili;
- FK filter sia in velocità che polinomiali;
- analisi di velocità (Normal Move Out);
- deconvoluzione;
- stacking;
- correzioni statiche residue;
- migrazione.

Ove non si disponga di una cartografia di base che garantisca la necessaria precisione, si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico della linea sismica, con precisione di $\pm 0,5$ cm, comprendendo i geofoni ed i punti di energizzazione.

Il rilievo dovrà essere appoggiato, per ciascun vertice della linea sismica, ad almeno quattro punti trigonometrici o ad altrettanti punti inequivocabilmente rappresentati e riconoscibili sulla cartografia di base. In questo secondo caso, i singoli punti di appoggio dovranno essere collegati tra loro mediante trilaterazione.

Considerando le attuali disponibilità tecniche di energizzazione le onde di taglio potranno essere rilevate in stendimenti con distanza intergeofonica massima fino a 2,5 m.

Documenti da consegnare.

- a) Relazione conclusiva delle attrezzature impiegate, delle operazioni eseguite e dei criteri di calcolo e di elaborazione adottati, integrata da note di commento ed interpretazione delle principali informazioni ottenute sui terreni indagati;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 68 di 239

- b) Sismosezioni in ordinate dei tempi (ms) e in ascisse delle distanze (m) atte a configurare le situazioni geotettoniche primarie;
- c) Sezioni sismostratigrafiche in ordinate delle profondità (m) e in ascisse delle distanze (m) integrate con le indicazioni dei valori relativi ai parametri elastici dei terreni indagati.

3.6.4.3 Prospezione con tecnica Down-Hole

La prospezione sismica Down-Hole misura la velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione (V_p) e di taglio (V_s) nei terreni all'intorno di un foro di sondaggio. Le misure si eseguono attraverso il rilievo dei tempi di percorrenza di impulsi sismici da una sorgente emettrice, posta in superficie, ad una unità ricevente ubicata all'interno del foro di sondaggio, rivestito con idonea tubazione in PVC o ABS.

A. Strumentazione

Il sistema di energizzazione, di tipo esplosivo o meccanico, sarà ubicato in superficie a distanza adeguata dalla bocca foro in funzione della migliore risoluzione dell'indagine.

La sorgente di energia dovrà essere calibrata in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni interessati e che sono da considerarsi noti in quanto le misure geosismiche sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono.

Per il rilievo delle onde trasversali la sorgente di energia dovrà garantire la produzione di impulsi sismici idonei a generare onde a prevalente componente di taglio.

La strumentazione di acquisizione dati deve essere di tipo digitale incrementale con le seguenti caratteristiche:

- sismografo registratore ad almeno 12 canali con capacità di campionamento dei segnali tra 0,025 e 2 msec e dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofono tri-direzionale con sensori ortogonali (di cui uno verticale e gli altri due orizzontali a 90° dal primo), con frequenza compresa tra 8 e 14 Hz, collegato ad un cavo metrato di sospensione; il geofono deve essere a contatto con il rivestimento per mezzo di un dispositivo di bloccaggio meccanico o pneumatico;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break).
- dispositivo di energizzazione per la generazione di onde P ed onde S, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali):
 - per onde P:
 - cariche di esplosivo (velocità di detonazione > 5000 m/sec; alta densità di carica);
 - fucile o cannoncino sismico (in genere calibro 8 con proiettili da almeno 80 gr) in grado di fornire una velocità alla bocca ≥ 400 m/sec;
 - apparato ad impatto di tipo meccanico, elettropneumatico o ad aria compressa (in grado di sviluppare almeno 1000 kgm per registrazioni a distanze superiori a 500 m);
 - per onde S:
 - massa battente (mazza da 10 kg) agente su un blocco di legno o calcestruzzo adeguatamente ancorato al terreno e posto nelle adiacenze della bocca foro. La forma del blocco deve essere tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità.

Altri dispositivi dovranno essere preventivamente approvati dalle Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 69 di 239

B. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova Down-Hole richiede la predisposizione di un foro di sondaggio di diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro di un tubo in PVC munito dei necessari complementi per eseguire la cementazione dello stesso da fondo foro verso la superficie.

Durante la perforazione si dovrà avere particolare cura ad evitare rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro; l'eventuale rivestimento del foro dovrà essere estratto a trazione, senza rotazione della colonna.

In cantiere, prima dell'installazione del tubo in PVC o ABS, si dovrà provvedere a:

- 1) controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciamenti dovuti al trasporto con particolare riferimento alle parti terminali;
- 2) controllare che le estremità dei tubi non presentino irregolarità che possano compromettere il loro buon accoppiamento;
- 3) verificare l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- 4) controllare e preparare i componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- 5) controllare gli utensili per l'installazione ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

I tubi per prove Down-Hole dovranno avere sezione circolare con spessore ≥ 3 mm e diametro interno ≥ 75 mm. I tubi dovranno essere realizzati in PVC/ABS, in spezzoni in genere di 3 m di lunghezza ed assemblati, preferibilmente, mediante filettatura a vite in modo tale da garantire giunti lisci e a perfetta tenuta.

In linea di massima la posa in opera dovrà seguire la seguente procedura:

- 1) pulizia accurata della perforazione con acqua pulita;
- 2) pre-assemblaggio dei tubi in spezzoni di lunghezza in genere pari a 6 m con fasciatura delle giunzioni con nastro autovulcanizzante;
- 3) montaggio sul primo spezzone del tappo di fondo e fissaggio del tubo per l'iniezione;
- 4) inserimento del primo tubo predisposto nella perforazione; in presenza di terreni sotto falda si dovrà riempire il tubo con acqua per favorirne l'affondamento;
- 5) bloccaggio del tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente l'estremità superiore del tubo in PVC/ABS;
- 6) inserimento dello spezzone successivo ed esecuzione delle operazioni di incollaggio e sigillatura del giunto;
- 7) prosecuzione delle operazioni di cui al punto VI. fino al completamento della colonna;
- 8) inizio della cementazione a partire dal fondo foro, a bassa pressione (≈ 2 atm) attraverso il tubo di iniezione. La cementazione deve risultare priva di sacche d'aria o discontinuità confrontando il volume teorico dell'intercapedine tubo/parete foro con il volume della miscela iniettata. Il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco di miscela potrà essere eseguito da testa foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a piano campagna; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
- 9) nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere alla installazione, attorno al tratto superiore di prova, di un tubo di protezione in acciaio o PVC pesante (diametro minimo = 120 mm, lunghezza ≥ 1 m). Il tubo dovrà sporgere di almeno 15 cm dalla sommità del tubo di prova e dovrà essere provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto;
- 10) al termine delle operazioni di cementazione il tubo di prova dovrà essere accuratamente pulito con acqua per eliminare l'eventuale cemento rimasto all'interno della tubazione;
- 11) verifica della direzione e dello scostamento dalla verticale del foro mediante misure clinometriche, se richiesto da Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 70 di 239

A seguito delle operazioni preliminari su indicate le modalità di esecuzione della prova Down-Hole dovranno seguire la seguente procedura:

- 1) posizionamento e bloccaggio del ricevitore in corrispondenza del primo punto di prova, ubicato in genere verso il fondo foro;
- 2) generazione dell'impulso sismico e registrazione degli arrivi delle onde di compressione e di taglio;
- 3) ripetizione delle operazioni precedenti lungo tutto il foro (o parte di esso) interessato dal rilievo sismico.

Le misure dovranno essere eseguite con la frequenza richiesta dal dettaglio dell'indagine e comunque preventivamente autorizzata con le Ferrovie.

Per il corretto rilievo delle onde di taglio (onde S) il senso dell'impatto alla sorgente deve essere alternato in modo da evidenziare, per uno stesso geofono, un'inversione di fase nelle onde di taglio generate in modo tale da rendere meno incerta la rilevazione nei geofoni orizzontali dei tempi di arrivo delle onde trasversali. A tale scopo si dovrà rilevare con precisione l'orientamento dei geofoni rispetto alla direzione di energizzazione.

Documenti da consegnare

- a) Relazione conclusiva contenente sia una nota tecnica descrittiva della prospezione eseguita (con indicazioni del numero del foro, ubicazione, modalità esecutive, caratteristiche della tubazione installata, quote della bocca foro e del fondo foro ecc.), sia gli algoritmi di calcolo impiegati (tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi), nonché una diagrafia con tutte le indicazioni riferibili ai dati misurati o calcolati (stratigrafia del sondaggio, tempi di arrivo delle onde P e S, velocità delle onde di P e S per ogni stazione, velocità intervallari delle onde P e S, attenuazione e fattore Q, coefficiente di Poisson dinamico, moduli di elasticità, di taglio e di compressibilità dinamici, tracce sismografiche onde P e S, risultanze finali ed interpretative).
- b) Sismogrammi in originale correlati dalle informazioni necessarie all'identificazione dei singoli tiri.

3.6.4.4 Prospezione con tecnica Cross-Hole

Il metodo sismico Cross-Hole misura la velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s) lungo un percorso orizzontale tra due e più fori di sondaggio all'interno dei quali sono posti rispettivamente la sorgente degli impulsi sismici ed i geofoni ricevitori. I fori dovranno essere paralleli e ad una distanza reciproca compresa tra 5 e 10 m.

A. Strumentazione

Per l'esecuzione della prova Cross-Hole la strumentazione di acquisizione dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo registratore ad almeno 12 canali con capacità di campionamento dei segnali tra 0,025 e 2 msec, dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofono tri-direzionale con sensori ortogonali (di cui uno verticale e gli altri due orizzontali a 90° dal primo), con frequenza compresa tra 6 -14 Hz, collegato ad un cavo metrato di sospensione; il geofono deve essere a contatto con il rivestimento per mezzo di un dispositivo di bloccaggio manico o pneumatico;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- sistema di energizzazione, preferibilmente di tipo non distruttivo, costituito da un generatore meccanico e/o pneumatico di onde polarizzate sul piano verticale; in alternativa, sono impiegabili sistemi che generano onde sferiche tipo il cannoncino sismico fondo foro, le microcariche di esplosivo o le capsule detonanti. L'Esecutore dovrà dimensionare correttamente la sorgente di energia in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni interessati che sono da considerarsi noti in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 71 di 239

B. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova Cross-Hole richiede la predisposizione di almeno due fori di sondaggio di diametro sufficiente a permettere l'installazione in ciascun foro di un tubo in PVC/ABS, munito dei necessari complementi per eseguire la cementazione dello stesso da fondo foro verso la superficie.

I fori andranno eseguiti con le stesse modalità della prova Down-Hole cui si rimanda (paragrafo 3.6.4.3 – punto “B. Modalità esecutive”).

La distanza tra gli assi dei fori nonché la loro direzione dovrà essere accuratamente misurata mediante un rilievo clinometrico.

La misura della deviazione dell'asse (inclinazione dell'asse e rilievo azimutale) dovrà essere eseguita con una sonda inclinometrica avente caratteristiche di precisione 5' sessagesimali e da un sensore di riferimento magnetico con precisione maggiore di $\pm 2^\circ$. La sonda sarà calata nel foro di sondaggio con aste a baionetta in grado di evitare modifiche dell'orientazione azimutale della sonda per l'intera profondità. Le misure inclinometriche dovranno essere eseguite ogni 1÷2 metri di foro.

A seguito delle operazioni preliminare le modalità di esecuzione della prova Cross-Hole dovranno seguire la seguente procedura:

- posizionamento e bloccaggio della sorgente e del/i ricevitore/i in corrispondenza della prima coppia/terna di posizioni coniugate, alla medesima profondità;
- sparo e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni per ciascuna coppia/terna di punti coniugati lungo l'intera verticale dei sondaggi o di tratto parziale da indagare.

Le misure dovranno essere eseguite con la frequenza richiesta dal dettaglio dell'indagine e comunque preventivamente autorizzate dalle Ferrovie.

Per il corretto rilievo delle onde di taglio (onde S) il senso dell'impatto alla sorgente deve essere alternato in modo da evidenziare, per uno stesso geofono, un'inversione di fase nelle onde di taglio generate in modo tale da rendere meno incerta la rilevazione, nei geofoni orizzontali, dei tempi di arrivo delle onde trasversali. A tale scopo si dovrà rilevare con precisione l'orientamento dei geofoni rispetto alla direzione di energizzazione.

Documenti da consegnare

- Relazione conclusiva contenente sia una nota tecnica descrittiva della prospezione eseguita (con indicazioni del numero del foro, ubicazione, modalità esecutive, caratteristiche della tubazione installata, quote della bocca foro e del fondo foro ecc.), sia uno schema geometrico di installazione dei fori (completo di grafici e tabulati del rilievo della verticalità e della distanza tra fori) sia gli algoritmi di calcolo impiegati (tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi), dovrà inoltre contenere una diagrafia con tutte le indicazioni riferibili ai dati misurati o calcolati (stratigrafia del sondaggio, tempi di arrivo delle onde P e S, velocità delle onde di P e S per ogni stazione, velocità intervallari delle onde P e S, attenuazione e fattore Q, coefficiente di Poisson dinamico, moduli di elasticità, di taglio e di compressibilità dinamici, tracce sismografiche onde P e S, misure inclinometriche e risultanze finali ed interpretative);
- Sismogrammi in originale correlati dalle informazioni necessarie all'identificazione dei singoli tiri.

3.6.4.5 Prospezione geosismica attiva di superficie del tipo Multichannel Analysis of Surface Waves (M.A.S.W.)

La prospezione geosismica attiva di superficie di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves), viene utilizzata per la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio (Vs) e del parametro Vs30

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 72 di 239

(velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri sotto il p.c.), attraverso il rilevamento delle onde Rayleigh, tramite stendimento di 12 o 24 geofoni-ricevitori o accelerometri allineati, disposti con distanza intergeofonica non superiore a 5 metri.

Con tale metodologia vengono determinate le curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh, generate con idonei sistemi di energizzazione e registrate con 12 o 24 geofoni verticali disposti secondo geometria lineare ed offset a distanza non inferiore a tre volte il C-spacing e wave number, aventi diverso periodo di oscillazione (10 Hz, 4,5 Hz).

Documenti da consegnare

a) Relazione riepilogativa contenente:

- ubicazione della verticale di esplorazione (espressa in termini di coordinate planimetriche ed altimetriche);
- posizione, rispetto alla verticale, dei ricevitori e della sorgente;
- descrizione della strumentazione utilizzata;
- i segnali registrati dai ricevitori, specificando l'interasse corrispondente tra i ricevitori e la posizione della sorgente;
- il criterio di elaborazione adottato per il calcolo delle velocità e i corrispondenti elaborati;
- l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino al raggiungimento del miglior "fitting" tra i dati sperimentali e teorici;
- il diagramma che riporta le velocità delle onde di taglio stimate sull'asse delle ascisse in funzione della profondità in metri sull'asse delle ordinate, secondo la Normativa Tecnica vigente.

3.6.4.6 Prospezione geofisica con metodo sismico passivo dei microtrempi a rifrazione del tipo Refraction Microtremor (Re.Mi.)

La prospezione geofisica con metodo sismico passivo dei microtrempi a rifrazione Re.Mi (Refraction Microtremor), permette la determinazione del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) e del parametro V_{s30} (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri sotto il p.c.), attraverso l'utilizzo di uno stendimento di 24 geofoni verticali, disposti con distanza intergeofonica non superiore a 5 metri, con frequenza propria di 4,5 Hz.

Il metodo Re.Mi. consiste nell'acquisizione e nell'analisi dei microtrempi, con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, eseguita con stendimento di 24 geofoni verticali non allineati e opportunamente distribuiti.

A. Modalità esecutive

L'acquisizione dati consiste nella registrazione, per la durata di diversi secondi, delle onde di superficie generate dall'ambiente in corrispondenza dello stendimento sismico.

I parametri di acquisizione da adottare dovranno essere i seguenti:

- sample rate 2 m/s;
- record length 32 sec.

L'acquisizione delle misure deve essere ripetuta 10 volte, con un intervallo tra un gruppo di prime 5 acquisizioni e il gruppo di successive 5 acquisizioni.

Tra i due gruppi di acquisizione si dovrà provvedere a ruotare di 90° i singoli geofoni, senza modificarne l'ubicazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 73 di 239

Documenti da consegnare

a) Relazione riepilogativa contenente:

- grafici del profilo di velocità in onde S e classificazione del sottosuolo ai sensi della Normativa Tecnica vigente;
- l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo secondo la procedura di Nakamura;
- planimetria con ubicazione dello stendimento;
- procedure di esecuzione della prova.

3.6.4.7 Misure di rumore sismico ambientale a stazione singola tramite metodo HVSR

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V (rapporto di ampiezza fra le componenti spettrali del rumore sismico misurate sul piano orizzontale e verticale) di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare la frequenza di risonanza di un sito. La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtreinori (rumore ambientale a corto periodo, registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato soffici su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

Attraverso un sistema di acquisizione composto da un sensore a tre componenti, da un convertitore analogico digitale e da un GPS, si registrano finestre di rumore ambientale dalle quali è possibile elaborare i rapporti H/V; tali rapporti presentano valori differenti a seconda del sito considerato, mostrando a seconda dei casi un picco di amplificazione in corrispondenza della frequenza fondamentale del sito (esso dipende da alcune caratteristiche dei litotipi di indagine, tra le quali le più importanti sono lo spessore delle coltri di copertura e i differenti parametri geotecnici e geofisici che definiscono il contrasto tra i diversi litotipi).

A. Modalità esecutive

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (< 1-2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: > 50 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 16 o 24 bit;
- durata registrazione: >30 minuti;
- collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.

Lo strumento di misura composto da geofoni a tre componenti orientati secondo una terna di assi cartesiani (si assume la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto SESAME secondo la quale l'asse Z corrisponde al geofono verticale, l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale orientato nella direzione Est-Ovest e al geofono orizzontale orientato nella direzione Nord-Sud) dovrà essere dotato di bolla sferica per il posizionamento, mentre l'accoppiamento con la superficie dovrà essere diretto o assicurato con piedini o puntazze in terreni morbidi. E' altresì indispensabile prestare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza edifici, vento ecc., in quanto possono creare disturbo nell'effettuazione delle misure, inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza. Si dovrà specificare il tipo di apparecchiatura utilizzata e documentare le condizioni in cui viene registrato il rumore ambientale.

Per uno studio di risposta di sito si dovranno effettuare almeno tre misure, ognuna di almeno 30 minuti per punto, da cui derivare il valore di frequenza di risonanza. Per l'elaborazione dei dati si dovrà impiegare un software in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo, mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 74 di 239

using Ambient Excitations, 2005). Il metodo non è utilizzabile per la ricostruzione del modello sismostratigrafico del sottosuolo, a meno di una elaborazione congiunta con i risultati di indagini sismiche attive e in presenza di specifiche tarature stratigrafiche.

I principali passi del processing dovranno essere i seguenti:

- suddivisione della finestra di registrazione completa in sotto-finestre di almeno 120 sec.;
- eliminazione delle sotto-finestre eventualmente contenenti transienti;
- FFT (Fast Fourier Trasform) incluso il tapering;
- operatore di smoothing (Konno & Ohmachi valida per frequenze <1Hz e Hanning valida per frequenze >1Hz);
- merging dei componenti orizzontali;
- H/V Spectral Ratio per ogni sotto-finestra utilizzata ;
- media della curva H/V;
- valutazione della deviazione standard.

Le risultanze dell'elaborazione dovranno essere presentate mediante graficizzazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti, indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di “fr” (frequenza fondamentale di risonanza) e la sua deviazione standard. I risultati forniti devono essere comprensivi anche degli spettri iniziali non processati, in modo da rendere possibile la valutazione, anche a posteriori, dell’effettiva qualità del rapporto spettrale. E’ consigliato un confronto dei risultati ottenuti tramite rumore ambientale con le funzioni di trasferimento derivate attraverso l’applicazione di tecniche a singola stazione (H/V) o a stazione di riferimento basate sull’analisi di terremoti, nel caso in cui questi siano disponibili.

Documenti da consegnare

La documentazione dovrà contenere:

- descrizione delle procedure eseguite (frequenza di campionamento, durata della registrazione);
- planimetria su base CTR con ubicazione della prova e posizionamento dello strumento;
- criteri di attendibilità della misura;
- criteri di validità del picco di fr;
- valori di soglia delle condizioni di stabilità;
- curve H/V con deviazione standard in tutto l’intervallo di frequenze considerato;
- indicazione dei vari picchi ottenuti e deviazione standard in ampiezza e frequenza;
- tabella con i parametri di qualità secondo le linee guida del progetto europeo SESAME;
- verifica dell’assenza di rumore elettromagnetico ;
- interpretazione di “fr” e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche del sito;
- valutazione dell’omogeneità del sito rispetto alle frequenze di risonanza;
- spessori della coltre di copertura;
- informazioni aggiuntive riguardanti la stazionarietà del segnale durante la registrazione e la direttività.

3.6.4.8 Misure di rumore sismico ambientale ad antenna sismica tramite procedura ESAC

Questa tecnica basata sul metodo d’indagine ESAC (AKI 1959) ad antenna singola (array) utilizza una procedura indiretta per la determinazione delle velocità di fase apparente o effettiva delle onde di Rayleigh a partire da misure di vibrazioni ambientali senza dover operare con una sorgente attiva, condotta con gruppi di sensori sismici distribuiti sulla superficie del terreno da indagare (antenna sismica o seismic array). Dato che il rumore ambientale è in genere caratterizzato da onde a basse frequenze (<10-15Hz), la velocità di fase apparente fornita dal metodo riguarda le basse frequenze e quindi gli strati di terreno o roccia più profondi.

Con la tecnica ad antenna singola (array) vengono analizzati i rapporti di fase tra i treni d’onda che

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 75 di 239

attraversano un'antenna sismica ovvero una distribuzione di sensori disposti con geometrie variabili sulla superficie del terreno, che nella pratica comune possono essere a "L", "T", croce, "X", triangolo, rettangolo, cerchio o a disposizione random.

In particolare, la procedura è finalizzata alla determinazione delle velocità di propagazione delle onde superficiali presenti nel campo delle vibrazioni ambientali alle varie frequenze di vibrazione ("curve di dispersione"). Questa informazione verrà poi utilizzata all'interno di una procedura di inversione per dedurre il profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo nell'ipotesi che questo sia costituito da una pila di strati orizzontali sovrapposti ed omogenei al loro interno.

Uno stendimento ESAC è realizzato mediante l'utilizzo della classica strumentazione per l'esecuzione di una prospezione sismica a rifrazione con geofoni a componenti verticale da 4,5 Hz disposti secondo una geometria 2D (a "L", croci o cerchi).

L'esito finale di questo tipo di misura è una curva che rappresenta l'andamento delle velocità di fase degli strati di terreno profondi (oltre 50-60 m) in funzione della frequenza di vibrazione.

A. Modalità esecutive

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

- Sismografo dotato di almeno 24 canali;
- Numero di geofoni: ≥ 12
- Frequenza di risonanza dei geofoni: $< 4,5$ Hz
- Passo di campionamento: 2-5 ms
- Spaziatura geofoni: > 3 m
- Frequenza di campionamento: 200-500 Hz;
- Durata della registrazione: > 20 min

Documenti da consegnare

Relazione riepilogativa contenente:

- ubicazione della verticale di esplorazione (espressa in termini di coordinate planimetriche ed altimetriche);
- posizione, rispetto alla verticale, dei ricevitori e della sorgente;
- descrizione della strumentazione utilizzata;
- descrizione del criterio di elaborazione del segnale adottato;
- descrizione della fase di picking della curva di dispersione sperimentale apparente complessiva;
- curva di dispersione effettiva;
- l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino al raggiungimento del miglior "fitting" tra i dati sperimentali e teorici;
- verifica della compatibilità del profilo ottimale determinato confrontando il risultato ottenuto con il metodo HVSR nel caso sia stato eseguito.

3.6.4.9 Prospezione sismica tomografica

La prospezione sismica tomografica, che si esegue in corrispondenza di una sezione delimitata da due superfici comunque inclinate (un foro di sondaggio e la superficie topografica, due fori di sondaggio, ecc.), consiste nel rilievo della velocità di propagazione di onde sismiche generate ad intervalli costanti in corrispondenza di una delle due superfici in modo da ottenere una fitta rete di percorsi sismici che permettano di dettagliare la distribuzione delle velocità sismiche nella sezione indagata.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 76 di 239

A. Strumentazione

La strumentazione di acquisizione dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo registratore ad almeno 12 canali con capacità di campionamento dei segnali tra 0,025 e 2 msec, dotato di filtri High Pass, Band Pass e Band Reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitore A/D del segnale campionato, almeno a 16 bit;
- geofoni di superficie e da foro con frequenza compresa tra 8 e 14 Hz, collegati ad un cavo metrato; il geofono da foro deve essere a contatto con il rivestimento per mezzo di un dispositivo di bloccaggio meccanico o pneumatico;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- sistema di energizzazione, preferibilmente di tipo non distruttivo; sono impiegabili sistemi quali il cannoncino sismico (in grado di fornire una velocità alla bocca foro di 400-600 m/s), le microcariche di esplosivo. L'Esecutore dovrà dimensionare correttamente la sorgente di energia in funzione della natura e delle caratteristiche dei terreni interessati che sono da considerarsi noti in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.

Nel caso in cui sia previsto anche il rilievo delle onde di taglio i geofoni ed il sistema di energizzazione dovranno avere le caratteristiche indicate nella prova Cross-Hole (paragrafo 3.6.4.4).

B. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova sismica tomografica richiede la predisposizione di almeno un foro di sondaggio di diametro sufficiente a permettere l'installazione in ciascun foro di un tubo in PVC munito dei necessari complementi per eseguire la cementazione dello stesso da fondo foro verso la superficie.

I fori andranno eseguiti con le stesse modalità della prova Down-Hole cui si rimanda (paragrafo 3.6.4.3 – punto “B. Modalità esecutive”).

La distanza tra gli assi dei fori, nonché la loro direzione, dovrà essere misurata mediante un apposito rilievo inclinometrico. La misura della deviazione dell'asse (inclinazione dell'asse e rilievo azimutale) dovrà essere eseguita con una sonda inclinometrica avente caratteristiche di precisione 5' sessagesimali e da un sensore di riferimento magnetico con precisione maggiore di $\pm 2^\circ$.

L'esecuzione della prospezione prevede l'utilizzo di una catena di geofoni se in superficie o di geofoni da foro se all'interno di un foro di sondaggio, posti a distanza prefissata. L'energizzazione dovrà essere eseguita o in foro oppure in superficie. Il posizionamento dei punti di energizzazione dovrà essere in numero uguale o maggiore del numero di sensori impiegati in modo tale da potere ottenere un reticolo di analisi adeguato agli scopi della ricerca ed in ogni caso dovranno essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

L'energizzazione inoltre dovrà essere adeguata alle distanze tra le sorgenti ed i ricevitori nonché alla risoluzione richiesta.

A seguito delle operazioni preliminare le modalità di esecuzione della prospezione tomografica saranno di massima le seguenti:

- posizionamento del sistema di energizzazione in un foro (o in superficie) e di una catena di almeno dodici geofoni, collegati in continuità elastica con le pareti del tubo in PVC, nel secondo foro (o in superficie);
- sparo e registrazione dei tempi di arrivo degli impulsi sismici ai geofoni in foro (o in superficie);
- traslazione della sorgente di energia mantenendo fissa la posizione della catena di geofoni;
- ripetizione dell'operazione di sparo e registrazione;
- spostamento della catena di geofoni dopo aver eseguito un numero di tiri pari al numero di geofoni della catena stessa e ripetizione delle operazioni descritte ai punti precedenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 77 di 239

L'elaborazione delle misure sismiche dovrà essere eseguita con tecnica tomografica suddividendo l'area indagata, delimitata dai fori di sondaggio e dalla superficie di campagna, in celle di dimensioni appropriate in funzione dell'estensione dell'area stessa e del numero di raggi sismici rilevati.

Di norma le celle unitarie avranno forma rettangolare di dimensione orizzontale e verticale (asse x ed asse z) pari rispettivamente a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni. A ciascuna cella verrà associato un valore di velocità di propagazione delle onde sismiche. I diversi algoritmi (ART, SIRT, ILST ...) disponibili per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati seguono in sostanza un modello di calcolo iterativo i cui passi principali sono così sintetizzabili in:

- 1) lettura dei primi arrivi;
- 2) costruzione della famiglia di dati;
- 3) determinazione del modello di velocità di 1^a fase;
- 4) calcolo dei tempi teorici di propagazione;
- 5) confronto tra tempi di propagazione teorici e quelli rilevati;
- 6) modifica e adattamento del modello di velocità.

Ove non si disponga di adeguata cartografia di base che permetta una precisa ubicazione di tutti i punti di stazione (geofoni e punti di energizzazione), si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico, con precisione di $\pm 0,5$ cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

Documenti da consegnare

- a) Relazione descrittiva delle operazioni eseguite, delle attrezzature impiegate e dei criteri logici e matematici di elaborazione delle misure eseguite. La relazione dovrà anche riportare in sintesi i risultati ottenuti, con la relativa interpretazione, e rappresentati nella documentazione grafica prodotta;
- b) Planimetria con l'esatta ubicazione delle misure effettuate;
- c) Sezioni tomografiche, in tonalità diverse di colore, in termini di ray tracing, di densità dei dati e di velocità delle onde generate;
- d) Tabelle dei dati rilevati e di quelli calcolati;
- e) Sismogrammi in originale corredati dalle indicazioni necessarie all'identificazione di ogni singolo tiro.

3.6.5 PROVE SONICHE

3.6.5.1 Carotaggio sonico in foro di sondaggio.

Con tale metodo geofisico viene rilevata la velocità delle onde elastiche longitudinali lungo l'asse di un foro mediante una strumentazione dotata di un generatore di impulsi di onde ultrasoniche e di uno o due ricevitori.

A. Strumentazione

La sonda di prova, costituita da un corpo cilindrico, dovrà essere dotata di almeno una sorgente di impulsi sonici (nel campo delle frequenze ultrasoniche) ubicata all'estremità superiore e da 1 oppure 2 ricevitori, all'estremità inferiore, separati da una distanza di $80 \div 100$ cm.

Lo spazio all'interno della sonda deve essere costituito da materiale isolante in grado di impedire la diretta propagazione dell'impulso sonico dalla sorgente al ricevitore lungo la sonda stessa. Nel caso di sonda con due ricevitori, anche questi due dovranno essere separati da un corpo intermedio in grado di assorbire gli impulsi diretti.

La sonda di prova dovrà essere collegata, tramite cavi elettrici di connessione, ad una centralina di ricezione del segnale in grado di registrare il tempo di tragitto dell'impulso da sorgente a ricevitore in millisecondi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 78 di 239

B. Modalità esecutive

Il carotaggio sonico dovrà essere eseguito in foro di sondaggio non rivestito.

La sequenza operativa di esecuzione del carotaggio può essere così sintetizzata:

- 1) posizionamento della sonda alla quota prefissata (normalmente fondo foro);
- 2) esecuzione della misura del tempo di percorrenza sorgente-ricevitore/i delle onde elastiche;
- 3) traslazione della sonda di distanza fissa pari a $0,25 \pm 0,50$ m e ripetizione delle operazioni di cui ai punti precedenti.

Documenti da consegnare.

- a) Relazione descrittiva delle operazioni eseguite con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti;
- b) Diaframie che correlino, per ciascuna profondità del foro investigato, la corrispondente velocità di propagazione dell'onda nel mezzo oggetto di rilevazione;
- c) Diagrammi di registrazione corredati delle indicazioni necessarie a ricostruire la correlazione con la profondità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 79 di 239

3.7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.7.1 PERFORAZIONI E SONDAGGI.

3.7.1.1 Perforazione ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi, eseguita a distruzione di nucleo.

I sondaggi con perforazione a distruzione di nucleo vengono di norma eseguiti:

- per l'esecuzione di prove geotecniche, geomeccaniche o idrogeologiche a quota prestabilita;
- per l'allargamento del foro prodotto da un attrezzo impiegato per l'esecuzione di una prova in sito;
- per l'attraversamento di strati ad elevata resistenza per consentire l'approfondimento di prove in sito;
- per eseguire sondaggi speditivi atti al riconoscimento indiretto della stratigrafia dei terreni;
- per la posa in opera di strumentazioni ed apparecchiature di controllo e monitoraggio.

A. Strumentazione

A.1. Sonda di perforazione

Le attrezzature da impiegare per la perforazione devono essere esclusivamente del tipo a rotazione o rotopercolazione tali da permettere l'esecuzione di quanto descritto ai successivi punti.

Le attrezzature a rotazione devono avere caratteristiche idonee all'esecuzione del programma di indagini con i requisiti minimi sottoelencati:

Velocità di rotazione	0 ÷ 500	(rpm)
Coppia massima	≥ 400	(kgm)
Corsa continua	≥ 150	(cm)
Spinta	≥ 4000	(kg)
Tiro	≥ 4000	(kg)
Pompa per fluidi di perforazione	30÷60	[bar (pressione)]
	90÷200	[litri (portata)]
Pompa ad alta pressione (100 bar) per il campionamento	presente	
Argano a fune	presente	

La pompa dovrà avere un circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Nel caso di impiego di fanghi di circolazione dovrà essere disponibile l'impianto per la preparazione ed il recupero degli stessi.

Tutte le attrezzature operanti dovranno essere dotate di idoneo manometro per il controllo delle condizioni operative.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 80 di 239

A.2. Utensili di perforazione

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- triconi o utensili a distruzione dotati di fori radiali per la fuoriuscita del fluido di circolazione;
- carotieri semplici e/o doppi.

A.3. Utensili di pulizia fondo foro

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- carotiere semplice con $L = 40 \div 80$ cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse $\varnothing = 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

A.4. Rivestimento provvisorio

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo: $s = 8 \div 10$ mm
- diametro esterno: $\varnothing_{est} = 127 \div 152$ mm
- lunghezza spezzoni: $L = 50 \div 200$ cm

La tubazione di rivestimento provvisorio deve avere un diametro adeguato al diametro dell'utensile di perforazione e deve essere infissa dopo ogni manovra fino alla quota raggiunta dalla perforazione stessa.

A.5. Strumenti di controllo e prova

Devono fare parte del corredo delle attrezzature anche i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato per la misurazione della quota effettiva di fondo foro;
- sonda piezometrica elettrica;
- penetrometro tascabile (fondo scala 0,5 e 1 MPa) e scissometro tascabile (fondo scala 100 e 240 kPa);
- sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) per la misura della resistenza;
- profilografo a pettine (pettine di Barton) per il rilievo dei profili di rugosità dei giunti;
- calibro e spessimetro a lamelle per la misura dell'apertura dei giunti;
- HCl diluito al 5% per la classificazione di rocce carbonatiche.

Le Ferrovie si riservano la possibilità di autorizzare l'impiego di attrezzature con requisiti diversi da quelli sopraelencati.

B. Modalità esecutive

B.1. Generalità

La perforazione a distruzione di nucleo, a rotazione o a rotopercolazione, può essere eseguita con diametro variabile (comunque non inferiore a mm 100 a meno di specifica richiesta delle Ferrovie) impiegando gli utensili di cui al punto precedente.

La eventuale proposta di modifica del diametro di perforazione, definita in funzione delle prove da eseguire e/o degli strumenti da installare in foro, dovrà essere preventivamente approvata dalle Ferrovie.

Se necessario dovrà essere impiegata una tubazione metallica provvisoria di rivestimento con le caratteristiche di cui al punto precedente.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 81 di 239

Per quanto riguarda la stabilità del fondo foro, la pulizia dello stesso, il rilievo della falda, l'eventuale prelievo di campioni indisturbati nonché il riempimento dei fori di perforazione si dovrà fare riferimento a quanto specificato per i sondaggi a carotaggio continuo.

Se durante l'esecuzione della perforazione è richiesta la registrazione continua dei parametri di perforazione la spinta applicata all'utensile dovrà essere mantenuta costante per l'intera verticale di prova e dovrà essere tale da assicurare il superamento dei livelli più resistenti senza eccessiva perdita di leggibilità dei risultati negli strati meno resistenti.

Il fluido di circolazione sarà costituito da fanghi bentonitici o polimerici salvo diverse indicazioni da parte delle Ferrovie.

B.1.1. Perforazione a distruzione di nucleo nei terreni sciolti

Nei terreni sciolti a granulometria fine (argilla, limo e sabbia) la perforazione sarà eseguita a rotazione con l'impiego di scalpelli a lame con circolazione di acqua e fango bentonitico con o senza polimeri.

Nei materiali sciolti a granulometria grossolana (ghiaia, ciottoli) si useranno di preferenza scalpelli a rulli (triconi).

In entrambi i casi le pareti del foro saranno sostenute con tubi di rivestimento provvisorio oppure con fanghi bentonitici o a base di polimeri.

Nei casi in cui le condizioni lo consentano, la perforazione potrà essere eseguita solamente con i tubi di rivestimento provvisorio, con circolazione di acqua e fango. In tal caso si potranno rendere necessarie delle manovre di pulizia del foro.

Nei terreni sciolti con presenza di grossi elementi lapidei (blocchi, trovanti) alternati a terreni a granulometria minore potrà essere utilizzato l'impiego del metodo di perforazione Odex. Tale metodo prevede l'uso combinato di un martello a fondo foro con eccentrico e del rivestimento metallico provvisorio.

B.1.2. Perforazione a distruzione di nucleo nelle rocce

Nei materiali lapidei la perforazione a distruzione verrà eseguita a rotazione o a rotopercolazione. Nel primo caso si userà uno scalpello a rulli (tricono) con circolazione di acqua o fango. Nel secondo caso, invece, si userà il martello a fondo foro e, come fluido, aria in pressione eventualmente insieme a prodotti schiumogeni.

I detriti di perforazione dovranno essere prelevati durante l'avanzamento di tutto il sondaggio e dopo essere stati lavati dovranno essere disposti, ove richiesto dalle Ferrovie, nelle cassette catalogatrici con l'indicazione chiara del sondaggio e dell'intervallo di profondità di riferimento.

B.1.3. Registrazione continua dei parametri di perforazione

Ove richiesto dalle Ferrovie, per tutta la perforazione e/o parte di essa, dovranno essere registrati, in funzione del tempo o della profondità di perforazione, tramite idonei sensori elettrici di misura direttamente collegati ai circuiti di trasmissione oleopneumatica, i seguenti parametri:

- velocità di rotazione dell'utensile (V_r);
- velocità istantanea di avanzamento (V_a);
- spinta applicata sull'utensile di perforazione (PCS);
- pressione del fluido di circolazione (PIF);
- coppia di rotazione assorbita.

Ove possibile dovrà inoltre essere determinato, in continuo, anche il volume del fluido iniettato dalla pompa solidale all'attrezzatura di perforazione utilizzata ed allo scopo opportunamente attrezzata.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 82 di 239

Il numero dei parametri di perforazione da registrare, non dovrà essere comunque inferiore a tre (velocità istantanea di avanzamento, spinta sull'utensile di perforazione, coppia di rotazione).

La registrazione dei parametri dovrà avvenire preferibilmente con la frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile oppure con la frequenza di una registrazione al minuto, nel caso di avanzamenti inferiori a 1 cm/minuto. In ogni caso la frequenza di registrazione non dovrà mai essere superiore a 5 cm di avanzamento.

I dati rilevati dovranno essere memorizzati tramite idoneo registratore (analogico/digitale) e dovranno poter essere elaborati automaticamente in cantiere, prevedendo allo scopo dispositivi di visualizzazione o di stampa delle diagrafie provvisorie tali da consentire ove necessario la verifica da parte delle Ferrovie della validità, oltre che dell'accuratezza, del programma di prove attuato.

Al termine delle prove saranno consegnati i grafici contenenti, in ascisse, le scale di riferimento relative a ciascun parametro misurato ed, in ordinate, i tempi e/o le relative profondità d'investigazione.

Le diagrafie di cui alla presente voce dovranno inoltre indicare il tipo di operazione condotta (perforazione o campionamento).

La bocca dei sondaggi dovrà essere sistemata con chiusino oppure si dovrà procedere attraverso intasamento del foro di sondaggio con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso): acqua -100-; cemento -30-; bentonite: -5-.

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile. Il riempimento del foro dovrà risultare omogeneo e privo di cavità.

Documenti da consegnare

Per ogni perforazione eseguita dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Colonna stratigrafica, basata sull'esame dei detriti, con esplicite indicazioni relative a:

- cantiere;
- numero e ubicazione precisa della perforazione;
- data di inizio e di ultimazione;
- attrezzatura e sistema di perforazione;
- utensile/i di perforazione;
- fluido/i di circolazione;
- accorgimenti per assicurare la stabilità delle pareti del foro;
- quota assoluta del piano campagna;
- profondità e quota assoluta iniziale e finale di ogni strato di terreno attraversato;
- numero ed ubicazione delle carote prelevate;
- inclinazione del foro mediante misure dei cateti orizzontale e verticale del triangolo rettangolo avente per ipotenusa la direzione di perforazione riferito al nord;
- natura e caratteristiche geolitologiche di massima dei terreni attraversati;
- presenza ed ubicazione precisa dei livelli acquiferi eventualmente intercettati e relative quote di livello statico;
- eventuali anomalie o difficoltà particolari riscontrate durante la perforazione, nonché qualsiasi altra indicazione ritenuta utile dall'operatore o dalle Ferrovie ai fini dell'indagine.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 83 di 239

3.7.1.2 Sondaggio geognostico ad andamento verticale o con inclinazione inferiore o uguale a 15 gradi eseguito a carotaggio continuo.

La perforazione a carotaggio continuo si esegue quando, per il riconoscimento del terreno, devono essere prelevati, senza soluzione di continuità, campioni rappresentativi dei sedimenti e deve essere rilevata la completa stratigrafia dei terreni attraversati nonché la presenza e la natura delle discontinuità.

L'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo dovrà permettere quindi:

- la descrizione stratigrafica in chiave geotecnica e/o geomeccanica dei materiali incontrati nella perforazione;
- il prelievo di campioni indisturbati;
- l'esecuzione in foro di prove geotecniche, geomeccaniche e idrogeologiche;
- l'attrezzaggio del foro per prove di controllo e di monitoraggio;
- il rilievo del livello piezometrico della falda.

A. Strumentazione

A.1. Sonda di perforazione

Le attrezzature da impiegare per la perforazione devono essere del tipo a rotazione o rotopercolazione tali da permettere l'esecuzione di quanto descritto ai successivi punti.

Le attrezzature a rotazione devono avere caratteristiche idonee all'esecuzione del programma di indagini con i requisiti minimi elencati di seguito:

Velocità di rotazione	0 ÷ 500	(rpm)
Coppia massima	≥ 400	(kgm)
Corsa continua	≥ 150	(cm)
Spinta	≥ 4000	(kg)
Tiro	≥ 4000	(kg)
Pompa per fluidi di perforazione	30÷60	[bar (pressione)]
	90÷200	[litri (portata)]
Pompa ad alta pressione (100 bar) per il campionamento	presente	
Argano a fune	presente	

La pompa dovrà avere un circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Nel caso di impiego di fanghi di circolazione dovrà essere disponibile l'impianto per la preparazione ed il recupero degli stessi.

L'eventuale impiego di fluidi di circolazione e raffreddamento dovrà essere approvato dalle Ferrovie. L'utilizzo di fanghi richiede l'adozione di un impianto per la preparazione, il recupero e la pulizia medesimi.

Tutte le attrezzature operanti dovranno essere dotate di idoneo manometro avente lo scopo di controllare rapidamente che non vi siano sovrappressioni del fluido di perforazione sia durante la perforazione sia du-

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 84 di 239

rante il prelievo di campioni indisturbati.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

A.2. Utensili di perforazione

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- carotiere semplice, con valvola di testa a sfera e calice per perforazione a secco:
 - diametro nominale: $\varnothing_{est} = 101 \div 146$ mm
 - lunghezza utile: $L = 150 \div 300$ cm
- carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore per perforazione con fluido:
 - diametro nominale: $\varnothing_{est} \geq 101$ mm
 - lunghezza utile: $L = 150 \div 300$ cm
- carotiere triplo con porta campione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore per perforazione con fluido:
 - diametro nominale: $\varnothing_{est} \geq 101$ mm
 - lunghezza utile: $L = 150$ cm
- corone di perforazione in widia e diamantate;
- aste di perforazione con filettatura troncoconica:
 - diametro esterno: $\varnothing_{est} = 67 \div 76$ mm
 - lunghezza utile: $L = 150$ cm, 300 cm

Nel caso di avanzamento con metodologia wire-line dovranno essere disponibili carotieri doppi (PQ, HQ) e/o tripli (PQ3, HQ3).

A.3. Utensili di pulizia fondo foro

Dovranno essere disponibili in cantiere:

- carotiere semplice $L = 40 \div 80$ cm;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse $\varnothing = 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

A.4. Rivestimento provvisorio

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo: $s = 8 \div 10$ mm
- diametro esterno: $\varnothing_{est} = 127 \div 152$ mm
- lunghezza spezzoni: $L = 50 \div 200$ cm

La tubazione di rivestimento provvisorio deve avere un diametro adeguato al diametro dell'utensile di perforazione e deve essere infissa dopo ogni manovra fino alla quota raggiunta dalla perforazione stessa.

A.5. Strumenti di controllo e prova

Devono fare parte del corredo delle attrezzature anche i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato per la misurazione della quota effettiva di fondo foro;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 85 di 239

- sonda piezometrica elettrica;
- penetrometro tascabile (fondo scala 0,5 e 1 MPa) e scissometro tascabile (fondo scala 100 e 240 kPa);
- sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) per la misura della resistenza;
- profilografo a pettine (pettine di Barton) per il rilievo dei profili di rugosità dei giunti;
- calibro e spessimetro a lamelle per la misura dell'apertura dei giunti;
- HCl diluito al 5% per la classificazione di rocce carbonatiche.

Le Ferrovie si riservano la possibilità di autorizzare l'impiego di attrezzature con requisiti diversi da quelli sopraelencati.

B. Modalità esecutive

B.1. Installazione dell'attrezzatura di perforazione

L'installazione della postazione di sondaggio e di tutte le attrezzature necessarie deve essere effettuata in modo da consentire agli operatori accesso e permanenza agevoli nell'area di lavoro, compatibilmente con l'accessibilità generale dell'area di lavoro.

Se richiesto dalle condizioni ambientali, si dovranno eseguire, nell'area interessata, la regolarizzazione del piano di campagna mediante asportazione o riporto di terra o materiale arido ed ogni opera provvisoria atta ad impedire ristagni d'acqua.

L'attrezzatura di perforazione dovrà essere posizionata sulla verticale da indagare in modo che l'inclinazione ed eventualmente la direzione del foro non cambino in seguito a spostamenti accidentali dell'attrezzatura stessa.

Prima di iniziare la perforazione occorre orientare la guida di scorrimento della testa di rotazione della sonda secondo l'inclinazione e la direzione desiderata.

In presenza di sondaggi verticali, l'inclinazione dovrà essere controllata normalmente con una livella a bolla di lunghezza non inferiore a 50 cm oppure con un filo a piombo. In presenza di sondaggi inclinati, l'inclinazione dovrà essere fissata mediante un goniometro controllato tramite calcoli trigonometrici.

B.2. Perforazione a carotaggio continuo

Il sistema e le modalità di perforazione con carotaggio devono essere tali da rendere minimo il disturbo provocato nei terreni attraversati e tali da consentire il campionamento del terreno mediante prelievi di campioni dall'utensile di perforazione. La perforazione, inoltre, deve consentire il prelievo di campioni indisturbati nonché l'esecuzione di prove geotecniche, geomeccaniche ed idrogeologiche.

Il carotaggio dovrà essere integrale e rappresentativo dei terreni attraversati con una percentuale di recupero minima non inferiore al 90%.

In linea generale ed in relazione alle caratteristiche dei terreni la perforazione dovrà essere eseguita secondo le seguenti linee guida:

- 1) nei terreni litoidi: a rotazione con corona a widia o a diamanti ed impiego di carotiere semplice, doppio o triplo;
- 2) nei terreni coesivi: a rotazione con impiego di carotiere semplice senza fluido di circolazione oppure con impiego di carotiere doppio/triplo con debole circolazione di fluido;
- 3) nei terreni granulari: a rotazione con impiego di triplo carotiere o con carotiere semplice senza fluido di circolazione (a secco).

I carotieri saranno azionati ad aste: in alternativa si possono utilizzare, a seguito di approvazione delle

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 86 di 239

Ferrovie, sistemi "wire-line" purché si ottenga la percentuale di carotaggio richiesta e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale. Qualora richiesto dalle Ferrovie, l'Esecutore desisterà dall'uso del sistema wire-line per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

B.2.1. Perforazione a carotaggio continuo nei terreni sciolti

La perforazione a carotaggio continuo sarà di norma eseguita mediante carotiere semplice.

Il carotiere semplice è un tubo di acciaio la cui estremità inferiore è costituita da una corona provvista generalmente di inserti di widia. All'estremità superiore deve essere posizionata una valvola di non ritorno a sfera che impedisca all'acqua presente nelle aste di perforazione di venire a contatto con la carota riducendone così il disturbo e la possibilità che la carota stessa fuoriesca dal carotiere.

Nei terreni sciolti (argilla, limo, sabbia, ghiaia, ciottoli) l'avanzamento del carotiere dovrà avvenire sempre a secco senza impiego di fluidi di perforazione per impedire il dilavamento delle frazioni fini.

Nei terreni sabbiosi e/o ghiaiosi per evitare l'essiccamento del materiale e la formazione dei cosiddetti "tappi" (materiale "bruciato") si dovrà regolare la velocità di rotazione su valori bassi e incrementare la pressione di spinta oppure avanzare per mezzo della sola pressione di spinta, senza rotazione, mediante piccoli movimenti in su e giù della batteria di aste collegate alla testa di rotazione o all'argano di sollevamento.

In presenza di terreni estremamente molli sarà necessario posizionare in prossimità della corona un porta-estrattore con estrattore a cestello per impedire al materiale di sfilarsi.

Al termine della manovra di carotaggio il carotiere dovrà essere estratto molto lentamente mantenendo il battente d'acqua il più elevato possibile con continui rabbocchi, al fine di evitare che la carota si sfilì per effetto pistone.

Nei materiali granulari per evitare che la carota si sfilì, sarà necessario eseguire il "tappo" negli ultimi 10-20 cm di carotaggio di ogni manovra essiccando il materiale in modo che si attacchi alle pareti del carotiere; questa operazione sarà eseguita mediante rotazione e spinta sull'utensile.

Per le operazioni di estrazione della carota dovrà essere utilizzato un estrusore idraulico oppure una scarotatrice dotata di un regolatore della pressione di estrusione e di un tampone a tenuta che impedisca il contatto della carota con il fluido di spinta.

Prima di ogni manovra di campionamento o di prova geotecnica in foro dovrà essere misurata con precisione la profondità del foro utilizzando uno scandaglio a filo graduato. Qualora vi sia differenza tra la quota raggiunta con la perforazione e la quota misurata si deve procedere alla pulizia del foro con apposita manovra.

La pompa utilizzata per la circolazione dei fanghi dovrà avere una potenza atta a sviluppare una adeguata velocità di fuoriuscita dei fanghi stessi dal foro onde impedire la decantazione dei detriti nel foro di sondaggio.

B.2.2. Perforazione a carotaggio continuo nei materiali lapidei

Nei materiali litoidi la perforazione a carotaggio continuo può essere eseguita con il metodo ad aste e doppio carotiere oppure con il metodo wire line.

Di norma il sistema ad aste viene adottato fino a profondità di indagine pari a 80 m, mentre il sistema wire line è preferito per profondità superiori a 80 m.

Il doppio carotiere è costituito da due tubi di acciaio coassiali; quello interno non ruota per mezzo di una speciale testa con cuscinetti a sfera.

L'intercapedine tra i due tubi consente il passaggio del fluido di perforazione che potrà essere acqua, fango bentonitico o polimeri in funzione del materiale incontrato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 87 di 239

L'utensile di taglio sarà costituito da corona diamantata o da corona con prismi di widia.

Nella perforazione di rocce molto compatte o di calcestruzzo si dovrà utilizzare un carotiere doppio con corona diamantata e fluido di perforazione costituito da acqua.

In presenza di rocce fratturate si useranno i carotieri tripli con fluidi di perforazione costituiti da acqua, fanghi bentonitici o polimeri.

Il sistema wire line prevede l'impiego di aste speciali che funzionano anche da tubi di rivestimento provvisorio e di uno speciale doppio carotiere collegato alla prima asta.

Il tubo interno del doppio carotiere, al termine di ogni manovra di carotaggio, dovrà essere recuperato mediante l'uso di un attrezzo di pescaggio che viene calato in foro con una fune all'interno delle aste wire line.

Per le operazioni di scarotatura (estrazione della carota) dovrà essere utilizzato un estrusore idraulico oppure una scarotatrice dotata di un regolatore della pressione di estrusione e di un tampone a tenuta che impedisca il contatto della carota con il fluido di spinta.

B.3. Rivestimento provvisorio

Per evitare franamenti delle pareti del foro, la perforazione deve essere eseguita impiegando una tubazione metallica provvisoria di rivestimento o utilizzando fango bentonitico o a polimeri, salvo prescrizioni diverse delle Ferrovie. La necessità del rivestimento provvisorio è da verificarsi in relazione alle reali caratteristiche del terreno.

In generale la perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in previsioni o assenza di autosostentamento delle pareti con l'uso del fluido in circolazione. La pressione del fluido sarà la minore possibile e controllata tramite manometro. Il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto nei limiti minimi, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a 20÷50 cm dal fondo foro (con esclusione del metodo wire-line).

Di norma, il rivestimento è installato a rotazione con circolazione di fluido il cui livello deve essere sempre mantenuto mediante aggiunta opportuna fino ad una quota tale da bilanciare la pressione idrostatica nel terreno naturale (in particolare durante l'estrazione della batteria di aste).

Nei tratti di perforazione seguiti da prelievi di campioni indisturbati e/o da prove in sito al fondo foro, l'infissione della tubazione di rivestimento, così come la perforazione quando fatta con fluido di circolazione, devono avvenire evitando punte di pressione del fluido dovute ad infissione molto rapida, a formazione di "anelli" all'esterno del rivestimento oppure a formazione di tappi nel carotiere.

A tal fine occorre operare (verificando sul manometro o sul registratore) in modo che la pressione del fluido, al piano lavoro, non superi mai quella naturale alla quota del fondo foro (pari a circa 0,1 bar per ogni metro di profondità).

Al fine di minimizzare il disturbo al fondo foro il rivestimento dovrà essere arrestato 0,5 m al di sopra della quota di campionamento e/o di prova di sito prevista.

B.4. Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione durante l'avanzamento del rivestimento e, se consentito dalle Ferrovie, nelle fasi di perforazione potrà essere costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 88 di 239

Il fango bentonitico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- viscosità, misurata con viscosimetro Marsh, maggiore di 45 gradi Marsh;
- acqua libera minore o uguale al 2%.

La confezione e la circolazione del fango bentonitico devono essere eseguiti mediante l'uso di adeguati mescolatori, pompe, vasche di decantazione ed eventuali additivi di appesantimento o intasanti.

La composizione del fango bentonitico, prima dell'impiego deve possedere i requisiti di uniformità, costanza e stabilità richiesti e durante l'impiego non deve dar luogo a fenomeni di flocculazione.

Possono essere utilizzati fanghi polimerici o altri fluidi speciali subordinati all'approvazione delle Ferrovie e a condizione che il fluido proposto, oltre a esplicare le funzioni di raffreddamento, di asportazione dei detriti e di eventuale sostentamento del foro, non pregiudichi la qualità del carotaggio, la possibilità di eseguire prove in sito e, soprattutto, che sia biodegradabile.

L'uso di sola acqua pulita è tassativamente prescritto nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri è ammesso solamente l'uso di acqua o di fanghi polimerici biodegradabili entro 72 ore.

La bentonite dovrà essere verificata prelevando alcuni campioni da sacchi distinti; i campioni sottoposti ad un esame visivo non devono presentare alcuna alterazione per effetto dell'umidità. Analoga verifica dovrà essere eseguita su giacenze di bentonite in deposito per un periodo superiore a tre settimane.

Dovranno essere eseguiti periodici controlli della densità (peso di volume unitario) e della viscosità del fluido ed a tal fine dovrà disporre in cantiere di apposito bilancino per la misura speditiva della densità.

B.5. Stabilità del fondo foro

La stabilità del fondo foro dovrà essere assicurata in ogni fase della lavorazione con particolare attenzione nei casi in cui il terreno necessiti di rivestimento provvisorio.

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo a bocca foro mediante rabbocchi progressivi specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste.

L'estrazione degli utensili deve avvenire con velocità iniziale molto bassa ($1 \div 2$ cm/sec), eventualmente intervallata da pause di attesa per il ristabilimento della pressione idrostatica del fluido sul fondo foro. Ciò riguarda le fasi dell'estrazione del carotiere e delle fustelle dei campionatori ad infissione conclusa.

Devono essere evitati indesiderabili effetti di risucchio che possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora essa risulti occlusa all'estremità inferiore dal terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

B.6. Pulizia del fondo foro

La quota del fondo foro dovrà essere misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato o di qualsiasi tipo di prova eseguita in foro.

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite quando la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio supererà le seguenti tolleranze:

- 7 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 10 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

B.7. Rilievo della falda

Nel corso della perforazione dovrà essere rilevato in forma sistematica il livello della falda nel foro. Le misure devono essere eseguite in particolare ogni mattina e ogni sera, prima di riprendere in lavoro ed al termine

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 89 di 239

dello stesso, con annotazione dei seguenti dati:

- livello dell'acqua nel foro rispetto al piano campagna;
- quota del fondo foro;
- quota della scarpa dell'eventuale rivestimento;
- data ed ora della misura.

Tali annotazioni dovranno comparire anche nella documentazione definitiva del lavoro.

B.8. Campionamento nei sondaggi

Il numero dei campionamenti, la relativa quota in foro di sondaggio e la tipologia di campione da prelevare (indisturbato o rimaneggiato) dovrà essere autorizzato dalle Ferrovie.

Le modalità di campionamento possono prevedere il prelievo dei seguenti tipi di campione:

B.8.a. rimaneggiato, raccolto fra i testimoni del carotaggio di qualsiasi litologia;

B.8.b. indisturbato, prelevato con campionatore a pistone, fune, rotativo, in terreni coesivi e semicoesivi;

B.8.c. campioni di carota lapidea prelevati nel corso del carotaggio in terreni rocciosi o manufatti in muratura, in cls o manufatti in muratura, in cls o in lastre di rivestimento o in terreni naturali consolidati artificialmente.

I campioni di tipo B.8.a. e B.8.b. devono assicurare una rappresentazione veritiera della distribuzione granulometrica del terreno; i campioni di tipo B.8.b. e B.8.c. non devono subire deformazioni strutturali rilevanti e conservare inalterati:

- contenuto d'acqua (solo B.8.b.);
- peso di volume apparente;
- deformabilità;
- resistenza al taglio.

Tutti i campioni prelevati devono essere chiaramente contraddistinti mediante etichette inalterabili in cui siano riportate le seguenti informazioni:

- cantiere;
- numero del sondaggio e del campione;
- profondità di prelievo;
- data di prelievo;
- tipo di campionatore;
- orientamento del campione (parte alta, parte bassa).

I dati relativi al numero del campione, al tipo di campionatore impiegato ed al metodo di prelievo devono essere riportati nell'elaborato della stratigrafia anche nel caso di campionamenti non riusciti.

Nei campioni indisturbati si dovranno pulire accuratamente le estremità del campione rimuovendo le parti di terreno disturbato. Le estremità della fustella devono essere sigillate mediante uno strato di paraffina fusa e con due tappi chiusi ermeticamente con nastro adesivo impermeabile.

Tutti i campioni prelevati dovranno essere ricoverati in locali adatti, chiusi, asciutti prima del sollecito invio al laboratorio geotecnico.

B.8.a. Campioni rimaneggiati

I campioni rimaneggiati devono essere selezionati dal "carotaggio" nella fase di sistemazione dello stesso nella cassetta catalogatrice.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 90 di 239

Essi devono essere rappresentativi della granulometria e del materiale prelevato.

Dovranno essere sigillati in sacchetti o barattoli di plastica trasparente, contraddistinti con un cartellino indelebile posto all'esterno del sacchetto o del barattolo con le indicazioni di cui sopra.

Devono quindi essere ricoverati in un locale riparato e successivamente inviati al laboratorio geotecnico.

La quantità necessaria è di circa 0,5 kg per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani (con ghiaia).

I dati sopraelencati dovranno essere riportati anche sulla stratigrafia del sondaggio.

Rientrano in questa categoria di campioni gli spezzoni delle carote (di lunghezza ≥ 15 cm) prelevate con la perforazione in roccia o in strati cementati; essi devono essere selezionati nella fase di sistemazione nella cassetta catalogatrice, puliti, descritti e ricoperti quindi con paraffina fusa.

Preferibilmente dovranno essere poi inseriti in contenitori cilindrici rigidi con l'indicazione indelebile dei dati di riconoscimento del singolo campione.

B.8.b. Campioni indisturbati

La fustella dei campionatori dovrà essere a pareti sottili in acciaio inox con i seguenti parametri dimensionali:

- rapporto $L/D_i \geq 7,5$
- rapporto delle aree:

$$c_p = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 \leq 15$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$c_i = \frac{D_i - D}{D} \cdot 100 = 0,0 \div 0,5 \text{ per campioni corti e } 0,75 \div 1,0 \text{ per campioni lunghi}$$

- diametro utile ≥ 85 mm

Con:

L = lunghezza utile della fustella

D_i = diametro interno della fustella

D_{est} = diametro esterno della fustella

D = diametro all'imboccatura della fustella

La fustella deve essere liscia, priva di cordoli, non ovalizzata. Il prelievo dei campioni può essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti:

1) Campionatore a pistone infisso idraulicamente (tipo Osterberg)

Il campionatore ad infissione idraulica del pistone (tipo Osterberg) può essere utilizzato con profitto in terreni coesivi aventi resistenza al taglio ≤ 200 kPa, in relazione alla potenza della pompa utilizzata; può essere impiegato con risultati positivi anche in sabbia fine da poco a mediamente addensata.

2) Campionatore a fune con infissione meccanica del pistone

Il campionatore a fune con pistone agganciabile permette il campionamento in terreni la cui consistenza arresta la fustella spinta idraulicamente. Può essere utilizzato positivamente in sostituzione del campionatore Shelby di cui presenta la stessa capacità penetrativa (utilizza la spinta meccanica della batteria di aste) con i vantaggi del pistone.

3) Campionatore rotativo a pareti sottili

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 91 di 239

Il campionatore rotativo a pareti sottili, con scarpa sporgente, permette di campionare i terreni la cui consistenza arresta l'infissione a pressione della fustella. Viene spinto e ruotato meccanicamente dalla batteria di aste, in presenza di fluido di circolazione.

4) Altri campionatori

I campionatori tradizionali (Shelby, Denison, Mazier) possono essere utilizzati solo in seguito alla preventiva autorizzazione delle Ferrovie. Altri tipi di campionatore possono essere utilizzati salvo preventivo parere da parte delle Ferrovie.

L'infissione del campionatore deve avvenire in un'unica tratta, senza soluzione di continuità e senza flessioni o rotazioni del campionatore.

I campionatori a pistone devono essere costruiti in modo da poter portare alla pressione atmosferica, a fine prelievo, la superficie di contatto fra la parte alta del campione ed il pistone.

Nel campione rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori tra 0,5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati deve seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso di autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche per il breve lasso di tempo necessario al prelievo, si dovrà rivestire prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio $0,2 \div 0,5$ m più alta della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo foro. Si dovrà inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione nella fase di installazione del rivestimento. A tal fine la pressione del fluido a testa foro dovrà essere controllabile in ogni istante attraverso un manometro di basso fondo scala (10 bar) da escludersi nelle fasi di campionamento Osterberg, ove sono necessarie pressioni maggiori.

B.8.c. Campioni di carota di roccia e/o di strati cementati

I campioni di roccia, oltre ad assicurare una rappresentazione litologica della roccia, non devono subire rotture meccaniche al momento del prelievo conservando inalterate le caratteristiche strutturali.

I campionatori utilizzabili sono:

- 1) Doppio carotiere NT6S: si tratta di un doppio carotiere a rotazione costituito da due tubi indipendenti e munito di corona a scarico frontale in modo da preservare il campione dal fluido di perforazione. Il tubo interno, non rotante, ha la funzione di contenitore del campione; tale tubo campionatore è divisibile longitudinalmente a metà e permette l'esame immediato del campione senza doverlo estrarre meccanicamente.
Il campione, quindi, può essere trasferito nella cassetta portacampioni senza alcun disturbo.
- 2) Doppio carotiere NT6S con modifica: si tratta di un carotiere NT6S il cui tubo interno originale viene sostituito con due adattatori che permettono l'alloggiamento di una fustella portacampioni in PVC.
In questo modo si possono ottenere dei campioni di qualità in fustella con formazioni difficili quali argilliti e marne.
- 3) Tripla carotiere wire line: si tratta di un campionatore wire line a tripla parete con fustelle portacampioni in PVC trasparente che permette di prelevare campioni fino a 3 m di lunghezza totale. Le caratteristiche della fustella in PVC trasparente permettono una descrizione geomeccanica di dettaglio del campione prelevato direttamente in cantiere e la possibilità di scegliere la parte più idonea del campione da sottoporre alle prove di laboratorio.
Questo tipo di campionatore permette il prelievo di campioni significativi per prove di laboratorio anche su litotipi dotati di caratteristiche meccaniche particolarmente scadenti.

B.9. Casette catalogatrici

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 92 di 239

Le carote estratte nel corso della perforazione dovranno essere sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica pressofusa o similari), munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera.

B.10. Registrazione dei parametri di perforazione

Durante tutta o parte della perforazione su richiesta delle Ferrovie, dovranno essere registrati:

- velocità di rotazione dell'utensile (V_r);
- velocità istantanea di avanzamento (V_a);
- spinta applicata sull'utensile di perforazione (PCS);
- pressione del fluido di circolazione (PIF);
- coppia di rotazione assorbita.

Ove possibile dovrà inoltre essere determinato, in continuo, anche il volume del fluido iniettato dalla pompa solidale all'attrezzatura di perforazione utilizzata ed allo scopo opportunamente attrezzata.

Il numero dei parametri di perforazione da registrare, non dovrà essere comunque inferiore a tre (velocità istantanea di avanzamento, spinta sull'utensile di perforazione, coppia di rotazione).

La registrazione dei parametri dovrà avvenire preferibilmente con la frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile oppure con la frequenza di una registrazione al minuto, nel caso di avanzamenti inferiori a 1 cm/minuto. In ogni caso la frequenza di registrazione non dovrà mai essere superiore a 5 cm di avanzamento.

I dati rilevati dovranno essere memorizzati tramite idoneo registratore (analogico/digitale) e dovranno poter essere elaborati automaticamente in cantiere, prevedendo allo scopo dispositivi di stampa delle diagrafie provvisorie tali da consentire ove necessario la verifica da parte delle Ferrovie della validità, oltre che dell'accuratezza, del programma di prove attuato.

Al termine delle prove saranno consegnati i grafici contenenti, in ascisse, le scale di riferimento relative a ciascun parametro misurato ed, in ordinate, i tempi e/o le relative profondità d'investigazione.

Le diagrafie di cui alla presente voce dovranno inoltre indicare il tipo di operazione condotta (perforazione o campionamento).

B.11. Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie

Il foro di sondaggio, all'interno del quale non è stata installata alcuna strumentazione o non è prevista alcuna successiva prova idraulica, geotecnica e meccanica, dovrà essere riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua: 100
- cemento: 30
- bentonite: 5

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile.

Il riempimento del foro dovrà risultare omogeneo e privo di cavità.

B.12. Sistemazione al piano campagna della bocca di sondaggio

Quando il foro di sondaggio deve essere ispezionabile si dovrà provvedere alla sistemazione della bocca del sondaggio al piano di campagna in modo da evitare manomissioni esterne e in modo da permettere di eseguire i controlli periodici e le letture delle apparecchiature installate in sito.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 93 di 239

La sistemazione della bocca del foro potrà essere eseguita mediante semplice flangia in ferro zincato con chiusura di sicurezza oppure, nel caso in cui la situazione locale lo richieda, si dovrà provvedere alla formazione di un adeguato pozzetto in muratura o conglomerato cementizio corredato di chiusino carrabile.

B.13. Descrizione stratigrafica, geotecnica, geomeccanica

B13.1. Sondaggio in terreni

Per ciascuno strato o livello attraversato deve essere fornita una esauriente descrizione stratigrafica e geotecnica determinando i seguenti elementi che verranno descritte nel seguito:

- tipo di terreno;
- morfometria dei clasti;
- condizioni di umidità naturale;
- compattezza;
- colore;
- struttura;
- odore;
- reazione all'HCl
- particolarità aggiuntive.

a) Tipo di terreno

I diversi terreni sono raggruppabili in quattro gruppi principali:

- Terreni granulari (blocchi, ciottoli, ghiaia, sabbia) se prevalgono grani visibili ad occhio nudo ($d > 0,006$ mm), privi di coesione se asciutti;
- Terreni coesivi (limo, argilla): se prevalgono grani non visibili ad occhio nudo, dotati di coesione se asciutti;
- Terreni organici o vegetali: se prevalgono materiali organici o vegetali;
- Torbe: se prevalgono resti lignei.

Per la definizione del tipo di terreno, si farà riferimento alla tabella 3.7.1.2-1.

Definizione		Diametro dei grani (mm)	Criteri di identificazione
Blocchi		> 200	Visibili ad occhio nudo
Ciottoli		60 – 200	
Ghiaia	Grossolana	20 – 60	
	Media	6 - 20	
	Fine	2 – 6	
Sabbia	Grossolana	0,6 – 2	
	Media	0,2 – 0,6	
	Fine	0,06 – 0,2	
Limo		0,002 – 0,06	Visibile a occhio nudo solo se grossolano, poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto. Si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato tra le dita.
Argilla		< 0,002	Plastica, non dilatante, liscia al tatto. Si appiccica alle dita, si disgrega lentamente in acqua, si asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione. I frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati tra le dita.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 94 di 239

Terreno organico o vegetale	Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche.
Torba	Predominano i resti lignei non mineralizzati. Colore scuro. Bassa densità

Tabella 3.7.1.2-1

Secondo le raccomandazioni AGI il nome del terreno è dato dalla classe granulometrica predominante seguita dalla denominazione della frazione secondaria secondo il seguente schema:

- preceduta dalla preposizione “con” se compresa tra il 50 ed il 25% (es. argilla con limo);
- seguita dal suffisso “-oso” se tra il 25 ed il 10% (es. argilla limosa);
- preceduta dal termine “debolmente” e seguita dal suffisso “-oso” se tra il 10 ed il 5% (es. argilla debolmente limosa).

b) Morfometria dei clasti

Della frazione grossolana (blocchi, ciottoli, ghiaia) si dovrà specificare:

- la natura litologica e l'origine;
- il diametro massimo e medio dei grani;
- la percentuale e la composizione della matrice;
- il grado di uniformità della composizione granulometrica;
- la morfometria con riferimento a:
 - forma: misura delle relazioni esistenti tra le tre dimensioni di un grano (elementi discoidali, sferoidali, lamellari, allungati);
 - sfericità: valutazione quantitativa dell'equidimensionalità di un grano, indipendente dalla misura della forma e dell'arrotondamento (alta sfericità, bassa sfericità);
 - grado di arrotondamento: determinazione della curvatura degli spigoli secondo le definizioni della tabella 3.7.1.2-2.

Tabella 3.7.1.2-2

Definizione	Criteri di identificazione
Angolare	Nessuno smussamento. Le particelle presentano spigoli vivi, facce relativamente piane.
Subangolare	Mantiene forma originale con evidenze di smussamento. Le particelle presentano spigoli arrotondati, facce relativamente piane.
Subarrotondata	Smussamento considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto. Le particelle presentano facce pressoché piane, con spigoli ben arrotondati.
Arrotondata	Rimozione delle superfici originali, con qualche superficie piatta. Le particelle presentano facce incurvate e assenza di spigoli.
Ben arrotondata	Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate. Le particelle presentano facce tondeggianti.

c) Condizioni di umidità naturale

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 95 di 239

Le condizioni di umidità del terreno naturale saranno definite utilizzando uno dei seguenti termini:

- asciutto;
- debolmente umido;
- umido;
- molto umido;
- saturo.

Si deve descrivere la condizione propria del terreno naturale, escludendo quanto indotto dall'eventuale fluido di circolazione.

d) Compattezza

Il grado di compattezza dovrà essere descritto in termini di consistenza nel caso di terreni coesivi (argilla, limo) ed in termini di addensamento nel caso di terreni granulari (sabbia, ghiaia).

Lo stato di consistenza dei terreni coesivi sarà descritto misurando la resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta e scortecciata con una frequenza 1 (una) prova ogni 30÷50 cm (purché il materiale non sia fortemente disturbato). In alternanza alle prove con penetrometro tascabile dovranno essere eseguite prove con scissometro tascabile, sempre sulla carota appena estratta e scortecciata.

In aggiunta, le caratteristiche di consistenza dei terreni coesivi possono essere integrate dalle prove manuali riportate nella tabella 3.7.1.2-3.

Il grado di addensamento nei terreni granulari può essere descritto sulla base dei risultati della prova SPT, come indicato nella tabella 3.7.1.2-4.

In presenza di cementazione, nei terreni granulari, se ne dovrà valutare il grado secondo quanto riportato nella tabella 3.7.1.2-5..

Tabella 3.7.1.2-3

Definizione	Resistenza al penetrometro tascabile (kPa)	Prove manuali
Molto tenero	< 25	Espelle acqua quando strizzato tra le dita.
Tenero	25 - 50	Si modella tra le dita con poco sforzo. Si scava facilmente
Mediamente consistente	50 - 100	Si modella tra le dita con un certo sforzo. Offre una certa resistenza allo scavo.
Consistente	100 - 200	Non si modella tra le dita. E' difficile da scavare
Molto consistente	200 - 400	E' molto resistente tra le dita, può essere scalfito con l'unghia del pollice e si scava con molta difficoltà.
Duro	> 400	Può essere scalfito con difficoltà con l'unghia del pollice

Tabella 3.7.1.2-4

Descrizione	N _{SPT} (colpi/30 cm)	Prove manuali
Sciolto	0 - 4	Si scava facilmente con un badile

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 96 di 239

Poco addensato	4 - 10	Si scava abbastanza facilmente con un badile e si penetra con una barra
Moderatamente addensato	10 – 30	Difficile da scavare con un badile o da penetrare con una barra
Addensato	30 – 50	Molto difficile da penetrare, si scava con un piccone
Molto addensato	> 50	Difficile da scavare con un piccone

Tabella 3.7.1.2-5

Definizione	Criteri di identificazione
Debole	Si sbriciola o si rompe con una piccola pressione delle dita
Moderata	Si sbriciola o si rompe con una considerevole pressione delle dita
Forte	Non si sbriciola o si rompe con la pressione delle dita

e) Colore

Il colore dovrà essere descritto subito dopo l'estrazione della carota facendo riferimento alle carte colorimetriche Munsell definendo il colore predominante e la sua gradazione, la luminosità ed il tono.

Nei terreni granulari si dovrà descrivere il colore della matrice.

f) Struttura

La descrizione della struttura dei terreni dovrà evidenziare gli elementi significativi del deposito con particolare riferimento alla presenza o meno di discontinuità. In presenza di materiali coesivi si dovrà mettere in evidenza la presenza di tessiture brecciate (ad es. presenza di elementi consistenti in matrice molle) o di zone di taglio (superfici lisce o striate).

Per la descrizione della struttura si potrà fare riferimento alla tabella 3.7.1.2-6.

Tabella 3.7.1.2-6

Definizione	Criteri di identificazione
Stratificata	Alternanza di strati con spessore e/o colore diverso. Spessore maggiore di 20 mm
Laminata	Alternanza di strati con spessore e/o colore diverso. Spessore minore di 20 mm
Fessurata	Presenza di fratture lungo piani definiti
Massiva	Materiale coesivo che se suddiviso in piccole porzioni mantiene identica resistenza alla rottura del terreno originario
Lenticolare	Inclusione di piccole parti di materiale differente in lenti di spessore noto (ad es. lenti sabbiose in argilla)
Omogenea	Colore e aspetto uniforme

La stratificazione dovrà essere descritta precisandone la spaziatura, come indicato nella tabella 3.7.1.2-7.

Tabella 3.7.1.2-7

Spessore medio (mm)	Descrizione

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 97 di 239

> 2000	Stratificazione in banchi
600 – 2000	Strati di elevato spessore
200 – 600	Strati di medio spessore
60 – 200	Strati di sottile spessore
20 – 60	Strati di spessore molto sottile
6 – 20	Laminazione
< 6	Laminazione sottile

Le alternanze regolari di tipi litologici diversi (ad es. sabbia e argilla) possono essere definite con il termine di “interstratificazione” o “alternanza”.

g) Odore

I terreni contenenti quantità rilevanti di materiale organico presentano un caratteristico odore di vegetazione in decomposizione che dovrà essere evidenziato nel modulo stratigrafico.

h) Reazione all’HCl

La reazione all’acido cloridrico sarà descritta definendo qualitativamente l’effetto dell’acido sul materiale, come indicato nella tabella 3.7.1.2-8.

i) Particolarità aggiuntive (stato di alterazione; stratificazione: spessore ,forma ecc; fratture)

Ad integrazione degli elementi descrittivi sopra indicati, nel modulo stratigrafico dovranno inserite tutte quelle informazioni e particolarità utili alla definizione delle caratteristiche stratigrafico-geotecniche dei terreni.

A titolo di esempio, è opportuno segnalare la presenza di: radici; manufatti, riporti, materiale di scarica; fossili; sostanze deperibili, friabili, solubili.

Tabella 3.7.1.2-8

Definizione	Criteri di identificazione
Reazione nulla	Nessuna reazione visibile
Reazione debole	Reazione tranquilla, con bolle che si formano lentamente
Reazione forte	Reazione violenta, con bolle che si formano immediatamente

B13.2. Sondaggio in rocce

Per ciascuno litotipo attraversato deve essere fornita una esauriente descrizione stratigrafica e geomeccanica finalizzata all’individuazione delle caratteristiche della roccia intatta e dell’ammasso roccioso mediante la determinazione dei parametri più significativi che influenzano il comportamento dell’ammasso oggetto dell’indagine. Ciò dovrà permettere, tra l’altro, l’applicazione di diverse classificazioni geomeccaniche (Bieniawski, Barton, Hoek ecc.), secondo le indicazioni che saranno impartite dalle Ferrovie.

Dovranno essere determinati i seguenti elementi caratteristici:

a) natura petrografica;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 98 di 239

- b) caratteri strutturali;
- c) alterazione;
- d) resistenza della roccia intatta;
- e) descrizione delle discontinuità;
- f) percentuale di carotaggio totale;
- g) percentuale di carotaggio modificata (RQD);
- h) dimensione degli spezzoni di carota.

a) Natura petrografica

La natura petrografica delle rocce deve essere definita facendo riferimento alle usuali classificazioni litologiche e descrivendone compiutamente i costituenti principali e secondari.

E' preferibile basarsi su uno schema di classifica relativamente semplice evitando dettagli di scarso rilievo tecnico.

Nella descrizione si dovrà fare riferimento, oltre che alle caratteristiche litologiche, alle modalità di formazione, alla costituzione mineralogica ed alle caratteristiche tessiturali della roccia.

b) Caratteri strutturali

Si dovrà descrivere la roccia in funzione dello stato di aggregazione, delle dimensioni, della forma e della natura dei suoi costituenti.

Possono essere utilizzati allo scopo i termini descrittivi suggeriti dall'Associazione Geotecnica Italiana e riportati nella tabella 3.7.1.2-9.

c) Alterazione

Si dovrà evidenziare la presenza o meno di fenomeni di disgregazione meccanica e/o di dissoluzione e decomposizione chimica.

Per la descrizione dell'alterazione dell'ammasso roccioso si può fare riferimento alle indicazioni dell'ISRM, riportate nella tabella 3.7.1.2-10.

Tabella 3.7.1.2-9

Struttura	Descrizione
Compatta	Non è possibile distinguere i componenti della roccia ad occhio nudo
Granulare:	È possibile distinguere ad occhio nudo i costituenti della roccia
Cristallina	I singoli elementi sono costituiti da individui cristallini
Clastica	I singoli elementi sono costituiti da frammenti di rocce o minerali
Orientata:	I singoli elementi sono più o meno allineati secondo una direzione
Laminata	La roccia si divide facilmente in frammenti con forma di lamine o scaglie più o meno estese o sottili
Scistosa	La distribuzione di minerali micacei secondo superfici piane e parallele provoca una più o meno facile suddivisibilità della roccia secondo tali superfici

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 99 di 239

Tabella 3.7.1.2-10

Definizione	Criteri di identificazione
Fresca	Non vi sono segni visibili di alterazione, possibile una leggera decolorazione sulla superficie delle maggiori discontinuità
Leggermente alterata	La decolorazione indica una alterazione della roccia e delle superfici di discontinuità. Tutto il materiale può essere decolorato e talvolta può essere all'esterno meno resistente della roccia fresca all'interno.
Moderatamente alterata	Meno della metà del materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La roccia fresca è presente come uno scheletro continuo o all'interno dei singoli blocchi
Fortemente alterata	Più della metà del materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La roccia fresca è presente come uno scheletro continuo o all'interno dei singoli blocchi
Completamente alterata	Tutto il materiale è decomposto e/o disgregato come un terreno. La struttura massiva originaria è ancora largamente intatta
Suolo residuale	Tutto il terreno è trasformato in terreno. La struttura dell'ammasso è distrutta. Vi è un forte cambiamento di volume ma il terreno è rimasto in posto e non ha subito trasporti significativi

d) Resistenza della roccia intatta

La resistenza della roccia intatta dovrà essere stimata attraverso prove speditive quali:

- prova con il martello di Schmidt;
- prova di carico puntuale (Point Load Strenght Test espressa in MPa)

La prova con il martello di Schmidt consiste nel misurare l'altezza di rimbalzo di una massa che percuote la superficie della roccia con una energia prefissata. Dall'altezza di rimbalzo, per mezzo di grafici predisposti, si ottiene una stima approssimativa della resistenza a compressione della roccia.

La prova di carico puntuale consiste nel portare a rottura un pezzo di carota o un frammento di forma irregolare di roccia mediante l'applicazione di un carico diametrale tra due punte di forma standardizzata.

Per rendere confrontabili i risultati, i valori ottenuti devono essere normalizzati riferendoli ad un diametro standard di 50 mm.

Dalla prova si ottiene un indice di resistenza Is_{50} correlato, tramite una relazione sperimentale, con la resistenza a compressione della roccia:

$$Is_{50} = F * P / (D_e)^2$$

dove:

F = fattore correttivo per la dimensione uguale a $(D_e/50)^{0.45}$

P = carico applicato (MN)

$D_e = (4 * A / \pi)^{0.45}$

A = sezione minore direzione trasversale del campione (mm²)

e) Descrizione delle discontinuità

In prima analisi si dovrà definire la continuità della roccia evidenziando la presenza o meno di discontinuità

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 100 di 239

facendo riferimento alla tabella 3.7.1.2-11.

Tabella 3.7.1.2-11

Definizione	Criteri di identificazione
Roccia intatta	Prima dello scavo la roccia è priva di discontinuità, sia pure capillari
Roccia stratificata	Attraversata da superfici piane e parallele con resistenza scarsa o nulla
Roccia poco fratturata	Attraversata da poche discontinuità variamente orientate e molto distanziate
Roccia fratturata	Roccia con discontinuità ravvicinate comunque orientate (da ravvicinate a molto ravvicinate), strette (a labbra combacianti) o beanti (aperte) vuote o riempite di materiale di alterazione
Roccia completamente frantumata	Non alterata dal punto di vista chimico, con i caratteri di un prodotto di frantoio

In secondo luogo, in presenza di discontinuità si deve definirne la tipologia e le caratteristiche principali quali spaziatura, scabrezza, apertura, grado di alterazione, materiale di riempimento e inclinazione.

e.1. Tipo di discontinuità

Per la descrizione del tipo di discontinuità si potrà fare riferimento alla seguente nomenclatura:

- giunto: discontinuità di origine meccanica che interrompe la continuità di un corpo litologicamente omogeneo e lungo la quale non è avvenuto alcun scorrimento;
- piano di strato: discontinuità correlata alla variazione delle condizioni di sedimentazione, all'interno di una stessa formazione (rocce sedimentarie);
- faglia: discontinuità di origine meccanica lungo la quale è riconoscibile l'avvenuto scorrimento;
- contatto: discontinuità che segna il passaggio tra tipi litologici differenti;
- scistosità: piani di debolezza connessi all'orientazione preferenziale in letti e bande di alcuni componenti mineralogiche della roccia (rocce metamorfiche);
- clivaggio: superfici di fissilità parallele, molto ravvicinate, spesso parallele ai piani assiali delle pieghe di formazioni stratificate.

In presenza di un giunto è necessario evidenziare se esso è attribuibile all'azione meccanica del carotaggio oppure se è naturale.

Laddove possibile deve essere determinato anche il numero di famiglie di discontinuità riconoscibili.

e.2. Spaziatura

Definisce la distanza perpendicolare tra discontinuità adiacenti appartenenti alla stessa famiglia.

Per la classificazione del parametro si può fare riferimento, in accordo a ISRM, alla tabella 3.7.1.2-12.

Tabella 3.7.1.2-12

Spaziatura media (mm)	Descrizione
> 6000	Discontinuità estremamente distanziate
2000 - 6000	Discontinuità molto distanziate
600 - 2000	Discontinuità distanziate

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 101 di 239

200 – 600	Discontinuità moderatamente distanziate
60 – 200	Discontinuità vicine
20 - 60	Discontinuità molto vicine
< 20	Discontinuità estremamente vicine

L'indice della spaziatura delle fratture I_f si determina contando il numero di discontinuità comprese in una lunghezza unitaria di carota:

$$I_f = \frac{\text{lunghezza unitaria (1 m)}}{\text{numero discontinuità}}$$

La determinazione di questo indice deve essere condotta subito dopo l'estrazione dei campioni dal foro in modo da evitare il conteggio delle fratture che in alcune rocce possono verificarsi per effetto dell'essiccamento.

e.3. Scabrezza

Definisce il profilo di una discontinuità dovuta alla presenza o meno di irregolarità sulla sua superficie.

La scabrezza può essere classificata secondo tre famiglie principali (piana, ondulata, a gradini) ciascuna delle quali è ulteriormente suddivisa in tre sottogruppi (rugosa, liscia, levigata).

La scabrezza di una discontinuità può essere determinata in modo speditivo e nel contempo quantitativo, mediante profilometro tascabile (pettine di Barton), confrontando il suo profilo con le classi di scabrezza proposte da Barton a ciascuna delle quali corrisponde un valore del parametro adimensionale JRC (Joint Roughness Coefficient).

e.4. Apertura

Definisce la distanza perpendicolare tra le due pareti di una discontinuità (Tabella 3.7.1.2-13).

In genere la descrizione dell'apertura di una discontinuità intersecata da un sondaggio non è sempre possibile o, comunque, non è sempre rappresentativa della reale situazione in sito.

Tabella 3.7.1.2-13

Apertura media (mm)	Descrizione
< 0,1 ÷ ≤ 0,5	Discontinuità chiusa
≥ 0,5 ÷ ≤ 10	Discontinuità beante
> 10	Discontinuità aperta

e.5. Grado di alterazione

Qualitativamente, il grado di alterazione all'intorno di una discontinuità può essere descritto in funzione di quanto indicato nella tabella 3.7.1.2-14, proposta da ISRM.

Tabella 3.7.1.2-14

Termine	Descrizione
Roccia fresca	Nessun segno visibile di alterazione

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 102 di 239

Roccia decolorata	Si osserva un cambiamento di colore rispetto alla roccia inalterata. Si deve evidenziare se il cambiamento di colore interessa tutta la superficie oppure solo qualche componente minerale
Roccia decomposta	La roccia è ridotta come un terreno. La struttura originaria è intatta ma alcuni o tutti i costituenti minerali sono decomposti
Roccia disintegrata	La roccia è ridotta come un terreno. La struttura originaria è intatta. La roccia è friabile ma i componenti minerali non sono decomposti.

Quantitativamente, il grado di alterazione di una discontinuità può essere stimato mediante la prova con il martello di Schmidt che permettere di determinare l'indice sclerometrico.

Utilizzando l'apposito diagramma, si ricava la resistenza a compressione della parete della discontinuità (JCS: Joint wall Compressive Strenght).

Il rapporto tra la resistenza della parete di una discontinuità con quella di una superficie intatta della roccia può essere rappresentativo dello stato di alterazione della discontinuità.

e.6. Materiale di riempimento

E' rappresentato dal materiale di varia natura interposto tra le due superfici di una discontinuità.

Può essere costituito da ricristallizzazioni mineralogiche (calcite), da minerali accessori (clorite, talco) oppure da argilla, limo breccia di frizione ecc..

Il materiale di riempimento dovrà essere descritto sia in termini di composizione sia in termini di spessore in mm.

Se il riempimento è di tipo argilloso, dovrà essere valutata anche la resistenza al taglio mediante prova con penetrometro tascabile, oppure attraverso una stima mediante quanto indicato nella tabella 3.7.1.2-15.

Tabella 3.7.1.2-15

Denominazione	Criteri di identificazione	Resistenza a compressione (MPa)
Argilla molto morbida	Facilmente penetrabile con il pugno	< 0,025
Argilla morbida	Facilmente penetrabile con il pollice	0,025 – 0,05
Argilla consistente	Penetrabile con il pollice con sforzo moderato	0,05 – 0,1
Argilla rigida	Intaccabile con il pollice ma con grande sforzo	0,1 – 0,25
Argilla molto rigida	Facilmente intaccabile con l'unghia del pollice	0,25 – 0,5
Argilla dura	Intaccabile con difficoltà con l'unghia del pollice	> 0,5

e.7. Inclinazione

L'inclinazione della discontinuità sarà espressa come angolo, misurato in senso orario mediante goniometro, tra la perpendicolare dell'asse di perforazione ed il piano della discontinuità.

f) Percentuale di carotaggio totale

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 103 di 239

E' data dal rapporto percentuale tra la lunghezza della carota (sommatoria di tutti gli spezzoni di carota compresi i tratti recuperati in frammenti) e la lunghezza della manovra di carotaggio.

g) Percentuale di carotaggio modificata (RQD)

L'indice RQD (Rock Quality Designation) è definito come rapporto percentuale tra la somma delle singole lunghezze dei pezzi di carota maggiori o uguali a 10 cm e la lunghezza del tratto carotato.

$$RQD = \frac{\sum l_i}{l_f} \cdot 100 \quad | \% |$$

dove

l_i = singole lunghezze degli spezzoni di carota ≥ 10 cm

l_f = lunghezza totale del tratto carotato (per lunghezza del tratto carotato si intende l'effettivo avanzamento anche se minore della lunghezza del carotiere)

Nel calcolo dell'indice RQD dovrà essere esaminata attentamente la natura delle fratture; superfici di fratture fresche, rotte in modo regolare e giuntabili facilmente dipendono dall'azione meccanica di carotaggio e pertanto i pezzi corrispondenti devono essere messi insieme e contati come un unico pezzo.

Di norma devono essere considerate discontinuità naturali caratteristiche dell'ammasso le fratture lisce, apparentemente fresche ma non ricongiungibili e quelle contenenti prodotti di degradazione meteorica o alterazioni, elementi cementanti nonché striature.

In caso di rotture oblique, la lunghezza del singolo spezzone di carota deve essere misurato in corrispondenza dell'asse della carota.

Tabella 3.7.1.2-16

RQD (%)	Qualità della roccia
0-25	molto scadente
25-50	scadente
50-75	discreta
75-90	buona
90-100	ottima

h) Dimensione degli spezzoni di carota

Il rilievo della dimensione lineare degli spezzoni di carota integra le informazioni derivate dall'indice RQD.

La misura deve essere eseguita lungo l'asse degli spezzoni di carota non considerando eventuali fratture meccaniche.

Si dovranno distinguere tre classi di lunghezza degli spezzoni di carota:

- spezzoni con dimensioni inferiori a 5 cm;
- spezzoni con dimensioni tra 5 e 10 cm;
- spezzoni con dimensioni superiori a 10 cm.

Documenti da consegnare

Per ogni perforazione eseguita dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Colonna stratigrafica con esplicite indicazioni relative a:

- cantiere;
- numero e ubicazione precisa del sondaggio;
- data di inizio e di ultimazione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 104 di 239

- attrezzatura e sistema di perforazione;
- utensile/i di perforazione;
- fluido/i di circolazione;
- accorgimenti per assicurare la stabilità delle pareti del foro;
- quota assoluta del piano campagna;
- inclinazione del foro mediante misure dei cateti orizzontale e verticale del triangolo rettangolo avente per ipotenusa la direzione di perforazione;
- profondità e quota assoluta iniziale e finale di ogni strato di terreno attraversato;
- numero ed ubicazione dei campioni di terreno prelevati;
- rappresentazione stratigrafica dei terreni attraversati alle varie profondità;
- percentuali di carotaggio;
- presenza ed ubicazione precisa dei livelli acquiferi eventualmente intercettati e relative quote di livello statico;
- natura e caratteristiche dei terreni attraversati secondo le specifiche su indicate e con particolare riferimento a:
 - in terreni non lapidei:
 - colore/i prevalente/i della formazione;
 - composizione granulometrica approssimata nei termini correnti (blocchi, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo, argilla), indicando tra l'altro il diametro massimo della frazione grossolana, la tessitura, la presenza di sostanze organiche o torbe, fossili, legno ecc.;
 - caratteristiche di consistenza (terreni coesivi) nei termini correnti (tenero, plastico, consistente, molto consistente) e con riferimento alle prove in sito eseguite (penetrometro tascabile e vane test);
 - caratteristiche di addensamento (terreni non coesivi) nei termini usuali (poco addensato, mediamente addensato, molto addensato) con riferimento ad eventuali prove SPT;
 - grado di arrotondamento e/o di appiattimento e natura delle ghiaie e dei ciottoli;
 - spessori e frequenze di alternanze litologiche e laminazioni ritmiche.
 - in terreni lapidei:
 - natura litologica e caratteri strutturali;
 - durezza;
 - colore;
 - natura e quantità del cemento, della matrice e dello scheletro;
 - natura ed ubicazione delle discontinuità presenti, loro spaziatura ed apertura nonché loro inclinazione rispetto all'asse del sondaggio;
 - presenza di materiale di riempimento e natura dello stesso;
 - grado di alterazione;
 - recupero di carotaggio corretto (RQD), percentuale di carotaggio totale e dimensione degli spezzoni di carota;
 - eventuali anomalie o difficoltà particolari riscontrate durante la perforazione nonché qualsiasi altra indicazione ritenuta utile dall'operatore o dalle Ferrovie ai fini dell'indagine.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ASTM D4220-95 (2000). Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples.
- ASTM D5079-90 (1996). Standard Practices for Preserving and Transporting Rock Core Samples.
- ASTM D6032-96. Standard Test Method for Determining Rock Quality Designation (RQD) of Rock

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 105 di 239

Core.

- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968). Codice italiano di nomenclatura stratigrafica

3.7.1.3 Cassette catalogatrici atte alla conservazione di almeno 5 metri di carote di terreno provenienti da sondaggi a carotaggio continuo, compresa la fotografia digitale.

Le carote estratte nel corso della perforazione dovranno essere sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica pressofusa o simili), munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera; le cassette dovranno essere resistenti in modo tale da non subire danni negli spostamenti in cantiere per il rilievo del loro contenuto o durante le operazioni di impilamento una sull'altra per il loro stoccaggio.

Gli scomparti dovranno avere una lunghezza interna di 1 m tale da consentire in ogni cassetta la conservazione di 5 m (cinque metri) di carotaggio. Sul fondo delle cassette sarà posto un foglio di plastica di dimensioni tali da poter essere rivoltato a protezione delle carote alloggiate

Le carote coesive verranno scortecciate mentre quelle lapidee dovranno essere lavate.

I recuperi delle singole manovre dovranno essere evidenziati da setti separatori recanti l'indicazione delle rispettive quote da riferirsi sempre alla bocca foro.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio, con l'indicazione delle quote di inizio e fine dei suddetti prelievi.

Le singole cassette verranno fotografate con macchina fotografica digitale a colori entro 24 ore dal loro completamento.

Nelle foto dovrà essere ben visibile l'etichetta dove sono apposte le indicazioni riguardanti il cantiere, il sondaggio e le quote di riferimento ed un metro per i riferimenti di scala.

Le fotografie dovranno fornire una visione chiara delle carote contenute; si consiglia quindi una foto presa dall'alto e scattata da una distanza non superiore a 2 m, evitando aberrazioni prospettiche o ombre riflesse che condizionino la resa cromatica della fotografia stessa, che dovrà essere nitida e con i riferimenti scritti ben leggibili.

Le fotografie dovranno essere consegnate su supporto cartaceo (formato minimo 10x15 cm) ed in formato digitale (Jpeg, Tiff) registrate in Cd-rom o DVD.

Sul coperchio e su almeno un lato di ciascuna cassetta dovranno essere indicati i dati di identificazione della parte di carotaggio contenuta così come specificato:

- cantiere e/o località in cui è stato eseguito il sondaggio;
- sigla e numero del foro;
- quota, riferita al piano campagna, di inizio e fine della parte di carotaggio contenuta;
- numero progressivo di ciascuna cassetta catalogatrice.

3.7.1.4 Prelievo a rotazione di campioni indisturbati o a limitato disturbo.

Il prelievo dei campioni dovrà essere eseguito di norma in terreni coesivi di elevata consistenza e talvolta anche i materiali granulari compatti con matrice limo-argillosa o con un certo grado di cementazione.

I campionatori a rotazione consistono in doppi carotieri speciali a due pareti indipendenti. La parete interna non rotante è munita di una scarpa tagliente atta a penetrare a pressione per un breve tratto e quindi

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 106 di 239

sporgente rispetto alla corona della parete esterna rotante. Tale sporgenza è prefissata a priori (decescente con l'aumentare della compattezza del terreno) nel campionatore tipo Denison o autoregolabile mediante un dispositivo a molla nel campionatore tipo Mazier modificato.

Nel campionatore tipo Denison, un lamierino sottilissimo o un tubo di PVC interno al tubo non rotante funge da contenitore del campione.

Nel campionatore tipo Mazier modificato, il tubo interno non rotante costituito da un tubo in acciaio di qualità (acciaio inossidabile, cadmiato o comunque trattato in modo opportuno) funge da contenitore del campione.

Il contenitore del campione, subito dopo il prelievo, deve essere sigillato ermeticamente con coperchio e paraffina onde mantenere invariate le caratteristiche meccaniche ed il contenuto di umidità del campione stesso.

Il numero e la profondità di prelievo di ogni singolo campione dovranno essere stabiliti, o comunque approvati, dalle Ferrovie.

I campioni, dovranno avere lunghezza non inferiore a cm 60 e diametro non inferiore a mm 83. Il prelievo del campione dovrà essere preceduto da accurata pulizia del foro di sondaggio e dalla misura diretta della profondità di campionamento da confrontarsi con la profondità raggiunta dalla perforazione al fine di verificare l'assenza di caduta di terreno a fondo foro. Per ogni campione prelevato dovranno essere riportate le relative caratteristiche sul documento stratigrafico relativo al sondaggio nel quale esso è stato prelevato.

3.7.1.5 Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Shelby.

Il prelievo dei campioni di cui alla presente voce dovrà essere eseguito impiegando campionatori a pareti sottili di tipo aperto (campionatore Shelby) e dovrà essere effettuato di norma in presenza di terreni coesivi di medio-bassa consistenza o a grana fine di scarso addensamento.

Il campionatore Shelby è composto da una testa con valvola a sfera e relativi sfianti collegata con viti a brugola al tubo di infissione che funge da contenitore del campione di terreno. Lo spessore di tale tubo può variare normalmente da 2 a 3 mm.

Il tubo di infissione, in acciaio di qualità, deve essere resistente alla corrosione ed adeguatamente levigato all'interno (acciaio inossidabile o cadmiato o comunque trattato in modo opportuno).

Alla base il tubo deve risultare tagliente con un angolo di taglio della scarpa compreso tra 4° e 15°.

Il contenitore del campione, subito dopo il prelievo, deve essere sigillato ermeticamente con coperchio e paraffina onde mantenere invariate le caratteristiche meccaniche ed il contenuto di umidità del campione stesso.

Il numero e la profondità di prelievo di ogni singolo campione dovranno essere stabiliti, o comunque approvati, dalle Ferrovie. I campioni, dovranno avere lunghezza non inferiore a cm 40 e diametro non inferiore a mm 83. Per ogni campione prelevato dovranno essere riportate le relative caratteristiche sul documento stratigrafico relativo al sondaggio nel corso del quale esso è stato prelevato.

3.7.1.6 Prelievo a pressione di campioni indisturbati con campionatore tipo Osterberg.

Il prelievo dei campioni di cui alla presente voce dovrà essere eseguito impiegando campionatori a pistone ad infissione idraulica, di norma in presenza di terreni coesivi di medio-bassa consistenza o a grana fine di scarso addensamento.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 107 di 239

Il campionatore Osterberg è costituito da un pistone mobile, solidale al tubo di prelievo, che scorre sull'asta interna che collega la testa del campionatore al pistone fisso.

La pressione sul pistone mobile viene esercitata attraverso le aste di collegamento con acqua in pressione. Uno sfiato posto sull'asta di collegamento testa campionatore/pistone fisso appena sopra al pistone fisso, permette l'azzeramento della pressione a fine corsa.

Durante il campionamento bisognerà operare in modo che l'avanzamento a pressione sia continuo (senza interruzioni) ed il più rapido possibile onde minimizzare l'entità dei disturbi, particolarmente nel caso di terreni coesivi di bassa consistenza.

Il contenitore del campione, subito dopo il prelievo, deve essere sigillato ermeticamente con coperchio e paraffina onde mantenere invariate le caratteristiche meccaniche ed il contenuto di umidità del campione stesso.

Il numero e la profondità di prelievo di ogni singolo campione dovranno essere stabiliti, o comunque approvati, dalle Ferrovie. I campioni, dovranno avere lunghezza non inferiore a cm 40 e diametro non inferiore a mm 83. Per ogni campione prelevato dovranno essere riportate le relative caratteristiche sul documento stratigrafico relativo al sondaggio nel corso del quale esso è stato prelevato.

3.7.1.7 Prelievo di un campione rimaneggiato di terreno o di uno spezzone di carota lapidea nel corso di sondaggi, compresa la conservazione in idonei contenitori.

Il prelievo di cui alla presente voce interessa il materiale prelevato durante il carotaggio continuo e non oggetto di campionamento indisturbato.

Nel caso di terreno coesivo il campione deve essere ripulito dalla parte esterna più rimaneggiata e conservato in contenitore a tenuta quali doppi sacchetti di polietilene o barattoli con tappo a vite. Il campione dovrà contenere tutti i dati per la sua identificazione.

Nel caso di terreno granulare il campione dovrà essere prelevato in quantità rappresentative dell'assortimento granulometrico; dovranno essere scartate quelle componenti chiaramente dovute alle operazioni di carotaggio. La conservazione avverrà in maniera analoga a quella prevista per i campioni coesivi.

In terreni cementati e in rocce si potranno prelevare dal carotaggio spezzoni di lunghezza > 15 cm, purché rappresentativi del tipo litologico perforato. Gli spezzoni di carota devono essere paraffinati ed inseriti in un involucro rigido in PVC di protezione. Il campione stesso dovrà poi essere imballato e protetto dai possibili danneggiamenti durante il suo trasporto al laboratorio geotecnico.

3.7.1.8 Perforazione a carotaggio continuo, ad andamento anche inclinato, eseguita con corona diamantata in corrispondenza di opere d'arte e strutture in elevazione o in fondazione.

La perforazione a carotaggio continuo con corona diamantata si esegue per la determinazione dello spessore e delle caratteristiche delle murature (in senso lato) di opere d'arte in elevazione, in fondazione e pavimentazioni.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura deve avere le seguenti caratteristiche minime:

- carotatrice a rotazione azionata da motore elettrico, idraulico o a combustione interna;
- tubo in acciaio con corona diamantata;
- tubi di prolunga;
- sistema di ancoraggio o di contrasto.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 108 di 239

La carotatrice deve essere montata su una slitta orientabile in qualsiasi direzione.

La potenza della carotatrice deve essere adeguata alla profondità da raggiungere ed alle caratteristiche di consistenza e durezza dei materiali da attraversare.

L'avanzamento potrà essere meccanico od automatico ed in ogni caso dovrà essere regolabile.

La carotatrice deve permettere l'utilizzo di corone diamantate di diametro diverso, secondo le disposizioni delle Ferrovie, comunque non inferiore a 25 mm .

Le corone diamantate, di norma, saranno costituite da tubi in acciaio con placchette diamantate fissate all'estremità come una merlettatura; i cristalli di diamante industriale sono microscopici ed affiorano man mano che si consuma la lega metallica.

La corona diamantata dovrà essere raffreddata ad aria oppure ad acqua.

B. Modalità esecutive

Se non diversamente richiesto dalle Ferrovie, il carotaggio dovrà essere eseguito perpendicolarmente alla superficie.

Per una corretta esecuzione del carotaggio è necessario che la carotatrice sia ancorata saldamente alla struttura da indagare. L'ancoraggio può essere eseguito mediante una struttura di contrasto oppure mediante bloccaggio della carotatrice con l'inserimento di ganci d'acciaio.

La velocità di avanzamento della progressione dovrà essere regolata, in funzione della consistenza del materiale, in maniera tale da avere un carotaggio di ottima qualità con percentuale di recupero maggiore o uguale al 95%.

Le carote via via estratte devono essere sistemate nelle cassette catalogatrici con tutte le indicazioni per la corretta identificazione dell'intervallo di profondità di ciascun singolo tratto di carotaggio.

Il foro di sondaggio se non attrezzato con strumentazione di monitoraggio o di prove idrauliche o geotecniche va opportunamente intasato con malta cementizia da fondo foro verso la superficie.

Documenti da consegnare

Per ogni foro eseguito dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Colonna stratigrafica con esplicite indicazioni relative a:

- cantiere;
- numero e ubicazione precisa del foro di sondaggio;
- data di inizio e di ultimazione;
- attrezzatura e sistema di perforazione;
- utensile di perforazione;
- fluido di raffreddamento;
- quota assoluta della bocca foro;
- profondità e quota assoluta iniziale e finale di ogni strato di materiale attraversato;
- percentuali di carotaggio e RQD;
- eventuali anomalie o difficoltà riscontrate durante la perforazione nonché qualsiasi altra indicazione ritenuta utile dall'Esecutore ai fini dell'indagine.
- descrizione del materiale carotato:
 - Muratura:
 - Integrità carote di muratura;
 - Presenza di malta;
 - Stato di alterazione murature e malte;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 109 di 239

- Stato di fratturazione murature (orientamento: longitudinale rispetto agli elementi, perpendicolare agli elementi e trasversale);
- Presenza di acqua in foro;
- Elementi granulari di appoggio fondazione;
- Presenza di riempimento a sacchi all'interno di opere murarie in elevazione o fondazione;
- Presenza di elementi di sottofondazione;
- Presenza armature;
- Calcestruzzo:
 - Integrità carote di calcestruzzo;
 - Stato di alterazione del calcestruzzo (ettringite, carbonatazione, ecc.);
 - Stato di fratturazione (studio fratture, riempimento, orientazione, apertura, ecc.);
 - Presenza armature;
 - Valutazione costituenti cls (inerti, filler, cemento);
 - Presenza di acqua nel foro;
 - Presenza di elementi di fondazione;

3.7.1.9 Sondaggio per indagini ambientali

Le indicazioni contenute nel presente paragrafo dovranno essere recepite nel caso di realizzazione di sondaggi geognostici per indagini ambientali, in aggiunta e/o modifica di quanto prescritto nei precedenti paragrafi.

PERIMETRAZIONE DEL SITO ED ATTIVITA' PRELIMINARI :

Prima di procedere all'esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo per indagini ambientali, occorre eseguire una serie di attività preliminari finalizzate ad individuare e delimitare in modo univoco l'area di interesse, sulla quale dovranno essere condotte le successive fasi di caratterizzazione e bonifica.

La corretta ubicazione e delimitazione dell'area dovrà essere fornita sulle seguenti basi cartografiche, che dovranno essere rese disponibili anche in formato digitale raster e/o vettoriale:

- Sezione Carta Tecnica regionale scala 1:10.000
- Stralcio cartografia del PRG e certificazione di destinazione d'uso delle aree in esame
- Cartografia catastale
- Cartografia di dettaglio scala 1:2.000 per singole aree
- Cartografia di dettaglio scala 1:500 per punti critici

RACCOLTA DATI ED INFORMAZIONI DISPONIBILI:

Tale attività consiste nella raccolta di informazioni dettagliate e disponibili riguardanti l'area, ed hanno come obiettivo fondamentale il riconoscimento di una situazione di potenziale contaminazione mediante:

- L'identificazione di tutte le attività antropiche che hanno o hanno avuto luogo nell'area, come potenziali fonti di contaminazione;
- L'identificazione delle vie di migrazione dei contaminanti, dirette ed indirette;
- L'individuazione dei bersagli potenziali della contaminazione.

ANALISI DEI CICLI LAVORATIVI ATTUALI E PREGRESSI

Dovrà essere condotta un'analisi dell'attività attuale e passata condotte sul sito, individuando innanzitutto :

- La tipologia e i cicli di attività condotte sul sito;
- Le sostanze chimiche utilizzate, prodotte, derivate, stoccate o smaltite;
- L'ubicazione degli impianti/aree di utilizzo, produzione, derivazione, stoccaggio, deposito e smaltimento;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 110 di 239

- La ricostruzione di eventuali eventi accidentali di sversamenti, perdite ecc....
- Localizzazione di possibili fonti di contaminazione.

PIANIFICAZIONE ED ESECUZIONE DI INDAGINI DIRETTE

In base alle elaborazioni disponibili, dovranno essere progettate le campagne di indagine dirette ed indirette finalizzate a:

- Definizione del modello del sottosuolo (geometria degli acquiferi e loro parametrizzazione);
- Definizione della direzione del flusso idrico sotterraneo;
- Caratterizzazione chimica delle varie matrici ambientali considerate (suolo, sottosuolo, acque superficiali e acque sotterranee);
- Stime dei volumi coinvolti dalla contaminazione
- Stima della massa di contaminante presente;
- Raccolta di tutte le informazioni utili per indirizzare i successivi interventi sui terreni e sulle acque di falda.

UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE

L'ubicazione dei punti di indagine dovrà essere determinata da una griglia costituita dalla sovrapposizione di 2 maglie :

- La maglia “sistematica”, costituita da una maglia triangolare avente 75 m di lato i cui nodi individuano i punti di campionamento e/o di misura;
- La maglia “ragionata”, una maglia più “fitta” che consente di intensificare i controlli in corrispondenza di aree particolarmente a rischio contaminazione (centri di pericolo).

La sommatoria dei nodi della maglia sistematica e della maglia ragionata permetterà di definire la maglia complessiva di indagine dell'area.

I punti di campionamento e/o misura saranno localizzati in corrispondenza dei nodi della maglia complessiva, dovranno essere riportati su opportuna cartografia su base catastale e dovranno essere ubicati in situ con opportuni picchetti fissati saldamente al terreno e provvisti di targhetta indelebile e inamovibile.

Le indagini dovranno essere spinte ad una profondità variabile tra i 5 e i 10 metri, in funzione della tipologia e delle caratteristiche del terreno, e comunque ad una profondità tale da raggiungere il terreno naturale in posto non contaminato.

METODO DI PERFORAZIONE

La perforazione dovrà essere eseguita a carotaggio continuo, con percentuale di recupero $\geq 90\%$, a secco senza fluido di perforazione o limitandone l'uso al minimo indispensabile, evitando fenomeni di surriscaldamento del terreno. Qualora dovesse risultare indispensabile per l'avanzamento l'utilizzo del fluido di perforazione, dovrà essere usata acqua pulita, eventualmente additivata con polimeri biodegradabili. L'estrusione della carota dovrà avvenire a secco.

Tutte le fasi di perforazione e di campionamento dovranno essere eseguite da personale specializzato dotato di strumentazione e attrezzature adeguate, costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modifichino le caratteristiche delle matrici ambientali e la concentrazione delle sostanze contaminanti.

Si dovrà evitare la diffusione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (cross-contamination) durante le operazioni di perforazione, allestimento e prelievo dei campioni. A tal fine, saranno controllati i circuiti idraulici delle macchine e di tutte le attrezzature utilizzate durante le perforazioni e il campionamento per evitare le perdite di olio, lubrificanti, carburanti e altre sostanze; nel caso di perdite e/o fuoriuscite accidentali si dovrà rimuoverle prontamente ed accertarsi che queste non abbiano

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 111 di 239

prodotto contaminazione del campione o del terreno.

Per la decontaminazione delle attrezzature dovrà essere predisposta un'area delimitata e opportunamente impermeabilizzata, posta a una distanza dall'area di prelievo-campionamento sufficiente a evitare la diffusione dell'inquinamento delle matrici campionate. A fronte di quanto detto, saranno eseguiti i lavaggi di: carotiere, aste di perforazione e rivestimenti metallici, prima dell'inizio della perforazione e a ogni manovra di perforazione; la pulizia dei contenitori e dell'impianto per l'eventuale acqua di circolazione di perforazione, prima dell'inizio di ogni sondaggio.

Al termine di ogni perforazione saranno decontaminati tutti gli attrezzi e gli utensili che hanno operato sia in superficie sia in profondità. Tali operazioni saranno compiute con acqua in pressione per mezzo di una idropulitrice a vapore.

Le apparecchiature e gli attrezzi dovranno essere asciugati mediante evaporazione naturale o in caso di condizioni climatiche avverse con carta assorbente esente da contaminazione.

In caso di eventi meteorici le operazioni di decontaminazione dovranno essere effettuate al riparo dalle acque di pioggia al fine di garantire assenza di alterazioni del campione.

Utensili non facilmente pulibili (funi, guanti) dovranno essere sostituiti con nuovi al termine di ogni trivellazione.

Al termine delle operazioni o in attesa di essere riutilizzati gli attrezzi e le apparecchiature decontaminati dovranno essere conservati in condizioni tali da evitare la contaminazione.

Le attrezzature utilizzate dovranno essere in perfette condizioni di manutenzione e operatività e permettere la perforazione in terreno di qualsiasi natura; sarà facoltà delle Ferrovie far sostituire il materiale di perforazione non conforme alle presenti specifiche e/o ritenuto non idoneo ai fini della tipologia d'indagine in oggetto.

I sondaggi saranno preferibilmente realizzati con una sonda meccanica a rotazione, del diametro di 101 mm e rivestimento a seguire del diametro di 127 mm; sarà verificata, a cura e oneri dell'Esecutore, la provenienza e la qualità dell'acqua eventualmente utilizzata come fluido di perforazione, mediante lo svolgimento regolare di analisi chimiche.

Tutte le operazioni di perforazione saranno coordinate dal geologo, responsabile tecnico, che dovrà determinare, per ogni sondaggio eseguito :

- la stratigrafia dei materiali incontrati;
- il livello della falda o delle falde eventualmente presenti;
- parametri geotecnici con prove geotecniche in sito quali: permeabilità (prova Lefranc), coesione apparente e angolo d' attrito (Vane Test e Pocket Penetrometer);
- evidenze visive e olfattive del campione, atte alla caratterizzazione litologica ed all' individuazione di inquinanti presenti nel terreno;

Dovrà essere segnalata e registrata sul giornale di campo ogni venuta d'acqua nel foro, specificando la profondità e stimando l'entità del flusso. Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata, si dovrà eseguire la misura del livello piezometrico a fine giornata e si avrà cura di proteggere il foro da eventuali contaminazioni esterne.

Il livello piezometrico sarà registrato anche il giorno successivo, alla ripresa delle operazioni di perforazione e al termine delle stesse, annotando il tutto sui moduli di campagna.

La quota del fondo foro sarà verificata tramite scandaglio a filo graduato. Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora vi sia differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 112 di 239

È vietato l'impiego di lubrificanti di origine non naturale per i filetti, l'impiego di corone e scarpe verniciate e dovranno essere assolutamente evitate perdite derivanti dagli impianti idraulici.

Documenti aggiuntivi da consegnare

Per ogni sondaggio di tipo ambientale, in aggiunta alla documentazione prevista per i sondaggi non ambientali, dovrà essere consegnata:

- 1) Una Relazione conclusiva e riepilogativa di tutte le attività svolte, contenente:
 - informazioni relative all'ubicazione del sito, con planimetria riportante ubicazione dei punti di indagine con coordinate planimetriche e altimetriche misurate con GPS;
 - procedure di campionamento seguite e modalità di gestione dei campioni;
 - eventuali procedure di decontaminazione adottate;
 - informazioni dettagliate su tutte le anomalie riguardanti la perforazione (come ad esempio franamenti o rifluimenti all'interno del foro, perdite di fluido di perforazione, venute d'acqua, presenza di acque di falda, prove e campionamenti non terminati, presenza di gas, variazione nella velocità di avanzamento, ecc.), da registrate dettagliatamente nel rapporto di perforazione.

CASSETTE CATALOGATRICI

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo o plastica), munite di scomparti divisorii e coperchio, dopo averle avvolte in un telo di politene nuovo. Le carote coesive verranno scortecciate, le lapidee lavate.

Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al piano campagna.

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio con le quote di inizio e fine di tali prelievi.

Tutte le indicazioni segnate sulla cassetta, sui separatori e sui blocchetti di commento devono essere scritte chiaramente con pennarello indelebile. Le cassette catalogatrici devono essere riposte in luogo coperto e asciutto, e, in caso di sondaggi considerati "sensibili", il luogo deve risultare inaccessibile ad estranei (deposito, container, magazzino ecc., chiudibile con lucchetto).

FOTOGRAFIE

Le singole cassette verranno fotografate al termine del loro completamento, con pannello colorimetrico standard e scala di riferimento. Si richiede la completa leggibilità di tutte le indicazioni esistenti sulla cassetta ed una visione chiara delle carote contenute; si consiglia quindi una foto dall'alto e scattata da una distanza non superiore a 2 metri. L'acquisizione delle immagini dovrà avvenire in alta risoluzione con mezzi digitali e restituzione su supporto informatico, in formato non compresso (jpg, bmp, .tif, ecc.).

3.7.2 SCAVI ESPLORATIVI DI SUPERFICIE E PRELIEVO DI CAMPIONI

3.7.2.1 Prelievo di campioni indisturbati da scavo esplorativo di superficie o da parete di fronte di scavo.

Il prelievo di campioni indisturbati di terreno, in scavi esplorativi di superficie o in pareti di fronti di scavo, dovrà essere eseguito o mediante isolamento in sito di un idoneo volume di materiale o mediante un apposito campionatore a fustella.

Tale campione dovrà essere imballato in modo tale da non subire danneggiamenti durante il trasporto e spedito al laboratorio geotecnico.

A. Attrezzatura

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 113 di 239

Nel caso di campionamento con fustella il cilindro campionatore dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- altezza: $h (\geq) 125 \div 200$ mm;
- diametro interno: $\varnothing_i = 94$ mm;
- spessore delle pareti: $s = 3$ mm;
- angolo di scarpa: $\alpha = 60^\circ$.

Nel caso di campionamento mediante isolamento di un blocco di terreno dovrà essere disponibile la seguente attrezzatura:

- attrezzi da scavo (piccone, pala, zappetta);
- attrezzi da taglio (spatole taglienti, filo in acciaio armonico);
- scatola cubica in legno (lato pari a $(\geq) 30$ cm) con maniglie da trasporto; due facce contrapposte devono essere svitabili e riavvitabili in sito con semplice cacciavite.

B. Modalità esecutive

Il prelievo dovrà essere eseguito in ogni caso su fronti di scavo freschi, dopo avere rimosso lo strato superficiale essiccato, alterato o allentato, previa pulitura senza rimaneggiamento della superficie di prelievo del campione e con l'accortezza di eseguire lo scavo degli ultimi 10 cm a mano.

Al prelievo deve assistere il Geologo responsabile del cantiere e un rappresentante delle Ferrovie.

Il cilindro campionatore dovrà essere infisso a pressione costante nel terreno senza movimenti di rotazione e/o oscillazione. Al termine dell'infissione il terreno all'intorno del campionatore dovrà essere asportato e la fustella dovrà essere staccata delicatamente dal fondo per mezzo di un adeguato utensile (spatola tagliente, filo di acciaio armonico), onde evitare rimaneggiamenti o addensamenti artificiali.

In presenza di terreni coesivi consistenti o in terreni contenenti ciottoli o ghiaia l'infissione della fustella potrà essere favorita con il contemporaneo scavo laterale del terreno all'intorno del campionatore.

Le estremità del campionatore dovranno essere sigillate mediante uno strato di paraffina fusa e con tappi ermeticamente chiusi con nastro adesivo impermeabile.

Per eseguire il prelievo di un campione in blocco si dovrà approfondire lo scavo fino a circa 70 cm al di sotto della quota o profondità di prelievo e successivamente si dovrà operare secondo la seguente procedura:

- isolare un blocco di dimensioni superiori a quelle prefissate di prelievo ($25 \div 30$ cm di lato);
- agendo per strati successivi, dal perimetro verso l'interno, ricavare il blocco delle dimensioni richieste rifinendo con arnesi affilati il blocco stesso;
- paraffinare la superficie del blocco isolato;
- infilare la scatola di legno priva di coperchio e di fondo;
- riempire con paraffina fusa l'intercapedine scatola-campione ed avvitare il coperchio della scatola;
- tagliare alla base il blocco con il filo d'acciaio armonico;
- regolarizzare il campione, paraffinare il lato inferiore del blocco e chiudere la faccia inferiore della scatola.

Il numero dei campioni indisturbati e la profondità di ogni singolo prelievo dovranno essere stabiliti o comunque approvati dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare

A corredo delle operazioni di prelievo dovrà essere compilata una scheda, allegata al campione, che riporterà le seguenti indicazioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 114 di 239

- a) data di prelievo;
- b) cantiere;
- c) numero ed ubicazione del pozzetto esplorativo o del fronte di scavo;
- d) numero del campione;
- e) quota o profondità di prelievo;
- f) parte alta del campione;
- g) fotografia a colori del campione e della fustella in posizione di prelievo
- h) documentazione della formazione da cui viene prelevato il campione. La descrizione dovrà contenere almeno gli elementi di seguito citati:
 - terre: litologia, granulometria e classificazione, addensamento o consistenza, colore, stato idrico, alterazione, contenuto organico, prove con pocket penetrometer e/o Vane Test, stratificazione;
 - roccia: litologia, classificazione, stato fatturazione, stato alterazione, colore, porosità, densità, stato idrico.

Riferimenti normativi:

- UNI EN 932-1 (1998) – “Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento”
- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- CNR-BU n. 25 (1972). Campionatura di terre e terreni.
- Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. LXXXIX (1968). Codice italiano di nomenclatura stratigrafica

3.7.2.2 Prelievo di campioni di aggregati depositati in cumulo all'interno di carri ferroviari o di autocarri, presso impianti di frantumazione (produzione) o in opera come massicciata ferroviaria.

Lo scopo del prelievo è di ottenere un campione rappresentativo delle caratteristiche di un aggregato in opera (ad esempio massicciata ferroviaria) o stoccato in deposito.

A. Attrezzatura

Possono essere utilizzate le seguenti attrezzature:

- paletta per campionamento con sezione trasversale rettangolare;
- paletta per campionamento con sezione trasversale circolare;
- pala;
- telaio di campionamento dotato di fiancate parallele che si adattano al nastro trasportatore e di lunghezza pari all'ampiezza del nastro stesso;
- scatola di campionamento di capacità pari a due volte il volume di materiale da prelevare e di larghezza minima pari a tre volte la dimensione massima dell'aggregato;
- tubo di campionamento di lunghezza variabile tra 1 e 2 metri e di diametro minimo pari a tre volte la dimensione massima dell'aggregato.

Possono essere utilizzate altre attrezzature che siano conformi alla normativa citata nei riferimenti e che sia preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 115 di 239

In generale le variazioni di campionamento dovute alla eterogeneità del materiale possono essere ridotte ad un livello accettabile eseguendo un numero adeguato di prelievi.

I prelievi devono essere scelti a caso nell'ambito di un quantitativo di materiale di cui il campione globale deve essere rappresentativo. Il numero dei punti di prelievo e la loro distribuzione per ottenere il campione globale rappresentativo dovranno essere preventivamente approvate dalle Ferrovie.

La quantità del campione globale deve essere calcolata in funzione del tipo e del numero delle prove da eseguire, delle dimensioni degli aggregati e della loro massa volumica.

Nel caso di campionamento di materiale in cumulo, devono essere prelevati campioni di dimensioni approssimativamente uguali da punti differenti a differenti altezze o profondità distribuite su tutto il volume.

Nel caso di campionamento da carri ferroviari o autocarri, si può seguire il criterio precedentemente descritto se il materiale fluisce liberamente dai cassoni/vagoni. Se, invece, il materiale rimane stoccato nel vagone o nel cassone è preferibile utilizzare attrezzature come il tubo di campionamento inserendolo verticalmente per tutta la profondità dell'aggregato.

Documenti da consegnare

A corredo delle operazioni di campionamento dovrà essere compilata una scheda, allegata al campione, che riporterà le seguenti indicazioni:

- data e luogo di prelievo;
- cantiere o area di prelievo;
- planimetria con l'indicazione del numero e dell'ubicazione dei punti di prelievo;
- numero o sigla identificativa del campione;
- fotografia a colori del campione e dei punti di prelievo.

Riferimenti normativi:

- UNI EN 932-1 (1998). Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati. Metodi di campionamento.
- UNI EN 13450 (2013). Aggregati per massicciate per ferrovie.

3.7.2.3 Prelievo di un campione di terreno per indagini ambientali, compresa la conservazione in idonei contenitori.

Il prelievo di campioni di terreno interessa il materiale prelevato durante l'esecuzione di carotaggi di tipo ambientale.

Nel caso sia previsto il prelievo di campioni destinati anche all'analisi di sostanze volatili, si procederà innanzitutto al prelievo puntuale immediatamente dopo l'estrazione della carota e in particolare:

- nel caso di impiego di carotieri apribili longitudinalmente subito dopo l'apertura del campionatore;
- nel caso di campione ottenuto con fustella in PVC subito dopo che la fustella sarà estratta e sezionata longitudinalmente.

A. Attrezzature e Modalità esecutive

Il campione sarà inserito in appositi contenitori tipo vials.

Per i campioni da sottoporre ad analisi chimiche di sostanze non volatili, si procederà omogeneizzando il materiale di carota estratto, previa posa su telo in nylon e privando il materiale della frazione superiore a 2 cm con l'impiego di setaccio.

Dal passante verrà prelevato un campione di circa 1 chilo che sarà riposto in appositi contenitori in vetro

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 116 di 239

sterilizzati e a tenuta.

Il campione dovrà contenere tutti i dati per la sua identificazione.

I contenitori in vetro dovranno essere etichettati riportando i seguenti dati:

- committente;
- luogo, data, numero del sondaggio;
- profondità di campionamento.

Ogni campione prelevato, sia per analisi di sostanze volatili che non volatili, sarà suddiviso in due aliquote, una per l'analisi da condurre ad opera del laboratorio incaricato, ed una per archivio a disposizione per eventuali analisi di verifica e controllo.

Dopo il campionamento, il restante materiale dovrà essere conservato nelle apposite cassette catalogatrici, salvo altre indicazioni.

Il telo di nylon dovrà esser sostituito con uno nuovo ad ogni campionamento.

Gli attrezzi utilizzati per il campionamento dovranno essere opportunamente lavati con idropulitrice ed asciugati prima del campionamento successivo.

Lo schema di prelievo dei campioni di terreno da adottare, salvo diverse indicazioni delle Ferrovie, è il seguente:

- 1 campione medio, campionato ogni metro di perforazione nella fascia di profondità tra 0,00 m e 5,00 m da piano campagna.
- salvo diversa indicazione delle Ferrovie, saranno esaminati in prima istanza soltanto i campioni dei primi tre metri di profondità dal p.c.;
- i campioni più profondi saranno analizzati solo dopo l'accertamento dell'eventuale superamento del limite di soglia degli analiti esaminati di cui alla tabella B dell'allegato 5 alla parte IV del D.lgs 152 e smi.
- qualora nel corso della perforazione si dovessero rinvenire materiali assimilabili a rifiuti si procederà al campionamento del tal quale secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

3.7.3 PRELIEVO DI CAMPIONI IN AMBIENTE COSTIERO E FLUVIALE

3.7.3.1 Prelievo di campioni di terreno sciolto in corrispondenza di una spiaggia, di una spiaggia sommersa, del fondo di un alveo fluviale o della sponda di un corso d'acqua .

Il campionamento di terreno sciolto deve consentire, attraverso l'analisi granulometrica, di conoscere le caratteristiche dimensionali dei materiali prelevati in corrispondenza di una spiaggia, di una spiaggia sommersa, del fondo di un alveo fluviale o della sponda di un corso d'acqua.

Le modalità di campionamento per il rilievo della granulometria devono essere diversificate in relazione alle dimensioni ed all'assortimento dei sedimenti secondo i seguenti metodi:

- a) prelievo con benna a tenuta;
- b) prelievo manuale;
- c) prelievo con il metodo della griglia campionamento.

A. Attrezzature e modalità esecutive

A.a Prelievo con benna a tenuta

Questo sistema di prelievo è consigliato in presenza di depositi sommersi a granulometria sabbioso-limosa.

Si esegue con campionatore a benna tipo Van Veen o similare installato in genere sopra un'imbarcazione e in

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 117 di 239

alternativa su un ponte o in casi particolari da guado.

Il campionatore può essere manovrato manualmente o mediante argano e le operazioni di campionamento devono essere ripetute fino al raggiungimento del quantitativo minimo di 2 kg di materiale scolato, curando l'esecuzione delle manovre di recupero del dispositivo per evitare il dilavamento del campione.

A.b Prelievo manuale

Questo metodo di prelievo si adotta in presenza di depositi emersi a granulometria eterogenea sabbioso-limoso-ghiaiosa.

Si dovrà prelevare un quantitativo minimo di 2 kg di materiale utilizzando attrezzi quali una paletta, un badile ecc. curando la corretta rappresentatività del campione.

A.c Prelievo con il metodo della griglia di campionamento

Questo sistema si adotta in presenza di depositi emersi a granulometria grossolana (ciottoli) con una pezzatura media pari o superiore a 10 cm circa.

In tale caso è opportuno procedere alla valutazione diretta della distribuzione dei diametri applicando il metodo della griglia di campionamento. Il metodo prevede la stesa, su un'area granulometricamente omogenea, di un reticolo a maglia quadrata di lato 0,5 m, per un'estensione minima di 5x5 m. In corrispondenza dei vertici del reticolo si procede al prelievo dei ciottoli e alla misura dei tre diametri caratteristici (assimilando ogni elemento a un ellissoide) mediante compasso comparatore.

I campioni di terreno sciolto dovranno essere prelevati, di norma e salvo diversa disposizione delle Ferrovie, lungo l'allineamento di un profilo batimetrico-celerimetrico rilevato. Tutti i campioni dovranno essere posti in contenitori stagni etichettati con il numero distintivo, il riferimento al profilo batimetrico, la posizione in ascissa rispetto al picchetto di riferimento a terra sul profilo rilevato, la profondità di prelievo.

Il campione prelevato dovrà essere imballato in modo da non subire danneggiamenti per il trasporto ad un laboratorio geotecnico.

Documenti da consegnare.

Al termine delle operazioni dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- Relazione generale sulle operazioni di prelievo;
- Planimetria in scala da concordare con le Ferrovie con l'indicazione dell'ubicazione dei profili/sezioni rilevate, recante l'indicazione dei punti di prelievo con i rispettivi numeri distintivi;
- Elenco dei campioni prelevati con l'indicazione dei relativi dati identificativi, dell'ubicazione e della data del prelievo, del volume scolato, della classificazione granulometrica approssimativa;
- Ubicazione della griglia di campionamento, in scala da concordare con le Ferrovie, con l'indicazione dei risultati delle misure eseguite.

3.7.4 OPERE DI COMPLETAMENTO E SISTEMAZIONE

3.7.4.1 Installazione all'interno di fori di sondaggio già eseguiti, di tubi in materia plastica per esecuzione di prospezioni geofisiche in foro.

A. Attrezzatura

Per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro di sondaggio, occorre inserire in questi ultimi tubi in materiale plastico tipo P.V.C., giuntati con manicotto e mastice, aventi diametro interno non inferiore a 80 (ottanta) millimetri e spessore non inferiore a 3 (tre) millimetri.

B. Modalità esecutiva

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 118 di 239

La posa in opera del tubo in p.v.c. pesante dentro il foro di sondaggio per l'effettuazione delle prove geofisiche dovrà effettuarsi con le seguenti modalità operative:

- a) lavaggio accurato del foro con acqua pulita e controllo della profondità;
- b) calaggio della tubazione nel foro; i tubi saranno giuntati con manicotti incollati ma non rivettati (eventualmente fissati con viti autofilettanti non passanti), in modo da garantire la perfetta linearità interna e l'assenza di scalini nella tubazione;
- c) cementazione dell'intercapedine foro-tubo con miscela acqua-bentonite-cemento (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10) in modo da garantire la continuità del contatto terreno-tubazione su tutta la verticale per garantire registrazioni sismiche di qualità.

La cementazione deve essere eseguita a partire dal fondo foro con un tubo ausiliario riempiendo dal basso verso l'alto in maniera uniforme l'intercapedine tra foro e rivestimento, allontanando il fango e i detriti eventualmente presenti

La pressione di iniezione non deve essere superiore a 2 atm. Qualora la situazione incontrata presentasse forti venute di acqua, fatturazione, scavamenti, ecc., la composizione della miscela e la pressione d'iniezione potranno essere opportunamente variate previa la preventiva autorizzazione delle Ferrovie.

Una volta terminate le operazioni di rivestimento e cementazione l'interno dei tubi deve essere lavato con acqua pulita e lasciato pieno d'acqua.

3.7.4.2 Sistemazione al piano campagna della bocca di perforazioni e di sondaggi.

La sistemazione della bocca di perforazioni o di sondaggi dovrà essere eseguita in modo da evitare manomissioni esterne e da consentire di effettuare periodicamente le ispezioni o le letture delle apparecchiature e delle strumentazioni installate in opera.

L'operazione complessivamente consiste in :

- scavo di 20 cm di profondità e 20 cm attorno al foro di sondaggio per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro da effettuarsi prima dell'estrazione dell'ultimo spezzone di tubo di rivestimento del foro qualora non sia stato posizionato un tubo di rivestimento definitivo e di attrezzaggio del foro stesso.
- inserimento e cementazione nel pozzetto di uno spezzone di tubo d'acciaio zincato (flangia) con sovrastante cappelletto apribile con lucchetto del diametro interno inferiore o superiore a 120 mm in funzione della tipologia di attrezzaggio applicato.
- nel caso di sondaggio posizionato in aree pavimentate o carrabili occorrerà eseguire un pozzetto attorno al foro di sondaggio di sezione almeno 30 X 30 e profondità maggiore di 30 cm con cordolo in muratura o in cls e posizionamento di flangia con lucchetto e superiormente di chiusino presente serrabile.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 119 di 239

3.8 PROVE GEOTECNICHE IN SITO

3.8.1 APPARECCHIATURA IN OPERA

3.8.1.1 Fornitura e installazione di piezometro a tubo aperto di diametro non inferiore a mm 40.

Il piezometro a tubo aperto è costituito da tubi PVC inseriti di norma entro fori di sondaggio in presenza di una falda acquifera in terreni a permeabilità medio alta ($K > 10^{-6}$ m/sec) per la misura di livello della falda stessa.

A. Attrezzatura

Lo strumento è costituito da:

- Tubi filtranti in PVC, di spessore pari a $1 \div 2$ mm, con finestrature trasversali con apertura di $0,4 \div 1,0$ mm, diametro interno compreso tra 40 e 80 mm, con giunzione a manicotto esterno. I tubi dovranno essere forniti in spezzoni di lunghezza non superiore a 3 metri.
- Tubi ciechi in PVC, di spessore pari a $1 \div 2$ mm, con diametro interno compreso tra 40 e 80 mm e con le estremità filettate e giuntate con manicotti esterni; questi tubi dovranno avere le medesime dimensioni dei tubi finestrati.

Se destinato al prelievo di campioni di fluido per analisi chimico - fisiche, si installeranno tubi del diametro interno $\varnothing_{int} \geq 100$ mm, in PVC con rivestimento in granulare siliceo; l'uso di tubi in PVC non rivestito deve in questo caso essere concordato con le Ferrovie e chiaramente segnalato nella documentazione della avvenuta installazione.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima della posa in opera:

- verificare che i tubi non presentino lesioni, schiacciamenti o curvature dovute al trasporto o all'immagazzinamento, o eventuali altri difetti di fabbricazione;
- verificare che i filetti alle estremità dei tubi ed i manicotti non presentino anomalie tali da compromettere il buon accoppiamento dei tubi;
- montaggio dei manicotti di giunzione ad una estremità dei tubi con sigillatura mediante sigillanti idraulici;
- preparazione del materiale necessario alla formazione degli strati filtranti e di sigillatura (o impermeabilizzazione);
- per lo strato filtrante devono essere utilizzati sabbia e ghiaietto puliti con granulometria $1 \div 4$ mm;
- per la sigillatura (o impermeabilizzazione) devono essere utilizzate palline di bentonite precomprese con diametro $1 \div 2$ cm e ghiaietto da $2 \div 3$ cm.

B2. Modalità esecutiva

La posa in opera dei piezometri deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

- verificare con lo scandaglio la quota del fondo foro che dovrà essere almeno 50 cm maggiore della profondità di posa della cella;
- lavare accuratamente il foro con acqua pulita immessa dal fondo fino a che non esca acqua limpida;
- verificare nuovamente la quota del fondo foro con lo scandaglio;
- sollevare il rivestimento di circa 70 cm;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 120 di 239

- se il piezometro non è previsto a fondo foro ma ad una quota intermedia, prima dell'immissione della sabbia di fondo foro si dovrà riempire il tratto di sondaggio non utile con una miscela di acqua cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso), sigillandola infine con un tappo di bentonite;
- immettere della sabbia grossa o del ghiaietto fine ($\varnothing = 1\div 4$ mm) per un'altezza di circa 50 cm dal fondo, controllando con lo scandaglio la quota raggiunta;
- inserimento del tubo piezometrico nel foro di sondaggio, aggiungendo progressivamente gli spezzoni di tubo secondo la sequenza tratti finestrati/tratti ciechi prevista dalle Ferrovie e sigillando le giunzioni con sigillanti idraulici. La giunzione dei tubi deve essere realizzata senza forzare eccessivamente l'avvitamento dei manicotti filettati al fine di evitare la deformazione delle estremità dei tubi e la conseguente difficoltà di passaggio della sonda di misura; Il tratto finestrato dovrà essere protetto con geosintetico (tessuto non tessuto di luce non superiore a 0,5 mm) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo;
- posa di sabbia grossa ($\varnothing = 1\div 4$ mm) pulita o materiale granulare pulito (ghiaietto fine - $\varnothing = 2\div 4$ mm) attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto finestrato, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme al rivestimento;
- formazione di un tappo impermeabile superiore, costituito da palline di bentonite preconfezionate ($\varnothing = 1\div 2$ cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di $2\div 3$ cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione) e costipando i livelli di ghiaietto;
- riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con malta di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) o altro materiale idoneo;
- sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di un pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che verranno consegnate alle Ferrovie; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta delle Ferrovie, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;
- verifica dell'assenza di ostruzioni o di impedimenti ed eventuale spurgo del tubo piezometrico.

Nei casi di installazione di piezometri nell'ambito di indagini di tipo ambientale e in tutti i casi in cui sia previsto il prelievo di campioni d'acqua da sottoporre ad analisi chimiche, particolare cura dovrà essere posta nell'utilizzo dei materiali necessari alla formazione degli strati filtranti e di sigillatura e dell'acqua delle operazioni di lavaggio al fine di evitare qualsiasi contaminazione dell'acqua di falda.

Nei giorni successivi all'installazione, di norma, devono eseguirsi alcune letture (minimo n. 3) per controllare la stabilizzazione del livello piezometrico, la prima delle quali deve essere rilevata almeno un paio di ore dopo l'installazione del piezometro e le altre, successivamente, almeno una volta al giorno per tutta la durata del cantiere.

C. Misure

Per la misura manuale del livello di falda nei piezometri a tubo aperto deve essere impiegato un idoneo indicatore di livello ("freatimetro").

Tale indicatore deve essere composto da un puntale rilevatore e da un cavo metrato/centimetrato avvolto su rullo. Deve essere dotato di un avvisatore acustico/luminoso che segnali il contatto del puntale con la superficie del pelo libero dell'acqua e di un cavo metrato/centimetrato per determinare la profondità del pelo libero rispetto alla sommità del tubo di misura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 121 di 239

Le letture manuali con indicatore di livello devono essere eseguite secondo il seguente schema:

- infilare il sensore dell'indicatore nel tubo di misura del piezometro ed accendere la sonda;
- calare lentamente il sensore nel tubo facendo ruotare il rullo avvolgicavo ed evitando che scenda per peso proprio;
- quando l'indicatore segnala l'avvenuto contatto con l'acqua, estrarre leggermente la sonda fino alla cessazione del segnale acustico e/o luminoso;
- calare di nuovo lentamente il sensore fino al contatto e leggere la quota sul cavo;
- ripetere le operazioni almeno 3 volte, e comunque fino a che la quota possa essere definita con una precisione pari a ± 5 mm;
- annotare la quota così rilevata sul modulo di lettura.

Lo strumento di misura da cui dipende la precisione della lettura (sonda a scandaglio) deve essere tarato con le modalità esecutive di seguito riportate.

La taratura ordinaria deve essere operata mensilmente sul cavo metrato per mezzo di una bindella metrica di riferimento.

Lo strumento di lettura deve essere assoggettato solo a semplici controlli prima e dopo l'esecuzione di ogni lettura giornaliera. I due controlli a priori e a posteriori devono avvenire comunque nel corso dello stesso giorno solare. Essi devono consistere nell'immersione dello strumento in acqua con verifica dell'affondamento del sensore al momento della chiusura del contatto. La sonda deve essere inserita nell'apposito tubo di misura, munito di una tacca di riferimento distante esattamente un metro dal pelo libero dell'acqua.

Tra il punto di contatto e la tacca del primo metro deve essere verificata una distanza di $1 \text{ m} \pm 2 \text{ mm}$. Nel caso in cui ciò non avvenga, si deve provvedere alla sostituzione della sonda e della sua eventuale nuova taratura. I controlli devono inoltre comprendere una attenta ispezione visiva dell'integrità della sonda nonché la verifica della carica delle batterie e dell'efficienza del sistema di avviso acustico e/o luminoso.

Qualora si riscontrino piegature, incisioni della guaina, abrasioni e/o traslazioni di tacche di riferimento, la sonda deve essere sostituita.

Non sono ammesse giunzioni di qualsiasi tipo sul cavo.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione eseguita, per ogni piezometro installato, tutte le informazioni sulle relative misure e sul livello piezometrico rilevato, comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro m slm ecc.);
- schema, tipo e posizione del piezometro installato;
- quote del tratto cieco e di quello finestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite e relative date fino alla consegna.

3.8.1.2 Installazione di piezometro con cella tipo Casagrande a doppio tubo.

La cella piezometrica è uno strumento, posto in opera in fori di sondaggio, per misurare la pressione neutra dell'acqua con tempi di risposta relativamente brevi, anche in corrispondenza di falde minori sospese, isolando il tratto di misura, e in terreni con permeabilità bassa. Nei normali fori di sondaggio è possibile installare una o più celle piezometriche. Per una corretta installazione, in presenza di fori instabili, è comunque necessario che il foro di sondaggio medesimo sia sostenuto con tubi di rivestimento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 122 di 239

A. Strumentazione

La verticale strumentale completa deve essere costituita dai seguenti elementi:

- cella piezometrica;
- tubi di misura e di spurgo.

A1. Cella piezometrica

La cella piezometrica deve essere composta da un filtro e da un telaio. Il filtro, avente un diametro esterno di circa 50 mm e lunghezza non inferiore a 200 mm, deve essere costituito da agglomerato di silice - o materiale equivalente - con porosità compresa tra 0,2 e 0,6 mm; il telaio deve avere ad una estremità due raccordi da 1/2".

Per consentire di attrezzare eventualmente il piezometro con un trasduttore elettrico di pressione, uno dei due raccordi deve avere un diametro da 1 1/2".

Tutti i materiali che costituiscono la cella piezometrica devono essere protetti da agenti corrosivi.

A2. Tubi di misura e di spurgo

Ogni cella piezometrica deve essere munita di un tubo di misura e di un tubo di spurgo in PVC, con giunti a tenuta stagna, aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro nominale 1/2";
- spessore ≥ 3 mm;
- lunghezza standard degli spezzoni pari a 3÷6 m.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima della posa in opera:

- verifica dell'integrità del filtro e del suo corretto montaggio sul corpo della cella;
- verifica che i tubi non presentino lesioni, schiacciamenti o curvature dovute al trasporto o immagazzinamento;
- verifica che i filetti alle estremità dei tubi ed i manicotti non presentino anomalie tali da compromettere il buon accoppiamento dei tubi.
- saturazione della cella porosa in acqua disareata;
- collegamento del primo spezzone dei tubi alla cella piezometrica con sigillatura dei filetti mediante sigillanti idraulici;
- montaggio dei manicotti di giunzione ad una estremità dei tubi con sigillatura mediante sigillanti idraulici;
- preparazione del materiale necessario alla formazione degli strati filtrante e di sigillatura;
- per lo strato filtrante si consiglia di utilizzare sabbia e ghiaietto puliti con granulometria 1÷4 mm;
- per la sigillatura si può utilizzare una miscela di palline di bentonite precomprese con diametro 1÷2 cm e ghiaietto di 2÷3 cm;

B2. Modalità esecutive

La posa in opera dei piezometri deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

- controllo della quota di fondo del foro con idoneo scandaglio;
- lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 123 di 239

- c) se richiesto, riempimento del foro con malta di acqua-cemento-bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10), fino alla quota di 1,5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione della cella piezometrica, con ritiro progressivo del rivestimento;
- d) posa di un tappo impermeabile costituito da palline di bentonite ($\varnothing=1\div 2$ cm) precedentemente confezionate, costipate con pestello, per lo spessore di 1 m, con ritiro ulteriore del rivestimento;
- e) abbondante lavaggio del foro con acqua pulita immessa dal fondo;
- f) controllo della profondità del foro;
- g) posa di uno strato (spessore pari a 0,5 m) di materiale granulare pulito uniforme e saturo ($\varnothing=1\div 4$ mm), ritirando il rivestimento; tale operazione deve avvenire con il foro pieno d'acqua;
- h) controllo della profondità del foro;
- i) discesa a quota della cella piezometrica preventivamente saturata (mantenuta fino a quel momento in acqua pulita) collegando i tubi di andata e ritorno, assicurandosi della perfetta tenuta dei giunti mediante sigillanti idraulici;
- j) posa di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro (0,5 m) con ritiro della colonna di rivestimento senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna sia sempre presente sabbia;
- k) completamento dell'installazione dei tubi e verifica di assenza di ostruzioni o comunque impedimenti al passaggio della sonda, inserendo la sonda stessa;
- l) formazione di un tappo impermeabile, per uno spessore totale di almeno 1 m, costituito da strati di circa 15 cm di palline di bentonite ($\varnothing=1\div 2$ cm) e strati di ghiaietto ($\varnothing=2\div 3$ cm), entrambi compattati con pestello,
- m) innalzamento progressivo del rivestimento del foro sempre senza l'ausilio della rotazione mentre si compiono le operazioni di sigillatura;
- n) se non è prevista l'installazione di una seconda cella piezometrica, riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con miscela di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10) o altro materiale idoneo;
- o) verifica finale dell'assenza di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio della sonda, mediante l'inserimento dell'indicatore di livello;
- p) spurgo della cella con acqua pulita immessa alternativamente nei due tubi per almeno 20 minuti.
- q) inserimento delle estremità dei tubi in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno. Le chiavi, identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso, saranno consegnate alle Ferrovie; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta delle Ferrovie in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile, posto in opera a filo della pavimentazione esistente.

Qualora si preveda di installare all'interno della stessa perforazione due celle Casagrande a differenti profondità, deve essere eseguito un adeguato tappo impermeabile che consenta il completo isolamento fra le due celle piezometriche. Tale isolamento può essere realizzato con strati alternati di palline di bentonite e ghiaietto dello spessore di circa 10 cm per una lunghezza totale di almeno 3 m.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 124 di 239

Nei giorni successivi all'installazione, di norma, devono eseguirsi alcune letture (minimo n. 3) per controllare la stabilizzazione del livello piezometrico, la prima delle quali deve essere rilevata almeno un paio di ore dopo l'installazione del piezometro e le altre, successivamente, almeno una volta al giorno per tutta la durata del cantiere.

C. Misure

Per la misura manuale del livello di falda nei piezometri Casagrande deve essere impiegato un idoneo indicatore di livello ("freatimetro").

Tale indicatore deve essere composto da un puntale rilevatore e da un cavo metrato/centimetrato avvolto su rullo. Deve essere dotato di un avvisatore acustico/luminoso che segnali il contatto del puntale con la superficie del pelo libero dell'acqua e di un cavo metrato/centimetrato per determinare la profondità del pelo libero rispetto alla sommità del tubo di misura.

Le letture manuali con indicatore di livello devono essere eseguite secondo il seguente schema:

- infilare il sensore dell'indicatore nel tubo di misura del piezometro ed accendere la sonda;
- calare lentamente il sensore nel tubo facendo ruotare il rullo avvolgicavo ed evitando che scenda per peso proprio;
- quando l'indicatore segnala l'avvenuto contatto con l'acqua, estrarre leggermente la sonda fino alla cessazione del segnale acustico e/o luminoso;
- calare di nuovo lentamente il sensore fino al contatto e leggere la quota sul cavo;
- ripetere le operazioni almeno 3 volte, e comunque fino a che la quota possa essere definita con una precisione pari a ± 5 mm;
- annotare la quota così rilevata sul modulo di lettura.

La strumentazione installata deve essere oggetto di controlli periodici consistenti nella verifica che il piezometro non sia intasato confrontando le quote piezometriche nei due tubi (di misura e di spurgo). Se le letture differiscono per più di 5 cm, il filtro deve essere ritenuto intasato e si deve quindi procedere all'operazione di spurgo da eseguirsi, indicativamente, secondo le seguenti modalità:

- a) immissione di un getto di acqua dolce pulita a pressione non superiore a 0,5 bar in uno dei due tubi, attendendo che l'acqua fuoriesca dall'altro tubo per almeno 10 minuti;
- b) ripetizione dell'operazione a) immettendo acqua nell'altro tubo.

Lo strumento di misura da cui dipende la precisione della lettura (sonda a scandaglio) deve essere tarato con le modalità esecutive di seguito riportate.

La taratura ordinaria deve essere operata mensilmente sul cavo metrato per mezzo di una bindella metrica di riferimento.

Lo strumento di lettura deve essere assoggettato solo a semplici controlli prima e dopo l'esecuzione di ogni lettura giornaliera. I due controlli a priori e a posteriori devono avvenire comunque nel corso dello stesso giorno solare.

Essi devono consistere nell'immersione dello strumento in acqua con verifica dell'affondamento del sensore al momento della chiusura del contatto. La sonda deve essere inserita nell'apposito tubo di misura, munito di una tacca di riferimento distante esattamente un metro dal pelo libero dell'acqua.

Tra il punto di contatto e la tacca del primo metro deve essere verificata una distanza di $1 \text{ m} \pm 2 \text{ mm}$. Nel caso in cui ciò non avvenga, si deve provvedere alla sostituzione della sonda e alla sua eventuale nuova taratura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 125 di 239

I controlli devono inoltre comprendere una attenta ispezione visiva dell'integrità della sonda nonché la verifica della carica delle batterie e dell'efficienza del sistema di avviso acustico e/o luminoso.

Qualora si riscontrino piegature, incisioni della guaina, abrasioni e/o traslazioni di tacche di riferimento, la sonda deve essere sostituita.

Non sono ammesse giunzioni di qualsiasi tipo sul cavo.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate, sul documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione eseguita, per ogni piezometro installato, tutte le informazioni sul tipo di cella, sulla installazione del piezometro e sul livello piezometrico rilevato.

Per ciascuna cella installata dovranno essere fornite:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro s.l.m. ecc...) marca, modello , eventuale numero di matricola;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- posizioni e dimensioni dei tamponi;
- tabelle e grafici con letture piezometriche eseguite.

Riferimenti normativi:

- AGI (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"

3.8.1.3 Installazione di piezometro elettrico.

Tale strumento viene utilizzato in terreni con permeabilità da media a bassa ($K < 10^{-6}$ m/sec) per la misura delle pressioni neutre nel terreno quando sia necessaria una risposta rapida alle variazioni del carico idraulico.

A. Strumentazione

Il piezometro elettrico è costituito dai seguenti elementi:

- a) un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente la camera idraulica, il sensore di misura, la scheda di condizionamento 4-20 mA e la terminazione del cavo;
- b) un filtro, a forma di disco, realizzato in acciaio sinterizzato, ceramica o plastica che mette in comunicazione la camera idraulica con l'ambiente esterno;
- c) un cavo elettrico di opportune caratteristiche che realizza il collegamento dello strumento all'unità di lettura.

Il trasduttore elettrico di pressione dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- Campo di misura tipico: compreso tra 0,2 e 5 MPa (da stabilirsi in funzione del problema)
- Massimo sovraccarico: 30% f.s.
- Precisione tipica: $< 0,3\%$ f.s.
- Sensibilità: 0,01% f.s.
- Segnale in uscita: 4-20 mA
- Deriva termica di sensibilità: $< 0,01\% / ^\circ\text{C}$
- Campo di temperatura: $-10 \div +55^\circ\text{C}$

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 126 di 239

I filtri dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- Materiale: acciaio inox sinterizzato, ceramica, plastica
- Tipo di saturazione: normalmente con aria degassata
- Porosità tipica: 1 micron (alto air entry value)
40-50 micron (basso air entry value)

La saturazione dei filtri ha lo scopo di rimuovere il gas presente nei pori del filtro e di sostituirlo con fluido disareato che consenta di trasferire più velocemente e rigorosamente la pressione dall'esterno all'interno del piezometro. I filtri a "basso air entry value" sono più facilmente saturabili rispetto ai filtri con "alto air entry value". I cavi dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- Conduttori: rame stagnato
- Isolamento tipico: PVC, PE, PTFE
- Carico di rottura: non inferiore a 100 Kg
- Schermatura: 90% in calza di rame stagnato
- Rigidità dielettrica: non inferiore a 5000 V
- Isolamento dei conduttori: non inferiore a 1000 V
- Guaine di protezione (interna ed esterna): in funzione delle condizioni di installazione.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

- a) controllo visivo sull'integrità e sul corretto montaggio dello strumento, con particolare riguardo al filtro ed alla connessione del cavo e del relativo terminale;
- b) verifica del corretto funzionamento dello strumento;
- c) preparazione del piezometro in un sacchetto di juta o tela, riempito con sabbia fine già lavata, e sistemazione dello strumento in un contenitore con acqua;
- d) esecuzione di una lettura con centralina portatile;
- e) preparazione del materiale per la formazione degli strati filtrante e di sigillatura;
- f) per lo strato filtrante devono essere utilizzati sabbia e ghiaia fine pulite ($\varnothing=1\div5$ mm);
- g) per la sigillatura si utilizzano palline di bentonite precompressa con diametro $\varnothing=1\div2$ cm e ghiaietto da $2\div3$ cm.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera dei piezometri è eseguita secondo le seguenti specifiche:

- a) controllo della quota di fondo del foro con idoneo scandaglio;
- b) lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;
- c) se richiesto, riempimento del foro con malta di acqua-cemento-bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10), fino alla quota di 0,5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione del piezometro elettrico, con ritiro progressivo del rivestimento;
- d) lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 127 di 239

- e) realizzazione dello strato filtrante in sabbia fine per uno spessore di almeno 0,5 mm, compattando leggermente con apposito pestello e ritirando i rivestimenti. Tale operazione deve essere eseguita con il foro pieno d'acqua.
- f) posizionamento del piezometro nella perforazione alla quota prevista (all'interno del contenitore con acqua e sabbia) e del cavo di collegamento;
- g) esecuzione di una lettura per controllare il corretto funzionamento del piezometro;
- h) immissione di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro per una altezza di circa 0,5 m, ritirando progressivamente i rivestimenti di perforazione senza l'ausilio della rotazione e controllando che il piezometro non risalga con i rivestimenti;
- i) controllo della quota superiore dello strato filtrante mediante apposito scandaglio;
- j) formazione del tappo impermeabile costituito da palline di bentonite da 2÷3 cm di diametro, con spessore superiore a 1 m; ritiro progressivo dei rivestimenti di perforazione, non utilizzando la rotazione e compattando leggermente con pestello per evitare di danneggiare il cavo;
- k) riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con miscela di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) od altro materiale idoneo;
- l) esecuzione di una lettura di controllo del buon funzionamento del piezometro;
- m) sistemazione dell'estremità superiore del piezometro in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno. Le chiavi, identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso, saranno consegnate alle Ferrovie; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta delle Ferrovie, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile, posto in opera a filo della pavimentazione esistente.

Nei giorni successivi all'installazione di ogni piezometro devono essere eseguite alcune letture al fine di controllarne il corretto funzionamento e la stabilizzazione della pressione interstiziale e solo successivamente potrà essere eseguita la prima lettura operativa.

La misura deve essere effettuata connettendo il cavo alla centralina di lettura mediante l'apposito connettore.

C. Misure

Per la lettura dei trasduttori di pressione devono essere utilizzate centraline di lettura con le seguenti caratteristiche tecniche:

- Display: 4 1/2 digits - LCD
- Risoluzione: 1 digit
- Precisione tipica: % 2 digits
- Coefficiente di deriva termica: $\leq 0,3$ digit /°C
- Temperatura di utilizzo: 0÷50°C
- Grado minimo di protezione: IP64
- Connettori: stagni IP65
- Alimentazione: con batterie interne ricaricabili
- Autonomia: min. 10 ore

Le misure acquisite dovranno essere riferite alla quota assoluta rispetto al livello del mare.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 128 di 239

Documenti da consegnare.

Per ogni piezometro installato dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del relativo sondaggio o della perforazione tutte le informazioni sulla ubicazione e le relative caratteristiche e sul livello piezometrico rilevato.

La documentazione comprenderà, per ciascun piezometro elettrico installato:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro ecc.);
- tipo e caratteristiche del piezometro elettrico e dell'unità di misurazione (marca, modello, eventuale numero di matricola)
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazioni dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

Riferimenti normativi:

- AGI (1977) “ Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”

3.8.1.4 Installazione di tubo inclinometrico.

Si tratta di tubi deformabili, resi solidali al terreno e di cui seguono le deformazioni, all'interno dei quali viene calata una apposita sonda inclinometrica in grado di misurare le variazioni dalla verticale su due piani perpendicolari. La strumentazione trova efficace utilizzo nei movimenti franosi o di grandi rilevati per i quali è in grado di fornire informazioni su profondità, direzione e velocità di scorrimento. Affinché si ottengano valori attendibili è necessario che la base del tubo inclinometrico sia ammorsata in terreno stabile.

A. Strumentazione

A1. Tubi e manicotti

Devono essere utilizzati tubi inclinometrici a 4 guide con diametro interno del tubo pari a 76 mm e lunghezza non inferiore a 3 m.

I tubi devono essere realizzati in alluminio; in alternativa potranno essere installati tubi inclinometrici in ABS il cui utilizzo dovrà essere preventivamente autorizzato dalle Ferrovie.

La giunzione tra gli spezzoni di tubo deve avvenire per mezzo di appositi manicotti di giunzione la cui lunghezza non deve essere inferiore a 300 mm. Le tolleranze di accoppiamento con i tubi devono essere tali da garantire una rotazione reciproca dei tubi inferiore a 2°.

Le caratteristiche dei tubi dovranno essere le seguenti:

- Dimensioni: $\varnothing_{\text{int guide}} = 82 \text{ mm}$
- Spessore: min. 2 mm (min. 4 mm per tubi in ABS)
- Lunghezza tubi: 3 m
- Materiale: alluminio, ABS
- Eventuali protezione: anodizzazione o verniciatura con vernici epossidiche (per tubi in alluminio)
- Angolo di spiratura max: $< 0,5^\circ/\text{m}$
- Perpendicolarità delle sezioni terminali: $\pm 1^\circ$

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazioni o verniciatura con resine epossidiche), da concordare con le Ferrovie.

La cementazione dei tubi in alluminio dovrà comunque sempre essere eseguita mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 129 di 239

Le caratteristiche dei manicotti di giunzione dovranno essere le seguenti:

- Dimensioni: $\varnothing_{\text{int guide}} = 87 \div 89 \text{ mm}$
- Lunghezza: 300 mm
- Materiali: alluminio, ABS
- Gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti: $\pm 2^\circ/\text{giunto}$

A2. Sonda inclinometrica

La sonda inclinometrica dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Tipo di sonda: biassiale
- Sensori: servoinclinometri
- Passo tra le ruote: 50 cm
- Campo di misura: $\pm 14,5^\circ$, $\pm 30^\circ$
- Connettore per giunzione al cavo: stagno (500 m)
- Materiale: acciaio inox
- Carrelli: basculanti a due ruote
- Risoluzione: 1" di grado

A3. Cavo

Il cavo deve fornire l'alimentazione alla sonda e trasmettere i segnali rilevati, nonché garantirne il sostegno e permettere la determinazione della profondità di lettura. A questo scopo esso deve essere dotato di tacche di riferimento di lunghezza uguale al passo dello strumento.

Il cavo deve essere di tipo inestensibile con armatura interna in acciaio o Kevlar e deve avere la guaina esterna anti-abrasione, con tacche di riferimento ogni mezzo metro, in accordo al passo tra le ruote della sonda.

Il cavo deve essere provvisto alle estremità di connettori per il collegamento alla sonda ed alla centralina di lettura.

A4. Centralina di misura

La lettura delle inclinazioni rilevate dalla sonda devono essere eseguite per mezzo di una centralina portatile dotata di uno o due displays su cui vengono visualizzate le inclinazioni espresse in seno dell'angolo, amplificate di un fattore pari a 10.000, 20.000 o 25.000 con coefficiente di deriva termica compreso tra 0,01 e 0,03% fondo scala/ $^\circ\text{C}$.

La centralina può essere di tipo manuale, quindi con la necessità di trascrizione manuale dei dati rilevati, oppure automatica con registrazione dei dati rilevati, oppure automatica con registrazione dei dati su memoria magnetica e non volatile ed eventuale stampa su carta.

Le caratteristiche della centralina di misura dovranno essere le seguenti:

- Display: 4 ½ digits LCD
- Risoluzione: 1/10.000; 1/20.000; 1/25.000
- Precisione tipica: +2 digits; $\pm 0,3 \text{ digit}/^\circ\text{C}$
- Lettura: 10.000/20.000/25.000 sen α
- Temperatura di utilizzo: $0 \div 50^\circ\text{C}$
- Alimentazione: batterie interne ricaricabili
- Autonomia: min. 10 ore
- Protezioni: IP 64

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 130 di 239

B. Installazione

La perforazione in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro sufficiente all'inserimento del tubo inclinometrico che nella parte a massima sezione (manicotto con nastro di protezione) ha un diametro di circa 96 mm al quale va aggiunto il diametro del tubetto di iniezione;
- deviazione globale dalla verticale $\leq 1,5\%$.

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

- verifica che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciamenti soprattutto nelle parti terminali;
- verifica che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
- verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
- controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
- controllo degli utensili per l'installazione: diametro delle punte del trapano, rivetti, collante, ecc.;
- verifica quota fondo foro.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera dei tubi inclinometrici deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

- mantenimento del foro pieno il più possibile d'acqua e verifica della profondità con scandaglio;
- pre-assemblaggio dei tubi in spezzoni di 6 m terminanti ad un estremo con un manicotto; le giunzioni devono essere realizzate secondo le seguenti modalità:
 - inserimento del manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
 - esecuzione dei fori per i rivetti (minimo 4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide ed a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
 - mantenendo in posizione il manicotto mediante inserimento provvisorio di rivetti, introduzione dell'altro tubo ed esecuzione dei fori;
 - rimozione del manicotto;
 - stesura di un sottile strato di mastice o di idoneo collante all'estremità dei tubi da giuntare, per una lunghezza di circa 15 cm;
 - inserimento del primo tubo nel manicotto e rivettaggio;
 - inserimento del secondo tubo e rivettaggio;
 - evitando bruschi movimenti, abbondante fasciatura del giunto con nastro adesivo auto vulcanizzante, in particolar modo sui bordi e sopra i rivetti;
- assemblaggio della valvola di fondo sul primo spezzone di tubo, con annotazione della lunghezza totale e montaggio del primo manicotto;
- inserimento del primo spezzone così predisposto nella perforazione;
- bloccaggio del tubo con la cravatta avendo cura di non deformarlo e di permettere la fuoriuscita del solo manicotto di giunzione;
- inserimento dello spezzone successivo e foratura, incollaggio, rivettatura e sigillatura del giunto;
- dopo avere allentato la cravatta, calaggio della colonna nel foro fino a fare sporgere il solo manicotto; bloccaggio del tubo con la cravatta;
- inserire nel tubo inclinometrico l'acqua necessaria per diminuire il galleggiamento dello stesso se non sono stati inseriti pesi sufficienti sul fondo della tubazione;
- mediante operazioni simili a quelle sopra descritte, completamento della posa della colonna provvedendo, ad intervalli opportuni, a fissare al tubo inclinometrico i tubetti di iniezione (se previsti);

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 131 di 239

- j) completata la posa della colonna, inserimento all'interno del tubo inclinometrico dei tubi di iniezione (se previsti) che vengono agganciati alla valvola di fondo: inizio della cementazione a bassa pressione (max 2 bar). L'operazione si considera ultimata dopo avere osservato, per un congruo intervallo di tempo, la fuoriuscita di miscela in superficie;
- k) estrazione del rivestimento di perforazione senza l'ausilio della rotazione. Durante questa fase si eseguono i rabbocchi necessari di miscela di cementazione direttamente dall'alto; qualora si sia notato l'abbassamento del livello della miscela, si deve provvedere al rabbocco anche nei giorni successivi;
- l) terminata la cementazione, lavaggio del tubo mediante apposito attrezzo;
- m) verifica dell'integrità e della continuità del tubo mediante sonda testimone;
- n) determinazione della guida di riferimento e valutazione del suo azimut mediante bussola;
- o) posa in opera del pozzetto di protezione.

C. Misure

La quota assoluta della testa del tubo inclinometrico deve essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza almeno semestrale. Il rilievo deve essere ripetuto ogni qualvolta si effettuino operazioni che comportino la variazione di quota della testa del tubo.

L'esecuzione di una lettura deve essere eseguita annotando i valori letti al display della centralina quando la sonda inclinometrica si trova posizionata ad una profondità nota.

Questi valori dipendono dalla costante di misura della sonda e sono proporzionali all'inclinazione locale.

Le letture devono essere eseguite in tutte le quattro guide dei tubi: la prima con la ruota di riferimento nella guida 1, la seconda lettura nella guida 3, la terza nella guida 2 e la quarta nella 4, per cui, utilizzando sonde biassiali le profondità sono lette complessivamente in otto componenti (A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4).

L'eventuale esecuzione delle letture su due guide soltanto deve essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

Le letture devono essere eseguite secondo le seguenti modalità:

- a) la sonda inclinometrica viene inserita nella guida 1, che di norma è sull'asse più parallelo alla direzione del movimento da indagare, e quindi calata lentamente nel tubo fino a fondo foro e ivi mantenuta ferma per circa 10 minuti fino alla stabilizzazione del valore visualizzato al display;
- b) la sonda viene sollevata nella posizione della prima lettura a circa 0,50 m da fondo foro. Atteso qualche secondo per la stabilizzazione dei valori visualizzati, si annotano la profondità e le componenti A e B dell'inclinazione locale sul foglio delle letture;
- c) la sonda viene sollevata nella successiva posizione di lettura, distante dalla precedente, una quantità pari all'interasse dei carrelli. Atteso qualche secondo per la stabilizzazione dei valori visualizzati, vengono annotate profondità e letture A e B;
- d) le letture vengono proseguite fino a testa foro completando così il ciclo;
- e) con le stesse modalità, vengono eseguiti i cicli di letture nelle altre guide: nell'ordine 3-2-4, avendo annotato i valori sul foglio di lettura.
- f) le letture inclinometriche devono essere ripetute ogni qualvolta si effettuano operazioni di variazione di quota della testa tubo.

D. Manutenzione

Periodicamente (almeno ogni 6 mesi) o qualora durante l'esecuzione delle misure se ne riscontrasse la necessità, si deve procedere ad un lavaggio dei tubi per rimuovere eventuali incrostazioni o depositi di materiale sul fondo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 132 di 239

Il lavaggio deve essere effettuato con un tubo idoneo ad un getto di acqua a bassa pressione. Inoltre si deve porre attenzione alla manutenzione della testa dei tubi, perché non subisca danneggiamenti per urti o schiacciamenti che precludano l'accesso della sonda o possano invalidare l'eventuale riferimento topografico realizzato a testa tubo.

Le letture devono essere eseguite con una frequenza di 1 misura ogni metro di profondità di tubo nell'intervallo definito dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare.

Al termine dell'installazione e della prima serie di misure (lettura "zero") e comunque dopo ogni serie di misure entro il termine temporale concordato con le Ferrovie e comunque entro 15 giorni dalla loro effettuazione dovrà essere consegnata alle Ferrovie la seguente documentazione:

- planimetria con ubicazione tubo e orientamento esatto della guida "1" rispetto al Nord geografico;
- schema della numerazione delle guide;
- eventuali coefficienti di correlazione applicati alla strumentazione utilizzata in fase di rilevazione dati;
- lista dei dati originali rilevati con l'indicazione dello scostamento rispetto alla media teorica e degli spostamenti massimi e minimi su tabella formato excel;
- elaborazione dati rispetto alla lettura di riferimento, secondo il passo con cui è stata effettuata la misura stessa ed elencazione numerica, al decimo di millimetro, degli spostamenti assoluti, dei relativi azimut riferiti alla guida 2 e delle componenti di spostamento parziale lungo l'asse x (guida 1-3) e lungo l'asse y (guida 2-4);
- indicazione di eventuali coefficienti di correlazione applicati in fase di elaborazione per l'eliminazione degli errori sistematici;
- elaborazioni grafiche con disegni in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati degli spostamenti, dei relativi azimut e delle componenti di spostamento x e y;
- copia del certificato di taratura della sonda usata.

Al termine dell'ultima serie di misure nei termini concordati con le Ferrovie e comunque entro 30 giorni:

- elaborazioni grafiche comparative per ogni singolo tubo, con disegno in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati, riportanti contemporaneamente sui singoli elaborati le curve di spostamento, di azimut e delle componenti di spostamento lungo le direzioni x e y, di tutte le letture effettuate, in modo da evidenziare le eventuali differenze nel tempo.

Nel caso di impiego di tubi inclino-assestimetrici la documentazione di cui sopra dovrà essere integrata dai seguenti dati:

- tabelle con l'indicazione dei dati rilevati e della loro elaborazione;
- diagramma con l'indicazione degli spostamenti relativi di ciascuna coppia di anelli adiacenti in funzione della profondità;
- diagramma con l'indicazione della somma degli spostamenti a partire dalla base più profonda considerata ferma.

3.8.1.5 Installazione di assestometro elettromagnetico verticale a tubo corrugato.

L'assestometro elettromagnetico è installato all'interno di un foro di sondaggio ed è in grado di determinare a varie quote l'entità dei cedimenti nel tempo dei terreni in profondità.

A. Strumentazione

La strumentazione è generalmente costituita da:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 133 di 239

- un tubo parete in PVC deformabile corrugato lungo la sua lunghezza ($\varnothing_{est} = 50 \div 85$ mm, spessore ≥ 1 mm), filettato all'estremità e fornito generalmente in spezzoni o in continuo con una punta da avvitare nell'estremità inferiore;
- anelli magnetizzati installati coassialmente ed esternamente al tubo parete e resi solidali al terreno circostante grazie ad alette o molle in grado di garantirne un sicuro ammorzamento;
- un tubo guida in duralluminio ($\varnothing_{est} = 25 \div 33$ mm) in spezzoni di 1,5÷3,0 m filettati alle estremità, fissato solo superiormente (onde garantirne verticalità e rettilineità) tramite un anello di sospensione ad un tubo di testa a sua volta fissato al terreno tramite apposita gabbia di ancoraggio.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

- a) verifica che i tubi e gli anelli magnetizzati non presentino lesioni o schiacciamenti, in particolare nelle parti terminali;
- b) verifica che le estremità dei tubi e degli anelli non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- c) verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
- d) verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
- e) controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
- f) controllo degli utensili e degli accessori per l'installazione;
- g) verifica quota fondo foro.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera della strumentazione deve essere eseguita con le seguenti modalità:

- accoppiamento degli spezzoni tramite la filettatura;
- avvitamento della punta terminale all'estremità inferiore del tubo parete corrugato;
- inserimento di questo nel foro di sondaggio rivestito;
- inserimento del tubo guida all'interno del tubo parete e suo fissaggio superiore;
- graduale sollevamento del rivestimento del sondaggio con progressivo riempimento del foro con ghiaietto;
- posa in opera di uno strato di sabbia e sollevamento del rivestimento poco al di sopra (circa 30 cm) della quota prevista per il primo anello magnetico;
- controllo profondità foro;
- inserimento tramite apposito strumento guida del primo anello magnetico (le molle devono aderire al terreno al di sotto dell'estremità inferiore dei tubi di rivestimento);
- riempimento dell'intercapedine con miscela acqua-cemento-bentonite con caratteristiche tali da riprodurre quelle dei terreni circostanti;
- sollevamento del rivestimento fino alla successiva posizione con riempimento del foro mediante sabbia;
- ripetizione successiva delle operazioni per tutti gli anelli previsti;
- realizzazione del blocco di ancoraggio al terreno e fissaggi definitivi, controllo preliminare della strumentazione.

Il numero di anelli magnetizzati e la loro profondità di posa deve essere preventivamente concordata con le Ferrovie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 134 di 239

C. Misure

La misurazione avviene tramite sondina manuale con un cavo metrato alla cui estremità è posizionato un puntale che emette un segnale acustico e/o luminoso a contatto con il campo magnetico prodotto da ciascun anello.

Le letture vengono eseguite con le seguenti modalità:

- calaggio della sondina nel tubo guida svolgendo lentamente il cavo;
- nel momento dell'emissione del segnale acustico, rialzare leggermente il cavo e riabbassarlo nuovamente annotando la quota relativa sul cavo;
- ripetere la misurazione per almeno 4 volte e mediare il risultato ottenuto (o comunque fino al raggiungimento di una precisione di ± 2 mm)

La quota assoluta della testa dell'assestometro dovrà essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza di rilievo da definire con le Ferrovie. Il rilievo inclinoassestimetrico, comunque, dovrà essere eseguito ogniqualvolta si effettuano operazioni di variazione di quota della testa tubo di riferimento.

D. Manutenzione

Periodicamente (almeno ogni 6 mesi) o qualora durante l'esecuzione delle misure se ne riscontrasse la necessità, si deve procedere ad un lavaggio dei tubi per rimuovere eventuali incrostazioni o depositi di materiale sul fondo. Il lavaggio deve essere effettuato con un tubo idoneo ad un getto di acqua a bassa pressione.

Inoltre si deve porre attenzione alla manutenzione della testa dei tubi, perché non subisca danneggiamenti per urti o schiacciamenti che precludano l'accesso della sonda o possano invalidare l'eventuale riferimento topografico realizzato a testa tubo.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del sondaggio tutte le informazioni generali e le letture effettuate comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota boccaforo s.l.m. ecc.);
- caratteristiche dei tubi installati;
- schema geometrico di installazione con indicate quote assolute e relative degli anelli magnetici.

Inoltre:

- entro 15 giorni dall'installazione dell'assestometro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato nonché una tabella con i dati relativi alla misura base;
- entro 15 giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui al punto precedente più l'andamento degli assestamenti rilevati posti anche in diretto raffronto con i precedenti rilievi mediante tabelle e grafici.

3.8.1.6 Installazione di assestometro a piastra.

L'assestometro a piastra viene installato per valutare l'evoluzione nel tempo dei cedimenti del terreno, sollecitato da carichi, in genere in corrispondenza di rilevati e opere in terra di nuova realizzazione.

A. Strumentazione

L'assestometro a piastra è costituito da una piastra in calcestruzzo o in acciaio zincato, munita di aste rigide prolungabili su cui eseguire periodicamente le livellazioni di precisione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 135 di 239

La piastra in calcestruzzo dovrà avere dimensioni non inferiori a 60x60 cm e spessore 10 cm; dovrà essere opportunamente armata per evitare deformazioni o fessurazioni e la sua base dovrà essere perfettamente piana.

La piastra in acciaio, di dimensioni non inferiori a 50x50 cm e spessore 1 cm, sarà rinforzata lungo le diagonali per evitare eventuali deformazioni.

Al centro delle piastre sarà fissato o saldato l'anello di avvvitamento dell'asta rigida di misura consistente in un tubo filettato da 1" in modo tale che l'asta sia perfettamente perpendicolare alla base della piastra.

L'asta di misura sarà in acciaio inox di diametro non inferiore a 25 mm, in barre da 2 m con filettatura femmina e manicotti di giunzione.

L'asta di misura sarà protetta da un rivestimento (guaina antiattrito corrugata), ad alta deformabilità, tenuto in posizione coassiale rispetto all'asta stessa mediante un anello di invito inferiore fissato alla piastra assestimetrica ed un anello portaguaina superiore.

L'estremità superiore dell'asta di misura sarà chiusa da una borchia che avrà funzione di riferimento per le letture oltre che di tappo di chiusura superiore.

B. Installazione e modalità esecutive

Per la posa in opera della piastra si dovrà eseguire uno scavo fino ad una profondità di 1 m circa dal piano campagna; il fondo dello scavo sarà livellato con sabbia fine (circa 20 cm) compattata in modo da ottenere una superficie orizzontale su cui sarà posata la piastra.

L'asta di misura, avvvitata alla piastra, dovrà risultare perfettamente verticale.

Attorno all'asta verrà posto il tubo di rivestimento che non dovrà poggiare sulla piastra.

Con il procedere della costruzione del rilevato, si dovrà prolungare l'asta di misura, avvvitando tubi successivi da 1", ed il rivestimento di protezione.

Per evitare possibili danneggiamenti causati dai mezzi di cantiere, il sistema asta di misura-rivestimento dovrà essere esternamente protetto con tubi prefabbricati in cemento, del diametro di 50÷56 cm (20" ÷22") e l'intercapedine tra il tubo ed il rivestimento di protezione dell'asta di misura dovrà essere riempita a mano.

L'asta di misura ed il rivestimento dovranno sporgere di poco dal piano campagna.

Il rivestimento in sommità dovrà essere munito di un coperchio con lucchetto a protezione dell'asta di misura.

La testa dell'asta di misura dovrà sporgere dal rivestimento, tolto il coperchio, per consentire le misure topografiche di controllo.

Al procedere della crescita del rilevato, si dovrà togliere l'anello di tenuta superiore ed aggiungere un'altra asta di misura curando di giuntare tra loro gli spezzoni di guaina antiattrito.

C. Misure

Dopo l'installazione si eseguirà una misura topografica di controllo, a distanza di qualche giorno dalla posa, per determinare la quota di zero della piastra.

I cedimenti saranno misurati con uno strumento ottico di precisione, con l'approssimazione di 1 mm, riferito ad un caposaldo fisso.

La parte sommitale dell'estensimetro dovrà essere adeguatamente protetta da eventuali danneggiamenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 136 di 239

Documenti da consegnare.

Al completamento dell'installazione dell'assestometro dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

- descrizione generale (progetto, ubicazione dello strumento, data di installazione ecc...);
- caratteristiche del terreno di appoggio della piastra;
- caratteristiche e schema di installazione dell'assestometro;
- quota assoluta della piastra e dell'estremità superiore (borchia) dell'asta di misura;
- misura di zero;

Entro quindici giorni da ogni campagna di misura, dovranno essere consegnati per ciascun assestometro:

- tabulato con le letture di campagna contenente la differenza delle varie misure di controllo rispetto alla misura di zero;
- grafico cedimento/tempo.

3.8.1.7 Installazione di assestometro orizzontale a cella idraulica.

L'assestometro orizzontale è composto da un tubo flessibile, installato orizzontalmente, all'interno del quale viene inserita una sonda idrostatica piena di liquido le cui variazioni di altezza sono funzione della deformata del tubo stesso e di conseguenza dei cedimenti del terreno al suo intorno.

A. Strumentazione

Il tubo flessibile da porre in sito avente diametro di 2" è costituito da polietilene ad alta densità.

La sonda di misura è costituita da un cilindro di acciaio ($\varnothing_{est} = 32$ mm) con trasduttore di pressione con fondo scala di 10000 mm di colonna di fluido, per la misura della pressione del liquido contenuto nel circuito.

Il cavo viene avvolto in apposito rullo avvolgicavo all'interno del quale è posizionato il serbatoio del liquido idraulico nonché la centralina di misura.

Il cavo elettroidraulico dovrà trasmettere i segnali elettrici del trasduttore di pressione con tubetto di diametro pari a 8 mm contenente il fluido costituito da una miscela di acqua e glicerina 1:1.

B. Installazione

B1. Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera:

- verifica che il tubo non presenti lesioni o schiacciamenti, in particolare nelle parti terminali;
- verifica che le estremità del tubo non presenti sbavature tali da compromettere lo scorrimento della sonda di misura;
- controllo degli utensili e degli accessori per l'installazione.

B2. Modalità esecutive

La posa in opera della strumentazione deve essere eseguita con le seguenti modalità:

- preparazione di apposita trincea e suo livellamento;
- posizionamento del tubo orizzontalmente nel terreno;
- riempimento con materiale idoneo (sabbia o altro) adeguatamente compattato in modo tale da garantire una deformazione uniforme al terreno circostante una volta realizzata la sovrastruttura della quale si vogliono misurare i cedimenti;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 137 di 239

- realizzazione di due blocchetti in calcestruzzo alle estremità del tubo, ai quali il tubo stesso viene vincolato ma in modo da poter scorrere;
- messa in opera di tasselli di riferimento sui blocchetti;
- inserimento di tappi di protezione;
- rilievo topografico dei blocchetti di calcestruzzo e della sovrastruttura durante i vari stadi di costruzione.

C. Misure

Le letture devono essere rilevate lungo il tubo e rapportate ai tasselli di riferimento esterni in modo da potere tracciare un profilo completo delle deformazioni. La risoluzione del sistema è pari a 0,01 m mentre il campo di esercizio va da -5 a +5 m rispetto al livello di riferimento.

Dopo avere eseguito il rilievo topografico dei blocchi di calcestruzzo e della sovrastruttura, una volta raggiunto l'equilibrio termico dell'insieme, è necessario procedere alla calibratura del sistema attraverso una apposita base di misura adiacente al foro del tubo assestometrico; ciò avviene inserendo la sonda in due fori aventi dislivello noto.

Dopo avere inserito la sonda nel tubo le misurazioni saranno eseguite a distanze regolari predeterminate con il cavo metrato.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle operazioni dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- uno schema geometrico del posizionamento della strumentazione;
- entro quindici giorni dall'installazione dell'assestometro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato;
- una tabella con i dati relativi alla misura di base, caratteristiche e dati della strumentazione di misura (marca, modello, numero matricola, sensibilità, precisione);
- entro quindici giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui ai punti precedenti più gli elementi, tabellati e grafici, degli assestamenti rilevati.

3.8.1.8 Installazione di estensimetro a cavo.

Si tratta di cavi, appositamente ancorati ad una estremità e dotati di contrappeso all'altra, atti a misurare spostamenti relativi rispetto ad un punto di riferimento fisso.

A. Strumentazione

La strumentazione è costituita essenzialmente da:

- tubo guida in acciaio invar per l'alloggiamento del contrappeso e del trasduttore di spostamento, dotato di una testa di ancoraggio con puleggia di rimando e di un dispositivo per la correzione della posizione del trasduttore di spostamento;
- chiodi di ancoraggio di lunghezza compresa tra 350 e 500 mm e diametro minimo pari a 20 mm;
- contrappeso costituito da materiale a basso coefficiente di dilatazione;
- filo d'acciaio invar di diametro minimo pari a 3 mm e di lunghezze varie, dotato di occhielli e di gancio di fermo per la sospensione;
- fermo di tensione con occhiello e gancio;
- trasduttore di spostamento con differenti campi di misura.

I cavi in materiale invar dovranno avere un basso coefficiente lineare di dilatazione termica; in ogni caso il sistema dovrà essere dotato degli accorgimenti necessari per individuare, e quindi annullare per via analitico - interpretativa o automatica, variazioni nella lunghezza dei cavi in seguito ai cambiamenti di temperatura del materiale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 138 di 239

B. Installazione

L'estensimetro a cavo dovrà essere installato posizionando due chiodi di ancoraggio a cavallo della frattura da esaminare.

La sequenza operativa per la messa in opera dei chiodi è la seguente:

- perforazione di diametro e lunghezza adeguata alle dimensioni del chiodo da installare;
- posizionamento del chiodo all'interno del foro lasciando sporgere soltanto la testa del chiodo stesso;
- cementazione dell'intercapedine foro-chiodo mediante malta a presa rapida, curando il completo intasamento del volume da cementare.

Al termine della cementazione si dovrà aspettare almeno un paio d'ore prima di proseguire con le operazioni di installazione dell'estensimetro che prevedono le seguenti fasi:

- posizionamento del tubo guida e della relativa testa di ancoraggio al chiodo predisposto;
- collegamento dell'estremità opposta al tubo guida con un filo d'acciaio con fermo di tensione allentato;
- collegamento del filo d'acciaio invar al contrappeso di tensione che dovrà passare nella puleggia di rimando;
- tesatura del filo d'acciaio per mezzo del fermo di tensione e successivo azzeramento del trasduttore di spostamento.

C. Misure

Gli eventuali allungamenti o accorciamenti dovranno essere letti in corrispondenza del trasduttore di spostamento utilizzando un'ideale centralina di lettura.

La frequenza di esecuzione delle misure dovrà essere approvata preventivamente dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare.

Per ogni estensimetro attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione dell'estensimetro oggetto della misura;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1978). Suggested Methods for Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers.

3.8.1.9 Installazione di estensimetro a barra.

L'estensimetro a barra viene utilizzato per la misura dello spostamento relativo, in roccia o nel terreno tra uno (estensimetro monobase) o più (estensimetro multibase) punti in profondità ed un riferimento in superficie, attraverso aste messe in opera all'interno di un foro di perforazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 139 di 239

A. Strumentazione

Lo strumento è costituito da un riferimento fisso, installato in profondità, all'interno di perforazioni appositamente realizzate cui è collegata una batteria di aste protette da una guaina esterna le quali trasferiscono il movimento del punto di ancoraggio alla testa di riferimento dello strumento. I movimenti del punto di ancoraggio devono essere rilevati per mezzo di un trasduttore elettrico di spostamento o da un comparatore centesimale.

L'estensimetro a barra può essere monobase o multibase; in genere all'interno di un foro di diametro pari a 101 mm può essere installato un estensimetro multibase fino a sei basi di misura.

I componenti principali dell'estensimetro a barra sono:

- aste di misura in fibra di vetro o in acciaio/invar;
- tubo antiattrito dell'asta di misura;
- ancoraggio superiore ed inferiore;
- testa estensimetrica monobase o multibase;
- tubi di cementazione;
- tappo per il bloccaggio delle aste durante la cementazione;
- coperchio della testa, tappi di chiusura e centratori delle aste;
- strumenti di misura (trasduttore elettrico di spostamento, comparatore centesimale).

Le aste di misura possono essere sia in fibra di vetro sia in acciaio o invar.

Le aste in fibra di vetro in generale sono più facili da installare specialmente se lo spazio a disposizione è ridotto; inoltre le aste in fibra di vetro possono essere pre-assemblate in fabbrica della lunghezza richiesta e trasportate in sito.

Le aste invar sono da preferirsi quando si aspettano grandi variazioni termiche nell'ambiente di installazione.

Le aste in acciaio sono fornite in spezzoni di lunghezza pari a 2-3 m con filettature maschio/femmina.

Le aste in acciaio/invar sono più rigide di quelle in fibra di vetro e sono da preferirsi quando si ipotizzano fenomeni di accorciamento (compressione) piuttosto che di allungamento (trazione) ed in ogni caso quando è previsto l'impiego di aste molto lunghe.

Il diametro delle aste varia a secondo della casa costruttrice; le aste in fibre di vetro hanno in genere diametri inferiori rispetto a quelle in acciaio/invar.

Negli estensimetri multibase le aste di misura devono essere dotate di anelli centratori installati ad intervalli di 3 m .

Il tubo antiattrito deve ospitare l'asta di misura isolandola dal terreno circostante, impedendo l'insorgere di attriti e facendo sì che l'asta interna sia libera di scorrere e trasmettere il movimento relativo tra l'ancoraggio inferiore e la testa di misura. Il diametro del tubo antiattrito deve essere adeguato al diametro delle aste di misura; per esempio, in presenza di aste di misura di 11 mm di diametro si dovrà utilizzare una guaina di protezione di diametro pari ad almeno 16 mm. Il tubo antiattrito dovrà essere collegato agli ancoraggi superiore ed inferiore mediante guarnizioni a tenuta stagna

Gli ancoraggi inferiore e superiore sono costituiti da spezzoni di tubo in acciaio.

L'ancoraggio inferiore è in acciaio zincato ad aderenza migliorata (lunghezza compresa tra 250 e 600 mm) ed è cementato al terreno circostante.

L'ancoraggio superiore dovrà essere collegato alla asta di misura e si innesta nella testa di misura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 140 di 239

La testa estensimetrica di misura sarà monobase o multibase in funzione dei punti di misura necessari. Dovrà essere costruita in acciaio inossidabile e sarà fornita di una testa di protezione a tenuta stagna.

Il sistema di misura può essere di tipo elettrico mediante trasduttore elettrico di spostamento e di tipo meccanico mediante comparatore centesimale.

- Il trasduttore elettrico di spostamento dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:
 - Campo di misura tipico: $\pm 20, \pm 50$ mm
 - Risoluzione: 0,05 mm
 - Precisione tipica: compresa tra 0,5 ed 1% fondo scala
 - Principio di funzionamento: potenziometrico, LVDT, od altro
 - Coefficiente di deriva termica: non superiore a 0,03% fondo scala/°C
 - Campo di temperatura: $-10^{\circ}\text{C} \div +50^{\circ}\text{C}$
 - Grado di protezione: IP 65.
- Il comparatore centesimale dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:
 - Campo di misura tipico: 20 mm, 50 mm
 - Risoluzione tipica: 0,01 mm
 - Precisione tipica: 0,1 mm

B. Installazione

Controlli ed operazioni preliminari

Prima dell'inizio della posa in opera devono essere eseguiti i seguenti controlli:

- a) controllo visivo dell'integrità e rispondenza dei componenti alle specifiche;
- b) verifica funzionale degli strumenti di misura e degli accoppiamenti tra i vari componenti;
- c) verifica dell'identificazione della verticale di misura.

Modalità esecutive

Per un estensimetro monobase la posa in opera deve essere eseguita secondo le seguenti modalità:

- a) lavaggio della perforazione con acqua dolce pulita;
- b) preparazione dei componenti le aste di misura e della guaina di protezione (tubo antiattrito) in spezzoni di lunghezza idonea a realizzare l'installazione;
- c) montaggio dell'elemento di fondo composto da: ancoraggio di fondo, primo elemento della guaina di protezione (dotata dell'elemento di tenuta idraulica) e dalla prima asta di misura;
- d) preparazione dei materiali necessari all'installazione: miscela cementizia, tubo di iniezione, materiale di riempimento, materiali isolanti per la giunzione delle guaine;
- e) fissaggio all'ancoraggio del tubo di iniezione;
- f) inserimento dell'ancoraggio nella perforazione e suo approfondimento fino a fondo foro, aggiungendo progressivamente spezzoni di aste di misura e di guaina di protezione;
- g) cementazione dell'ancoraggio, rimozione del tubo di iniezione;
- h) riempimento della perforazione con materiale idoneo;
- i) installazione della testa di misura;
- j) montaggio del trasduttore di spostamento o del comparatore centesimale.

Nei 5 giorni successivi all'installazione deve essere eseguita almeno 1 lettura al giorno al fine di controllare che i cedimenti conseguenti all'installazione non siano di entità tale da ridurre il campo di misura al di sotto del valore minimo previsto per i cedimenti a lungo termine. Eventualmente si deve procedere ad un "recupero" della corsa dello strumento interponendo tra la testa di misura ed il trasduttore di spostamento appositi distanziatori.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 141 di 239

Per un estensimetro multibase la posa in opera dello strumento deve avvenire secondo la procedura di seguito elencata:

- a) lavare la perforazione con acqua dolce pulita;
- b) calzare uno spezzone di tubo di para (15 cm circa) sul codolo dell'ancoraggio inferiore fascettandolo;
- c) avvitare il primo spezzone dell'asta di misura all'ancoraggio inferiore;
- d) calzare un manicotto sul terminale dell'asta di misura a cavallo della guaina di protezione, premontata sull'asta di misura;
- e) avvitare un altro spezzone di asta di misura;
- f) fissare sulle aste così preparate un tubo di plastica per la cementazione, fissandolo con nastro in più punti;
- g) ripetere le operazioni fin qui descritte per le eventuali altre basi estensimetriche di misura;
- h) inserire le aste nel foro di perforazione, eventualmente sostenendole;
- i) proseguire con il prolungamento dello strumento direttamente in foro, inserendo ad intervalli di circa due-tre metri i centratori ed alternando a questi robuste nastrature;
- j) riprendere le operazioni fino a completare l'installazione;
- k) lasciare che l'estensimetro sporga di circa un metro dalla boccaforo;
- l) montare su ogni base l'ancoraggio superiore;
- m) applicare uno strato di cemento a presa rapida intorno alla bocca del foro e quindi posizionare la testa dello strumento a contatto con la parete, inserendo i bulloni nelle apposite sedi;
- n) fissare la testa di misura alla parete serrando i bulloni;
- o) svitare i tappi di protezione dei raccordi di iniezione (maschi 3÷6") e collegarsi ai raccordi di utilizzo con la tubazione di mandata della miscela cementizia. Per la cementazione sono previsti due metodi esecutivi in funzione della posizione dello strumento stesso:
 - per estensimetri installati verso l'alto, l'iniezione deve procedere dal tubetto più corto fino a quello più lungo. L'iniezione dall'interno del primo tubetto deve proseguire fino al momento in cui fuoriesce malta dal tubetto intermedio; quindi si deve riprendere l'iniezione da quest'ultimo, dopo avere rimesso il tappo a quello precedente, fino alla fuoriuscita di malta dal tubetto più lungo;
 - per estensimetri installati verso il basso, si deve procedere iniettando la malta cementizia dal tubetto più lungo. In questo caso, se non si verificano inconvenienti durante l'iniezione si deve vedere fuoriuscire malta, contemporaneamente dagli altri due tubetti.

E' buona norma non iniettare a pressioni superiori a quelle necessarie al riempimento del foro, onde evitare l'apertura di eventuali fratture esistenti.

Terminata la cementazione si dovranno richiudere tutti i raccordi di iniezione con i relativi tappi e attendere che la miscela faccia presa.

Il montaggio degli strumenti deve ancora essere preceduto dalla regolazione fine della lunghezza di ciascuna base estensimetrica, in modo da ottenere una misura di riferimento prestabilita (es. metà corsa del comparatore o del trasduttore); le operazioni di regolazione devono essere effettuate nel seguente modo:

- svitare il tappo di protezione della base;
- montare lo strumento di misura (trasduttore elettrico o comparatore meccanico) ed effettuare la lettura;
- smontare lo strumento e regolare la posizione della vite sull'astina di riferimento. In questa fase, si presti attenzione a non applicare sforzi di compressione sull'astina;
- rimontare lo strumento e controllare che la misura sia quella desiderata: se così non è, ripetere le operazioni.

E' bene effettuare la vera misura iniziale "di zero" a completa maturazione della malta di iniezione. Se necessario, la posizione delle astine può essere ancora ripresa. Nel caso di utilizzo di trasduttori elettrici (fissi), l'installazione dell'estensimetro deve essere ultimata montando sulla testa la custodia cilindrica di protezione meccanica, non necessaria invece nel caso di comparatore centesimale (removibile).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 142 di 239

Se lo strumento di misura è costituito da un comparatore meccanico rimovibile, si dovrà controllarne la taratura, prima di ogni campagna di misure di esercizio, utilizzando l'apposita dima (in dotazione).

Il montaggio e l'installazione degli estensimetri con basi in fibra di vetro deve avvenire seguendo le modalità indicate dal Fornitore. In generale, comunque, poiché le basi devono essere realizzate in elementi di lunghezza prefissata, pari alla profondità di installazione, le operazioni consistono nell'assemblaggio di vari componenti a piè d'opera e nell'inserimento dello strumento nel foro di perforazione.

C. Misure

Le letture manuali con il comparatore consistono nella annotazione sul foglio di lettura del valore indicato dallo strumento.

Periodicamente, ogni 15 giorni o ogni mese a seconda della frequenza di lettura, si deve togliere la protezione della testa di riferimento dell'estensimetro e procedere all'esecuzione di un controllo funzionale del comparatore con le seguenti operazioni:

- sollevare l'astina di riferimento del comparatore per alcuni millimetri (< 5 mm) e lasciarla liberamente, verificando che il valore indicato sia sempre compreso in un intervallo compatibile con la precisione dello strumento;
- interporre tra l'astina del comparatore ed il riferimento di misura uno spessore calibrato (2 ± 3 mm) e controllare la precisione con cui il comparatore misura tale spessore;
- confrontare tale valore con quello del controllo precedente.

Le letture manuali con comparatore devono essere eseguite secondo le seguenti modalità:

- verificare il valore di riferimento del comparatore (valore di zero) mediante l'apposita dima di riscontro ed annotare il valore;
- posizionare il comparatore sulla base di misura ed annotare il valore indicato;
- rimuovere il comparatore e ripristinarlo sulla base; annotare il nuovo valore. Verificare la corrispondenza delle due letture. In caso di divergenza superiore a 0,1 mm verificare che non vi sia presenza di sporco sul comparatore o sulla base e che i riferimenti di misure siano integri e correttamente montati. Quindi ripetere la misura fino a che non si ottengono valori ripetitivi.

Le letture automatiche con trasduttore elettrico dovranno prevedere le seguenti modalità operative:

- a) accendere la centralina e verificarne il valore di zero;
- b) spegnere la centralina;
- c) collegare la centralina al terminale di lettura e accenderla;
- d) attendere che il valore evidenziato sul display si stabilizzi e comunque per il tempo minimo eventualmente indicato nel manuale d'uso;
- e) annotare il valore rilevato sull'apposito modulo di lettura che deve contenere anche la lettura precedente.

Per la lettura dei trasduttori di spostamento devono essere utilizzate centraline di lettura aventi le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- Display: 4 1/2 digits - LCD
- Risoluzione: 1 digit
- Precisione tipica: $\% 2$ digits
- Coefficiente di deriva termica: $\leq 0,3$ digit/ $^{\circ}\text{C}$
- Temperatura di utilizzo: $0\pm 50^{\circ}\text{C}$
- Grado minimo di protezione: IP64
- Connettori: stagni IP65

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 143 di 239

- Alimentazione: con batterie interne ricaricabili
- Autonomia: min. 10 ore

Documenti da consegnare.

Per ogni estensimetro attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione dell'estensimetri oggetto della misura;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (estensimetri a barre) forniti da costruttore ed eventuali tarature
- entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1978). Suggested Methods for Monitoring Rock Movements using Borehole Extensometers.

3.8.1.10 Installazione di estensimetro incrementale.

L'estensimetro incrementale è utilizzato per il rilievo delle deformazioni di un ammasso attraverso la misura di precisione, lungo l'asse di un foro, degli spostamenti assiali relativi di una serie di basi di misura generalmente poste ad intervallo di 1 m.

L'estensimetro incrementale può essere ad accoppiamento meccanico o ad accoppiamento elettromagnetico.

A. Strumentazione

Il sistema in generale è costituito da:

- tubo guida ed anelli di riferimento;
- un set di aste e di accessori per il posizionamento della sonda nel foro;
- una sonda estensimetrica portatile completa di cavo;
- una centralina di controllo e di lettura.

L'estensimetro incrementale ad accoppiamento elettromagnetico si basa sull'induzione elettromagnetica tra le bobine ad altissima precisione di una sonda di misura che passa attraverso anelli di riferimento in ottone fissati all'esterno dei tubi guida e cementati alle pareti del foro.

L'estensimetro ad accoppiamento meccanico si basa su un preciso accoppiamento cono-sfera tra una sonda removibile dotata di un trasduttore lineare di spostamento tipo LVDT e una serie di riscontri di misura alloggiati in una tubazione in PVC e cementati alle pareti di un foro di sondaggio.

A.1. Tubo guida ed anelli di riferimento

Nell'estensimetro ad accoppiamento elettromagnetico (tipo Increx) il tubo guida è di tipo inclinometrico ed è costituito

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 144 di 239

da un tubo scanalato in ABS all'esterno del quale vengono posizionati gli anelli di riferimento, magnetici, in metallo speciale (ottone) resi solidati al terreno mediante cementazione.

Il tubo guida dovrà avere uno spessore di almeno 0,5 cm con un diametro esterno adeguato al diametro del foro ed alle dimensioni della sonda di lettura (per es.: diametro esterno 70 mm e interno 60 mm con sonda da 46 mm).

Il posizionamento degli anelli di riferimento al tubo guida deve avvenire mediante una dima di precisione in modo tale che la distanza tra due anelli contigui sia precisamente pari a 1000 mm (1 metro).

Il fissaggio degli anelli deve essere tale da garantire il mantenimento della loro posizione nella fase di installazione dell'estensimetro e nello stesso tempo deve permettere lo scorrimento degli anelli stessi per seguire le deformazioni dell'ammasso circostante nella fase di esercizio.

Nell'estensimetro ad accoppiamento meccanico (tipo Sliding deformeter/Trivec) il tubo in PVC è munito, ogni metro, di ancoraggi anulari in ABS che sono collegati telescopicamente e sono resi solidati al terreno mediante iniezioni di malta cementizia.

Gli ancoraggi anulari sono dotati di una sede conica che permette l'accoppiamento meccanico con le due teste sferiche della sonda estensimetrica, previa rotazione di 45° della sonda stessa.

All'interno della sonda un trasduttore di spostamento di tipo potenziometrico permette di rilevare gli spostamenti relativi tra due ancoraggi successivi.

Nel caso di impiego di una sonda di lettura tipo Trivec devono essere seguite, a ciascun livello di misura, almeno due letture: la prima nella posizione di blocco iniziale della sonda e la seconda dopo una rotazione di 180° della sonda stessa.

A.2. Aste per il posizionamento della sonda

Le aste in genere hanno una lunghezza unitaria pari a 2 m e diametro adeguato alle dimensioni della sonda utilizzata.

La giunzione dei diversi segmenti di aste dovrà permettere il perfetto posizionamento della sonda estensimetrica all'interno del tubo guida.

In presenza di assestimetri di lunghezza superiore a 30 m è consigliabile l'impiego di un argano a supporto delle aste guida.

A.3. Sonda estensimetrica

Le caratteristiche tecniche minime di base della sonda dovranno essere le seguenti:

- base di misura : 1 m
- campo di misura: ± 5 mm; ± 10 mm; ± 20 mm
- precisione: $\pm 0,02$ mm
- sensibilità: $0,001 \div 0,01$ mm
- campo di temperatura: $- 5^{\circ} \div + 50^{\circ}$ C

La sonda estensimetrica tipo Trivec, oltre la deformazione assiale, deve permettere il rilievo delle deformazioni in due direzioni ortogonali all'asse del foro e dovrà possedere le seguenti caratteristiche minime:

- base di misura: 1 m
- micrometro:
 - campo di misura: ± 20 mm (± 10 mm)
 - precisione: $\pm 0,003$ mm
 - sensibilità: 0,001 mm

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 145 di 239

- inclinometro:
 - campo di misura: $\pm 14,5^\circ$ (rispetto alla verticale)
 - precisione: $\pm 0,05$ mm/m
 - sensibilità: 0,005 mm (1°)
 - campo di temperatura: $- 5^\circ \div + 50^\circ$ C

A.4. Centralina e cavo di misura

La centralina di misura dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- lettura massima: 19999 digits
- temperatura operativa: $- 5^\circ \div + 70^\circ$ C
- batterie: 12 V - 5,7 Ah

Le batterie dovranno essere preferibilmente di tipo ricaricabile e dovranno avere un tempo di operatività di almeno $5 \div 10$ ore. Il cavo elettrico di collegamento tra la sonda estensimetrica e la centralina di misura dovrà essere costituito da rame perfettamente isolato con rivestimento in poliuretano e con protezione in kevlar. Pur possedendo caratteristiche di inestensibilità o comunque di ridotta estensibilità, il cavo elettrico non dovrà essere utilizzato per il posizionamento della sonda nei tubi guida scanalati onde evitare al massimo errori di lettura.

B. Modalità esecutive

Le operazioni di montaggio ed installazione della colonna estensimetrica incrementale richiedono una particolare cura in quanto da esse dipende la possibilità di interpretare in modo corretto i dati numerici desunti dalle letture.

L'installazione deve quindi essere eseguita avendo cura di quanto segue:

- evitare effetti spirale inducendo torsioni alle tubazioni;
- salvaguardare la tubazione da ammaccature, sforzi ecc.;
- accoppiare la tubazione al terreno lungo tutto il suo sviluppo mediante cementazione con miscela adeguata alle caratteristiche dei terreni circostanti.

In linea generale si dovrà operare come segue:

- lavare accuratamente il foro di sondaggio con acqua pulita;
- a seconda della profondità di progetto alla quale andrà installato lo strumento, e quindi del foro, preparare un numero adeguato di tubi;
- preparare il materiale di consumo occorrente quale dima per anelli di riferimento, rivetti, mastice, nastro, rivettatrice, trapano, cacciavite ecc. e quant'altro necessario per realizzare correttamente la colonna assestimetrica;
- assemblare sulla parte terminale della prima barra di tubo mediante rivetti e mastice il tappo di fondo completo di anello per il fissaggio della fune di supporto della colonna, che dovrà essere montata nel caso d'installazione verticale verso il basso;
- disporre un terminale di testa completo di flangia di fissaggio, sistema di ancoraggio e tappo filettato di chiusura;
- negli assestimetri tipo Increx, partendo dal primo spezzone di tubo, montare, coassialmente ad esso, il primo anello di riferimento partendo da 50 cm di distanza rispetto al fondo tubo e fissarlo mediante viti; proseguire, mediante l'uso della dima (che dovrà essere montata sempre a cavallo dei due anelli di riferimento), posizionando il secondo anello di riferimento e fissarlo alla tubazione mediante le viti e così a seguire;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 146 di 239

- nel caso di installazione verticale verso il basso, montare sul terminale del tappo di fondo una fune di nylon o similare (non metallica) di lunghezza adeguata alla profondità di posa del tubo per il supporto della colonna durante le fasi di montaggio della stessa;
- qualora il foro sia pieno d'acqua, si dovrà riempire con acqua pulita il tubo in modo da contrastare la sottospinta;
- al termine dell'installazione della colonna estensimetrica incrementale, essa deve essere collegata e resa solidale al terreno mediante cementazione da eseguire a bassa pressione (< 2 bar); l'accurato intasamento dell'intercapedine dal fondo della colonna viene realizzato per mezzo di una boiaccia cementante la cui composizione va attentamente valutata in relazione alle caratteristiche dei terreni circostanti; in situazioni del tutto particolari, qualora la boiaccia cementante tendesse a disperdersi a causa di fratture, l'intasamento può ottenersi versando ghiaietto calibrato ($\varnothing$ 2-4 mm), o sabbia monogranulare, da addensarsi per caduta mediante la percolazione di acqua introdotta dall'alto; l'intasamento della intercapedine con boiaccia può essere ottenuto mediante tubetto volante montato esternamente alla tubazione, per garantire una perfetta cementazione della colonna dal fondo del tubo alla superficie; l'intasamento con boiaccia ha il vantaggio di consentire di estrarre il rivestimento provvisorio se presente in un'unica manovra alla fine della iniezione; in ogni caso il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto operando solamente a trazione e senza rotazione; l'intasamento con ghiaietto o sabbia, in preforo rivestito e con acqua, è piuttosto lento dovendo attendere ogni volta la decantazione del materiale fino sotto la scarpa prima di procedere ad estrarre ogni successivo spezzone della camicia provvisoria;
- accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo inclinometrico;
- installazione a testa foro di un chiusino di protezione, cementato al terreno, e provvisto di una chiusura con lucchetto e chiavi.

C. Misure

La lettura di "zero" dovrà essere eseguita non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi di misura.

Prima di ogni serie di misure ed al termine di essere dovrà essere effettuata una misura di calibrazione con l'apposito dispositivo di taratura.

Prima dell'inizio delle misure la sonda di lettura dovrà raggiungere l'equilibrio termico all'interno del foro (in genere 30 minuti); le misure dovranno essere ripetute almeno due volte lungo la stessa verticale ed i valori ottenuti dovranno essere mediati.

Nell'estensimetro tipo Increx la misura dovrà essere eseguita in risalita secondo le seguenti fasi:

- inserimento della sonda nel tubo guida e approfondimento della stessa fino a fondo foro;
- attesa della completa stabilizzazione della sonda nei confronti della temperatura di fondo foro;
- esecuzione delle letture in risalita ad intervalli di 1 m regolando la posizione della sonda in corrispondenza degli anelli di riferimento attraverso la testa di bloccaggio.

Nell'estensimetro tipo Sliding Deformeter la misura dovrà rispettare la seguente procedura:

- inserimento della sonda nel tubo guida in posizione di movimento ed abbassamento della stessa fino a superare il primo riscontro di misura;
- rotazione della sonda di 45° e sollevamento della stessa fino a completo bloccaggio nel riscontro di misura;
- esecuzione della misura e ripetizione della procedura fino a fondo foro;
- ripetizione delle misure in risalita.

Nell'estensimetro tipo Trivec la misura dovrà rispettare la seguente procedura:

- inserimento della sonda nel tubo guida in posizione di movimento ed abbassamento della stessa fino a superare il primo riscontro di misura;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 147 di 239

- rotazione della sonda di 45° e sollevamento della stessa fino a completo bloccaggio nel riscontro di misura;
- esecuzione della lettura estensimetrica (componente di spostamento z) e della prima lettura inclinometrica (componenti x e y);
- ripetizione delle misure inclinometriche in corrispondenza dello stesso riscontro a 90°, 180° e 270° rispetto alla guida di riferimento iniziale e riposizionamento della sonda in corrispondenza della guida principale;
- abbassamento della sonda fino a superare il secondo riscontro di misura;
- ripetizione della procedura fino a fondo foro;
- ripetizione delle misure in risalita.

Documenti da consegnare.

Per ogni sistema di estensimetri attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione dell'estensimetro oggetto della misura con schema geometrico;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (estensimetro incrementale) fornita dal costruttore ed eventuali tarature
- entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.11 Installazione di estensimetro a corda vibrante o di tipo resistivo (barretta estensimetrica)

Gli estensimetri a corda vibrante o di tipo resistivo sono utilizzati per misurare le deformazioni e lo stato di sollecitazione in strutture quali pali di fondazione, rivestimenti di gallerie, opere in terra ed edifici ecc..

A. Strumentazione

Gli estensimetri possono essere a corda vibrante o di tipo resistivo.

L'estensimetro a corda vibrante è costituito da una corda d'acciaio tesa tra due blocchetti che sono fissati o annegati nella struttura da tenere sotto controllo.

Le due estremità della corda devono essere ancorate in modo tale da assicurare una stabilità costante a lungo termine.

In prossimità della corda è presente una bobina elettromagnetica che produce delle vibrazioni convertite in segnali elettrici di corrente alternata; la frequenza di tali segnali elettrici risulta inversamente proporzionale alla lunghezza della corda.

Il cambiamento dello stato di sforzo della struttura sotto controllo provoca una variazione della lunghezza della corda e di conseguenza una variazione della frequenza del segnale che sarà misurato in microstrain per mezzo di una apposita centralina di lettura digitale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 148 di 239

L'estensimetro a corda vibrante può essere di due tipi:

Estensimetro a c.v. per saldatura

L'estensimetro è in acciaio inox con un tubicino protettivo mobile assicurato da un O-ring. Una molla interna tiene la corda ad una tensione iniziale il cui valore, di norma, è a metà del campo di misura dello strumento ma può essere facilmente modificato nel corso dell'installazione agendo su una apposita vite di regolazione.

Viene impiegato per applicazioni su elementi di acciaio o su barre di armatura mediante blocchetti di montaggio.

Estensimetro a c.v. per annegamento in calcestruzzo

Utilizzato per misurare le sollecitazioni nel calcestruzzo, questo estensimetro è dotato di ancoraggi piatti alle due estremità. E' possibile, tuttavia, gettare l'estensimetro in briquette di calcestruzzo che, oltre a proteggerlo, dovranno consentire di incorporare l'apparecchiatura nella struttura sotto controllo; in alternativa, tali estensimetri, se richiesto dalle Ferrovie, dovranno essere gettati in opera.

L'estensimetro a c.v. dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- Lunghezza della corda: 50, 150 ÷ 250 mm
- campo di rilievo: ± 1500 microstrain
- sensibilità: 1,0 microstrain
- frequenza di zero tipica: 800 Hz
- resistenza della bobina: 150 ohm
- temperatura di esercizio: $-20^{\circ} \div +80^{\circ} \text{ C}$

L'estensimetro a c.v. dovrà essere dotato di un sensore integrato per il contemporaneo rilievo della temperatura della struttura sotto controllo. Tale temperatura dovrà essere letta nella centralina di lettura.

L' estensimetro di tipo resistivo (barretta estensimetrica) è costituito essenzialmente da un conduttore elettrico che a seguito di una deformazione provoca una variazione di resistenza proporzionale alla deformazione stessa.

Gli accorgimenti costruttivi della barretta estensimetrica devono prevedere le compensazioni per gli effetti delle deformazioni radiali e di quelli termici. In pratica, quindi, l'estensimetro resistivo è costituito da una asta in acciaio che in una data sezione è sensibilizzata con quattro estensimetri collegati a ponte Wheatstone così che due risultino con l'asse orientato per misurare le deformazioni e due risultino di compensazione.

L'estensimetro resistivo dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- Uscita nominale: 2 mV/V f.s.
- Impedenza di ingresso: ~ 350 ohm
- Impedenza d'uscita: ~ 350 ohm
- campo di rilievo: ± 1500 microstrain
- tensione di eccitazione: max. 10 V
- frequenza di zero tipica: 800 Hz
- temperatura di esercizio: $-5^{\circ} \div +65^{\circ} \text{ C}$

B. Installazione

Le modalità di installazione variano in funzione del tipo di estensimetro adottato.

Negli estensimetri installati per saldatura si dovrà adottare la seguente procedura di massima:

- pulire accuratamente la superficie di saldatura rimuovendo l'eventuale ruggine con una levigatrice o carta smerigliata;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 149 di 239

- eliminare eventuali irregolarità nella superficie e/o tracce di grasso;
- segnare esattamente la posizione di saldatura;
- eseguire la saldatura;
- verificare che la saldatura sia stata effettuata a perfetta regola d'arte secondo i criteri della normativa vigente.

Quando si saldano gli estensimetri resistivi ai ferri di armatura è necessario avvolgere la barretta estensimetrica con uno straccio bagnato per contrastare la propagazione del calore verso il ponte estensimetrico.

Negli estensimetri installati per annegamento nel calcestruzzo la procedura di massima è la seguente:

- realizzare una struttura metallica di dimensione idonea;
- fissare l'estensimetro alla struttura metallica per mezzo di fil di ferro non troppo tesato;
- rivestire con nastro auto vulcanizzante i due punti di contatto dell'estensimetro con il fil di ferro;
- posizionare la struttura secondo la direzione desiderata ed in maniera da renderla stabile durante il getto di calcestruzzo.

E' possibile annegare l'estensimetro direttamente nel calcestruzzo senza gabbia quando si ha la certezza che la sua orientazione risulterà corretta.

E' buona regola proteggere l'estensimetro con una scatola metallica da fissare alla struttura sotto controllo con bulloni posizionati a debita distanza dall'estensimetro per non falsare le letture.

Gli estensimetri dovranno essere collegati alla centralina di lettura per mezzo di cavi la cui lunghezza deve essere adeguatamente prevista in fase di programmazione dell'installazione delle apparecchiature allo scopo di evitare, successivamente, di ricorrere a giunzioni o prolunghie. Ciascun cavo dovrà essere dotato, all'estremità esterna, di una targhetta identificativa chiaramente leggibile anche durante l'esercizio.

C. Misure

La procedura di lettura dovrà essere la seguente:

- accendere la centralina e verificarne il valore di zero; spegnere la centralina;
- collegare la centralina al terminale di lettura e accenderla;
- attendere che il valore evidenziato sul display si stabilizzi e comunque per il tempo minimo eventualmente indicato nel manuale d'uso;
- annotare il valore rilevato sull'apposito modulo di lettura che deve contenere anche la lettura precedente.

Documenti da consegnare.

Per ogni sistema di estensimetri attrezzato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione dell'estensimetro oggetto della misura e schema geometrico adottato, marca, modello ed eventuale numero di matricola;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, dell'estensimetro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 150 di 239

- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.12 Installazione di fessuometro meccanico tridirezionale.

Il fessuometro tridirezionale è di norma installato a cavallo di lesioni o fratture in corrispondenza di pareti rocciose o in strutture in calcestruzzo e/o muratura al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo secondo tre direzioni ortogonali di spostamento.

A. Strumentazione

Il fessuometro è formato essenzialmente dai seguenti elementi:

- telaio in acciaio inox suddiviso in due elementi, da installare ai due lati opposti della discontinuità, sagomati in modo tale da poter inserire il comparatore meccanico ed effettuare le misure secondo le tre direzioni x, y e z;
- staffe di ancoraggio;
- comparatore a lettura manuale con le seguenti caratteristiche minime:
 - risoluzione pari ad almeno 0,01 mm
 - campo di misura minimo = 0-50 mm
 - precisione di misura minima = 0,02-0,05 mm

Lo strumento deve permettere di eseguire le letture anche con trasduttori elettrici mediante unità di lettura portatile o con registrazione automatica dei dati.

B. Modalità esecutive

Per il montaggio dello strumento si dovrà procedere nel seguente modo:

- pulizia, asportazione delle asperità e regolarizzazione della superficie di installazione;
- perforazione dei fori di ancoraggio posizionati mediante l'impiego della dima di riferimento o della sagoma di assemblaggio dello strumento;
- inserimento del tassello o del dado di ancoraggio e cementazione dello stesso;
- verifica della cementazione e rimozione della dima/sagoma;
- collegamento dello strumento agli ancoraggi.

La lunghezza dei fori ed il diametro delle staffe di ancoraggio dovranno essere tali da garantire un fissaggio stabile e durevole nel tempo.

La posizione delle staffe di ancoraggio deve essere preferibilmente simmetrica rispetto alla discontinuità.

C. Misure

La misura di "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione dopo avere raggiunto il necessario equilibrio termico con l'ambiente circostante.

In corrispondenza di ogni misura, sia di taratura che operativa, dovrà essere rilevata la temperatura dell'aria, del fessuometro nonché della roccia o della struttura su cui è ancorato lo strumento.

La restituzione dei dati elaborati dalle misure dovrà permettere la ricostruzione dell'andamento delle tre direzioni di spostamento nel tempo; in pratica dovrà essere possibile rilevare l'apertura, lo scorrimento relativo e l'abbassamento delle due parti della lesione o frattura sotto controllo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 151 di 239

Documenti da consegnare.

Per ogni fessurometro installato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione del fessurometro oggetto della misura, indicazione delle sue caratteristiche (marca, modello, numero di matricola, precisione) ed indicazione dello schema geometrico di installazione;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, del fessurometro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (fessuometri meccanici) fornita da costruttore ed eventuali tarature
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.13 Installazione di fessurometro meccanico monodirezionale.

Il fessurometro monodirezionale è di norma installato a cavallo di lesioni o fratture in corrispondenza di pareti rocciose o in strutture in calcestruzzo e/o muratura al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo lungo una sola direzione.

A. Strumentazione

Il fessurometro è formato essenzialmente dai seguenti elementi:

- due elementi in acciaio inox, da installare ai due lati opposti della discontinuità, sagomati a L in modo tale da poter inserire il comparatore meccanico ed effettuare le misure secondo una sola direzione;
- staffe di ancoraggio;
- comparatore a lettura manuale con le seguenti caratteristiche minime:
 - risoluzione pari ad almeno 0,01 mm
 - campo di misura minimo = 0-50 mm
 - precisione di misura minima = 0,02-0,05 mm

Lo strumento deve permettere di eseguire le letture anche con trasduttori elettrici mediante unità di lettura portatile o con registrazione automatica dei dati.

B. Modalità esecutive

Per il montaggio dello strumento si dovrà procedere nel seguente modo:

- pulizia, asportazione delle asperità e regolarizzazione della superficie di installazione;
- perforazione dei fori di ancoraggio posizionati mediante l'impiego della dima di riferimento o della sagoma di assemblaggio dello strumento;
- inserimento del tassello o del dado di ancoraggio e cementazione dello stesso;
- verifica della cementazione e rimozione della dima/sagoma;
- collegamento dello strumento agli ancoraggi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 152 di 239

La lunghezza dei fori ed il diametro delle staffe di ancoraggio dovranno essere tali da garantire un fissaggio stabile e durevole nel tempo.

La posizione delle staffe di ancoraggio deve essere preferibilmente simmetrica rispetto alla discontinuità.

C. Misure

La misura di "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione nella direzione concordata con le Ferrovie dopo avere raggiunto il necessario equilibrio termico con l'ambiente circostante.

In corrispondenza di ogni misura, sia di taratura che operativa, dovrà essere rilevata la temperatura dell'aria, del fessurometro nonché della struttura su cui è ancorato lo strumento.

La restituzione dei dati elaborati dalle misure dovrà permettere la ricostruzione dell'andamento dello spostamento nel tempo evidenziando fenomeni di apertura, chiusura o spostamento dei lembi della fessura strumentata.

Documenti da consegnare.

Per ogni fessurometro installato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione del fessurometro oggetto della misura (marca modello ed eventuale numero di matricola, precisione);
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - indicazione delle temperature medie esterne, del fessurometro e della roccia al momento della lettura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (fessurometri meccanici) fornita dal costruttore ed eventuali tarature;
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.14 Installazione di fessurimetro con reticolo graduato.

Il fessurimetro con reticolo graduato è di norma installato a cavallo di lesioni o fratture in corrispondenza di pareti rocciose o in strutture in calcestruzzo e/o muratura al fine di verificarne l'evoluzione nel tempo.

A. Attrezzatura e modalità esecutive

Il fessurimetro è formato da due basette di resina, policarbonato o plastica, parzialmente sovrapposte e mobili.

La piastra superiore riporta un reticolo o riferimento cartesiano mentre quella inferiore presenta una scala calibrata in millimetri sia in senso orizzontale che in senso verticale e con l'azzeramento sulle quattro parti mediane.

Le piastrine devono essere fissate saldamente sulla parete o sulla struttura da monitorare attraverso l'utilizzo di resine epossidiche o per mezzo di sistemi di fissaggio meccanici (tasselli di plastica).

Il sistema di funzionamento consiste nel posizionare le basette a cavallo della lesione che si vuole misurare.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 153 di 239

Nella fase di posizionamento iniziale il riferimento cartesiano coincide con gli assi del reticolo di misura.

La variazione di apertura della lesione, qualunque essa sia, viene misurata dalla posizione assunta dal reticolo rispetto a quella assunta dal riferimento.

La precisione di lettura deve essere pari ad almeno 1 mm mentre il campo minimo di lettura deve essere di ± 20 mm.

B. Misure

La misura di "zero" dovrà essere eseguita subito dopo l'installazione della strumentazione dopo avere raggiunto il necessario fissaggio.

Le successive misure saranno eseguite con una frequenza da concordare preventivamente con le Ferrovie.

Ogni misura deve riportare la lettura sull'asse delle x e sull'asse delle y.

La restituzione dei dati elaborati dalle misure dovrà permettere la ricostruzione dell'andamento dello spostamento nel tempo evidenziando fenomeni di apertura, chiusura o stabilità della fessura strumentata.

Documenti da consegnare.

Per ogni fessurimetro installato per letture dirette dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) immediatamente dopo ogni misura, a richiesta delle Ferrovie, una copia dei dati originali di campagna;
- b) entro 15 giorni dall'esecuzione delle misure una relazione con la documentazione relativa alla misura effettuata, così composta:
 - dati di individuazione del fessurimetro oggetto della misura;
 - data ed ora di effettuazione della misura;
 - lista dei dati originali rilevati in campagna;
 - elaborazione e graficizzazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento;
 - indicazione di eventuali correzioni effettuate per l'eliminazione per via analitico-interpretativa degli errori sistematici.
 - copia dei dati caratteristici della strumentazione (fessuometri con reticoli graduati) fornita dal costruttore ed eventuali tarature
- c) entro trenta giorni dall'esecuzione dell'ultima serie di letture, una relazione conclusiva comprendente, oltre quanto sopra detto relativamente ad ogni singola lettura, elaborazioni e graficizzazioni comparative e riassuntive di tutte le misure effettuate.

3.8.1.15 Installazione di stazione di convergenza.

Le misure in una stazione di convergenza vengono eseguite per valutare la variazione di distanza tra una coppia di punti fissi in corrispondenza di scavi in sotterraneo o a cielo aperto o di pareti naturali in versanti rocciosi.

I sistemi di misura possono essere di tipo meccanico e di tipo ottico.

Il sistema di tipo meccanico prevede l'utilizzo di:

- distometro a nastro;
- bulloni di convergenza.

Il sistema di tipo ottico prevede l'impiego di:

- stazione topografica con funzione di teodolite e distanziometro;
- mire ottiche.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 154 di 239

A. Attrezzatura

A.1. Distometro a nastro

Il distometro è costituito da:

- una bindella centimetrata in acciaio inox o invar montata su telaio ;
- un sistema meccanico di tensionamento;
- un comparatore (digitale o analogico) di lettura centesimale;
- un telaio di calibrazione.

Il distometro dovrà presentare le seguenti caratteristiche tecniche minime:

- campo di misura: 1,5÷15 m
1,5 ÷ 30 m
- risoluzione: 0,01 mm
- precisione: 1*10⁻⁵ della distanza
- materiale del telaio misuratore: lega leggera o acciaio verniciato
- materiale bindella: acciaio inox - invar.

A.1.1. Bulloni di convergenza

I bulloni di convergenza ($\varnothing \geq 20$ mm) sono realizzati in acciaio nervato con zincatura elettrolitica anticorrosione con testa filettata, protetta da un cappuccio protettivo in PVC, idonea all'aggancio del distometro.

I bulloni possono avere dimensioni differenti in funzione del diverso campo di applicazione (roccia, centine, muratura, calcestruzzo) ed essenzialmente si differenziano per le modalità di posa in opera in bulloni da cementare in apposito foro (roccia, cls, muratura) e bulloni da saldare (centine).

La lunghezza standard dei bulloni cementati è pari a 250 mm.

A.2. Stazione topografica

La stazione topografica deve svolgere contemporaneamente la funzione di teodolite di precisione e di distanziometro elettronico.

Il teodolite elettronico dovrà essere di elevata precisione e tale da garantire una precisione angolare almeno pari a $\pm 1''$ (0,3 mgon) in conformità alle norme DIN.

Il distanziometro elettronico dovrà avere una precisione almeno pari a $\pm (1 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$.

La precisione del rilievo dovrà essere pari alla precisione minima strumentale incrementata del 10%.

A.2.1. Mira ottica

La mira ottica dovrà essere costituita o da una piastra in cui è montato almeno n. 1 target, in grado di ruotare di 360°, o da una testa cubica contenente la mira ottica su ciascuna faccia rilevabile.

La dimensione della mira ottica non dovrà essere inferiore a mm 30x30.

B. Modalità esecutive e misure

B1. Bulloni

Normalmente in presenza di bulloni da cementare la sequenza operativa sarà la seguente:

- a) perforazione mediante trapano di diametro e lunghezza adeguato al tipo di bullone adottato;
- b) pulizia del foro con aria compressa , posizionamento e orientamento del bullone;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 155 di 239

- c) cementazione del bullone e relativa maturazione;
- d) verifica della presa della cementazione;
- e) numerazione dei bulloni;
- f) esecuzione delle misure.

Il diametro della perforazione dovrà essere adeguatamente scelto in funzione delle dimensioni del bullone adottato per permettere una sigillatura totale del chiodo stesso.

Una volta eseguita la cementazione, utilizzando malte a presa rapida, si dovrà aspettare almeno 2 (due) ore prima di eseguire le misure per permettere la maturazione del legante.

Il bullone di convergenza potrà essere inserito nel foro secondo due schemi:

- con testa di misura esterna alla superficie di misura e protetta con cappellotto in plastica;
- con testa di misura all'interno della roccia o immersa nel calcestruzzo.

In entrambi i casi si dovrà sempre verificare che la parte filettata del bullone permetta la completa e libera battuta a fondo del giunto cardanico di collegamento della bindella a nastro.

Nel caso di testa di misura sporgente si dovrà verificare che la stessa non interferisca con il profilo degli ostacoli della linea.

In caso di impiego di bulloni saldati le fasi da a) a d) sono sostituite dall'operazione di saldatura che deve fissare il bullone in maniera salda alla struttura da monitorare e con la corretta orientazione.

La misura consiste nello stendere la bindella agganciandone le estremità, provviste di snodi sferici (giunto cardanico), su due bulloni di convergenza. Posizionato il distometro, si provvederà al tensionamento della bindella ed alla lettura meccanica o digitale sul comparatore.

Per ciascuna coppia di chiodi dovranno essere eseguite almeno tre letture adottando poi il valore medio delle stesse. Lo scarto ammissibile su lunghezze fino a 10 m è mediamente inferiore ai 10 centesimi di metro per una lettura orizzontale ed ai 15 centesimi di metro per una diagonale. Se il suddetto scarto risulta maggiore in una delle tre letture, si dovrà eseguire una quarta lettura e scartare il valore anomalo.

Prima di ogni serie di misurazioni dovrà essere eseguita la taratura dello strumento servendosi dell'apposito telaio di calibrazione in dotazione.

B2. Mire ottiche

La mira ottica dovrà essere installata, per mezzo degli adattatori previsti, su un bullone di convergenza oppure attraverso la saldatura diretta a strutture metalliche tipo centine; in ogni caso l'installazione della mira ottica deve essere tale da garantire la ripetibilità delle misure sempre con la stessa precisione.

Per l'installazione dei bulloni si dovranno seguire le prescrizioni sopra riportate. La mira ottica sarà fissata successivamente per mezzo di un adattatore con filettatura femmina, avvitandola a fondo.

Per le mire ottiche installate per saldatura si dovrà adottare la seguente procedura di massima:

- pulire accuratamente la superficie di saldatura rimuovendo l'eventuale ruggine con una levigatrice o carta smerigliata;
- eliminare eventuali irregolarità nella superficie e/o tracce di grasso;
- segnare esattamente la posizione della saldatura;
- eseguire la saldatura;
- verificare che la saldatura sia stata effettuata a perfetta regola d'arte secondo i criteri della normativa vigente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 156 di 239

Le mire in opera dovranno essere adeguatamente protette contro urti o danneggiamenti fortuiti.

Sempre allo scopo di garantire la ripetibilità delle misure con la stessa precisione la stazione topografica dovrà essere preferibilmente sistemata su un supporto fisso reso solidale alla parete della galleria (o della struttura da monitorare) ad una distanza massima non superiore a 100 m .

Nel caso in cui sia impossibile realizzare il supporto fisso, si dovrà cercare di posizionare lo strumento topografico in posizione tale da eseguire letture successive in posizioni simili rispetto alla sezione da monitorare.

La misura consiste nel rilevare la distanza lineare ed il relativo valore angolare per ciascuna mira ottica.

Documenti da consegnare.

Per ogni serie di misure dovranno essere forniti i seguenti elaborati:

- Tabella di tutte le misure effettuate, delle medie calcolate e data dell'effettuazione delle letture;
- Tabella riepilogativa di raffronto con le misure medie analoghe eventualmente rilevate in precedenza sulla medesima sezione;
- Grafico riportante le risultanze delle elaborazioni delle serie di misure rilevate con l'indicazione delle date relativa a ciascuna di esse.
- Schema geometrico con le posizioni di tutti i chiodi/mire ottiche.

3.8.1.16 Installazione di cella di pressione.

Le celle di pressione sono impiegate per il controllo delle pressioni totali nel terreno, nel calcestruzzo, nella roccia e nei punti di interfaccia tra i suddetti materiali.

A. Attrezzatura

La cella di pressione è costituita dai seguenti elementi:

- cella di pressione (piatto sensore);
- tubo idraulico di collegamento;
- trasduttore di pressione.

La cella di pressione (piatto sensore) è costituita da due sottili lastre in acciaio inossidabile saldate ai bordi al cui interno è contenuto un fluido in pressione, in genere olio disaerato sotto vuoto spinto, per ottenere la minima compressibilità dell'olio.

La pressione esercitata dal terreno agisce sull'elemento sensibile della cella e viene trasmessa mediante il fluido ad un trasduttore di pressione. Il trasduttore di pressione può essere di diversi tipi: meccanico, di tipo elettrico in corrente con uscita standard 4-20 mA oppure a corda vibrante.

La cella di pressione può essere di forma circolare, rettangolare o qualsiasi; in generale per misure in calcestruzzo si dovranno impiegare celle a forma rettangolare o quadrata, mentre per applicazioni in terreni sono preferibili celle circolari e rettangolari.

Il tipo di cella, inoltre, dovrà essere scelto in funzione del campo di pressione previsto in sito (0-5 MPa, o 0-20 MPa).

Nel calcestruzzo dovranno essere impiegate celle di pressione dotate di valvola di ripressurizzazione al fine di poter ripressurizzare la cella se, a seguito della maturazione del calcestruzzo, si formano delle superfici di discontinuità tra il calcestruzzo e la cella stessa. Tale operazione di ripristino dovrà essere eseguita al termine del raffreddamento del calcestruzzo e con l'ausilio di una particolare attrezzatura di ricarica dotata di manometro.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 157 di 239

B. Modalità esecutive e misure

Le modalità di installazione variano in funzione del tipo di struttura da monitorare e del tipo di terreno interessato dall'installazione.

B.1. Installazione in terreni

Se il terreno interessato non è uniforme e la posizione della cella è orizzontale si dovrà seguire la seguente procedura:

- preparare uno strato di sabbia di circa 10 cm, compattato a mano;
- posizionare la cella di pressione a contatto con lo strato di sabbia;
- ricoprire la cella con più strati di sabbia compattati a mano e con uguale densità, per uno spessore totale di 20 cm.

Se il terreno interessato è uniforme e la posizione della cella è orizzontale si dovrà procedere nel modo seguente:

- compattare a mano il terreno naturale;
- posizionare la cella di pressione;
- ricoprire la cella con il terreno naturale compattato a mano in modo uniforme.

La procedura descritta deve essere seguita anche in presenza di terreni coesivi.

In caso di installazioni verticali le procedure da seguire possono variare in base alla specificità delle situazioni. In generale comunque si dovrà procedere in modo tale da garantire il perfetto contatto tra le due facce della cella di pressione e il terreno circostante ricorrendo anche a preventive operazioni di compattazione manuale del terreno a contatto come nel caso della installazione orizzontale.

B2. Installazione al contatto roccia/rivestimento in galleria

La cella di pressione deve essere posizionata in modo tale da garantire un contatto perfetto ed il più possibile vicino alla superficie rocciosa.

La cella deve essere posizionata secondo la seguente procedura:

- pulizia e livellazione della superficie di applicazione;
- applicazione di un sottile strato di cemento a presa rapida alla parete rocciosa;
- posizionamento della cella utilizzando il telaio metallico saldato al contorno della cella stessa;
- ricoprimento della faccia a vista della cella di pressione con uno strato di malta.

Il tubo idraulico di collegamento e il trasduttore di pressione dovranno essere protetti in maniera adeguata per evitare un loro danneggiamento in fase di getto del calcestruzzo.

B3. Installazione entro il calcestruzzo

Per installazioni all'interno del rivestimento di una galleria, la cella di pressione può essere utilizzata per misurare sia le pressioni radiali sia quelle tangenziali.

Per la misura delle tensioni radiali si dovrà seguire la procedura indicata al punto B2 per installazioni al contatto roccia-rivestimento.

Per la misura delle tensioni tangenziali la cella deve essere posizionata inglobandola nel calcestruzzo, utilizzando il telaio metallico saldato al contorno, fissata all'armatura o ai rinforzi metallici del calcestruzzo o agli anelli di rinforzo della struttura oppure mediante supporti di legno fissati in appositi fori.

In ogni caso la cella di pressione dovrà essere ben fissata in maniera tale da non subire rotazioni o spostamenti durante la fase di getto del calcestruzzo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 158 di 239

Il tubo idraulico di collegamento con la centralina di lettura non deve subire stiramenti o schiacciamenti per cui è consigliabile collegare i tubi alle armature o ai rinforzi presenti ricoprendo i tubi stessi con un getto di malta.

Dopo qualche giorno dall'installazione della cella di pressione si dovrà verificare la continuità del contatto cella/rivestimento ed eventualmente procedere alla ripressurizzazione della cella.

Verificata la continuità del contatto cella/terreno (rivestimento), si procederà al precarico della cella eseguendo al termine della stessa una misura di controllo che comunque non deve essere presa come misura iniziale dal momento che la operazione di precarico della cella provoca una perturbazione nel sistema.

Sarà necessaria attendere alcune ore prima della stabilizzazione e comunque si consiglia di eseguire la misura iniziale ("zero") qualche giorno dopo il precarico della cella.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle rilevazioni dovranno essere consegnati i seguenti documenti:

- Grafico in scala opportuna riportante l'indicazione della posizione di ciascuna cella;
- Elaborato grafico e tabellare riportante i valori rilevati e la relativa elaborazione;
- Relazione riepilogativa con nota interpretativa delle misure rilevate.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1980). Suggested Methods for Pressure Monitoring Using Hydraulic Cells, Document n° 6.

3.8.1.17 Installazione ed esecuzione di prova con martinetto piatto.

La prova misura la variazione dello stato tensionale in un volume limitato della roccia (o muratura, calcestruzzo) indotta da un taglio piano di piccole dimensioni eseguito perpendicolarmente alla parete rocciosa.

Dalla misura dello sforzo necessario a ripristinare le condizioni precedenti al taglio si ricavano lo stato di sollecitazione e le caratteristiche di deformabilità esistenti nella roccia o nella struttura nel punto di prova.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura dovrà comprendere:

- sega circolare con disco diamantato, dotata di un sistema per il fissaggio alla parete e di una asta di guida per la realizzazione della fessura di prova; lo spessore del disco diamantato dovrà essere scelto in funzione dello spessore del martinetto piatto da alloggiare nella fessura;
- martinetto piatto, costituito da due lamine di acciaio saldate lungo il perimetro tra le quali viene immerso olio disaerato in pressione, in grado di consentire una deformazione pressoché parallela delle due lamine; lo spessore del martinetto dovrà essere compreso tra 4 e 6 mm in funzione della pressione massima applicabile durante la prova; la forma dovrà essere 'semicircolare' (con dimensioni di 350 x 260 mm,) oppure, in alternativa, rettangolare (con dimensioni pari a 400 x 200 mm); dimensioni diverse devono essere preventivamente approvate dalle Ferrovie;
- manometro o coppia di manometri con diverso fondo scala per la lettura della pressione, in grado di garantire una precisione di 0,1 MPa, o in alternativa trasduttore di pressione di medesima precisione;
- pompa idraulica per la messa in pressione del martinetto, in grado di mantenere la pressione costante per almeno 5 minuti;
- tubazione idraulica di collegamento;
- serie di basi di misura ed estensimetro meccanico rimovibile oppure trasduttori elettrici di spostamento, con una precisione minima di 0,01 mm.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 159 di 239

L'utilizzo di attrezzature diverse da quelle specificate, dovrà essere sottoposto a preventiva autorizzazione da parte di Ferrovie.

B. Modalità esecutive

Tenuto conto delle dimensioni dei martinetti piatti di uso comune in Italia e considerando preferibile l'esecuzione del taglio di prova con attrezzatura che permetta l'inserimento del martinetto piatto senza dover ricorrere alla successiva cementazione, la prova dovrà essere eseguita in conformità a quanto riportato nel seguito. La prova dovrà seguire la seguente procedura:

- individuazione del punto di prova nella parete, pulizia e livellazione della superficie, evidenziazione della posizione del martinetto;
- installazione sulla parete di almeno 12 basi di misura, disposte simmetricamente (6 per ogni lato) rispetto alla linea sulla quale si eseguirà il taglio, secondo 3 sezioni di misura ortogonali alla direzione di taglio, di cui una centrale e le altre due laterali e alla stessa distanza dalla prima (ad es. a $L/4$, dove L è la dimensione maggiore del martinetto); la distanza delle basi di misura dalla linea di riferimento invece potrà essere pari a $L/2$ e a $L/4$: ad es. per un martinetto di dimensioni 40 x 20 cm le basi di misura potranno essere disposte simmetricamente rispetto alla linea di riferimento ad una distanza di 10 cm e 20 cm e la distanza tra le sezioni di misura potrà essere di 10 cm; una diversa disposizione delle basi di misura deve essere preventivamente concordata con le Ferrovie;
- misura delle distanze reciproche tra le basi installate (lettura "zero"), in corrispondenza delle diverse sezioni;
- esecuzione di un taglio piano, normale alla parete, equidistante dalle basi di misura, di dimensioni tali da alloggiare il martinetto piatto; il taglio dovrà essere eseguito utilizzando una sega dotata di disco diamantato munita di un apposito telaio di guida, parallelo alla direzione di taglio;
- misura della distanza tra le basi e registrazione dello spostamento delle stesse dopo l'esecuzione del taglio e del conseguente rilascio tensionale; la misura dovrà poi essere ripetuta ad intervalli regolari fino al raggiungimento della massima deformazione (creep);
- dilatazione del martinetto, con incrementi di carico di 0,5 MPa, fino ad annullare per intero lo spostamento delle basi dovuto al taglio, annotando i diversi gradini di carico applicati ed i relativi spostamenti delle basi, fino a raggiungere il carico a cui corrisponde il ripristino della distanza tra le basi di misura che esisteva prima dell'esecuzione del taglio; il carico massimo andrà mantenuto per 15 minuti in modo da misurare la deformazione di creep, leggendo le deformazioni delle basi ogni 5 minuti; il carico deve quindi essere riportato a zero seguendo gli stessi gradini utilizzati precedentemente (decrementi di 0,5 MPa) e leggendo le deformazioni delle basi corrispondenti; anche la pressione nulla andrà tenuta per 15 minuti, leggendo le deformazioni delle basi ogni 5 minuti.

Se richiesto dalle Ferrovie la prova potrà essere integrata mediante l'esecuzione di altri cicli di prova a pressione crescente impiegando almeno 10 uguali incrementi tensionali per ciascun ciclo fino alla massima pressione raggiungibile, funzione del tipo di martinetto impiegato, delle caratteristiche di resistenza della roccia (o calcestruzzo/muratura) e della pressione di ripristino registrato nel primo ciclo.

Ciascun martinetto dovrà rimanere in posto, in piena funzionalità, per l'esecuzione di eventuali ulteriori prove di monitoraggio e rimarrà quindi di proprietà delle Ferrovie. Su richiesta delle Ferrovie la prova potrà essere eseguita con due martinetti piatti paralleli per la determinazione delle caratteristiche di deformabilità e di resistenza a rottura.

La prova viene eseguita isolando nell'ammasso roccioso/nella muratura un campione della struttura in esame delimitato alle basi da due martinetti piatti collegati alla medesima pompa idraulica che trasmettono una sollecitazione compressiva all'elemento isolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 160 di 239

Le basi di misura devono essere posizionate in modo da definire le caratteristiche meccaniche "medie" del campione di roccia o della struttura, rilevando le deformazioni longitudinali e trasversali.

In generale, si può assumere che la distanza tra i due martinetti sia pari alla dimensione massima del martinetto impiegato e che le basi di misura (nel campione isolato tra i due martinetti) siano disposte su tre file costituite rispettivamente da tre, due e tre riscontri; con tale disposizione si individuano tre basi di misura perpendicolari ai piani di taglio (deformabilità assiale) ed una base di misura parallelo ai piani di taglio (deformabilità trasversale). I due martinetti, connessi in parallelo ad un'unica unità idraulica di pompaggio, applicano al campione interposto uno stato di sollecitazione monoassiale attraverso l'esecuzione di un numero di cicli di carico/scarico, non inferiore a due (2), da concordare preventivamente con le Ferrovie, i cui livelli di sollecitazione dovranno essere scelti sulla base delle caratteristiche meccaniche della muratura o della roccia.

Dopo avere completato la prova di deformabilità, quando richiesto dalle Ferrovie, potrà essere incrementato il carico applicato sui martinetti per valutare la resistenza a rottura della muratura/della roccia.

Documenti da consegnare.

Al termine delle prove dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

- a) Relazione conclusiva contenente fra l'altro:
 - data, luogo, disposizione e numero delle prove e schema geometrico della prova;
 - documentazione fotografica delle varie fasi della prova compresa la situazione dopo il taglio e prima dell'applicazione del martinetto;
 - descrizione dei materiali che compongono le strutture esaminate (caratteristiche dei mattoni o delle pietre e della malta, presenza di umidità per risalita capillare ecc...) ed eventuale documentazione fotografica; descrizione e specifiche tecniche delle attrezzature utilizzate con marca, modello e numero di matricola; descrizione delle condizioni delle murature o dei terreni al termine delle prove, con documentazione fotografica;
 - valori dei carichi progressivamente applicati, misure di convergenza effettuate e relativi diagrammi sforzi-deformazioni;
 - tempo richiesto per lo svolgimento delle diverse fasi di prova;
 - valore dello stato di sollecitazione misurato e del modulo di deformabilità;
 - valori calcolati del modulo di deformabilità nei differenti intervalli di sollecitazione e resistenza a compressione stimata delle murature o delle rocce nelle prove con doppio martinetto;
 - metodo di calcolo adottato e fattori correttivi introdotti per la determinazione dello stato di sforzo e del modulo di elasticità;
 - Certificato di taratura per lotto di produzione (per martinetti piatti di dimensioni standard) o certificato di taratura singolo (per martinetti piatti di dimensioni diverse dallo standard).
 - copia del certificato di taratura dei manometri o traduttore di pressione e degli estensimetri rimovibili di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4729-87 (1997). Standard Test Method for In Situ Stress and Modulus of Deformation Using the Flatjack Method.

3.8.2 PROVE PENETROMETRICHE E DILATOMETRICHE CONTINUE

3.8.2.1 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta meccanica (CPT)

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 161 di 239

caratteristiche standard, infissa a velocità costante (pari a 2 cm/sec $\pm$ 0.5 cm/sec) nel terreno tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna e su una interna, alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

A. Attrezzatura

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

- dispositivo di spinta;
- punta penetrometrica;
- aste;
- dispositivo di misura.

A1. Dispositivo di spinta

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa deve essere pari a 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s ($\pm$ 0,5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

A.2. Punta penetrometrica

La punta conica telescopica può essere, entro certi limiti, infissa indipendentemente dalla batteria di aste esterne cave, con le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono d_c : $35,7 \pm 0,4$ mm
- angolo di apertura del cono: $60^\circ \pm 5^\circ$
- area della base del cono: 1000 mm²
- raggio della punta del cono: < 3 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta q_c
- resistenza per attrito laterale f_s

La resistenza per attrito laterale viene rilevata per mezzo di un manicotto d'attrito con le seguenti caratteristiche:

- superficie laterale del manicotto: $150 \text{ cm}^2 \pm 2\%$
- diametro esterno manicotto d_s : $d_c \leq d_s \leq d_c + 0,5 \text{ mm}$ (d_c = diametro della base del cono)

A.3. Aste

Devono essere utilizzate aste di tipo cavo con diametro esterno di 36 mm. Le astine interne devono essere a sezione piena di diametro inferiore di $0,5 \div 1$ mm rispetto a quello interno delle aste cave. Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

A.4. Dispositivo di misura

Dovrà essere costituito da un manometro con fondo scala massimo pari a 10 MPa ed un altro con fondo scala superiore, collegati in modo tale che il primo sia escluso automaticamente dal circuito oleodinamico in caso di pressioni troppo elevate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 162 di 239

La precisione di lettura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 5 % del valore misurato;
- 1 % del valore di fondo scala.

B. Tarature e controlli

Occorrerà verificare che all'interno delle aste cave, quando collegate fra loro, non ci siano sporgenze in corrispondenza della estremità filettata.

Le aste interne a sezione piena dovranno scorrere senza attriti all'interno delle aste cave.

Deve essere controllata periodicamente durante la prova la rettilinearità delle aste di spinta, soprattutto per le 5 aste inferiori della batteria.

Periodicamente si deve controllare lo stato di usura della punta del cono, del manicotto di attrito e della prolunga della punta penetrometrica.

I manometri del dispositivo di misura dovranno essere corredati da un certificato di taratura rilasciato da un Ente o Società autorizzata, non anteriore a tre mesi dall'inizio della prova.

C. Modalità esecutive

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità della applicazione del carico.

La prova si eseguirà facendo avanzare le astine interne fino ad esaurire l'intera corsa della punta (4 cm) e della punta + manicotto (4 cm), misurando la pressione di spinta nel primo e nel secondo caso; si faranno quindi avanzare le aste cave fino alla chiusura della batteria telescopica (12 cm), misurando ed annotando la pressione totale di spinta.

Le misure di q_c ed f_s saranno discontinue, con annotazioni ogni 20 cm di penetrazione.

La prova sarà quindi eseguita fino al raggiungimento dei limiti strumentali di resistenza (rifiuto) o fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini. Copia delle letture eseguite direttamente ai manometri od al visore, alle varie profondità, devono essere consegnate giornalmente alle Ferrovie.

La prova CPT generalmente dovrà essere limitata a 30 metri di profondità, indagini di profondità maggiore dovranno essere approvate dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

- Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
 - informazioni generali (località, progr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc.);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;
 - caratteristiche della punta;
 - fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
 - certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
 - quota assoluta del punto di prova;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 163 di 239

- profondità della falda;
- grafici della resistenza della punta q_c , dell'attrito laterale locale f_s e del rapporto f_s/q_c calcolato fra valori misurati alla medesima profondità. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di q_c , f_s ed il rapporto f_s/q_c devono essere diagrammati in ascissa:
 - 1 cm = 2 MPa per q_c ;
 - 1 cm = 50 kPa per f_s ;
 - 1 cm = 1% per f_s/q_c %.
- grafico dell'inclinazione delle aste in funzione della profondità;
- posizione di eventuali anelli allargatori;
- note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- ASTM D3441-98. Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-12 (2009) - Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12: Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)

3.8.2.2 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica (CPTE).

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

A. Attrezzatura

Le attrezzature richieste sono le seguenti:

- dispositivo di spinta;
- punta penetrometrica;
- aste;
- dispositivo di misura.

A.1. Dispositivo di spinta

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa minima deve essere pari ad almeno 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s ($\pm 0,5$ cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

L'attrezzatura dovrà essere posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale con una deviazione ammissibile dalla verticale non superiore al 2%, verificata con un apposito sensore inclinometrico.

A.2. Punta penetrometrica

La punta penetrometrica è costituita da una punta conica, solidale con la batteria di aste cave, ed è caratterizzata dalle seguenti dimensioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 164 di 239

- diametro di base del cono dc: 35,7 (34,7÷36,0) mm
- altezza della parte conica del cono: 31,0 (24,0÷31,3) mm
- angolo di apertura del cono: 60°
- altezza dell'estensione cilindrica: ≤ 5 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta qc
- resistenza per attrito laterale fs

La resistenza per attrito laterale viene rilevata per mezzo di un manicotto d'attrito liscio, ubicato subito al di sopra della punta conica con le seguenti caratteristiche:

- superficie laterale del manicotto: $150 \text{ cm}^2 \pm 2\%$
- diametro esterno manicotto ds: $dc \leq ds \leq dc + 0,35 \text{ mm}$ (dc = diametro della base del cono)

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di fs e qc, con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per qc (50 MPa);
- 750 kg per fs (500 kPa).

Qualora necessario, le Ferrovie si riservano di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa (qc= 10÷20 MPa per terreni teneri o poco addensati; qc= 70÷100 MPa per terreni molto addensati).

La punta dovrà essere dotata di un sensore inclinometrico per la misura continua della deviazione dalla verticale.

A.3. Aste

Devono essere utilizzate aste di tipo cavo con diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori dovranno essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

A.4. Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche della punta, saranno previsti:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- visualizzatore e registratore grafico;
- registratore digitale dei dati con possibilità di rielaborazione e restituzione dei dati stessi; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta;
- sincronizzatore velocità di avanzamento punta/registratore grafico analogico.

La precisione di misura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 5 % del valore misurato;
- 1 % del valore di fondo scala.

B. Tarature e controlli

Oltre a sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) o delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta) dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di una punta penetrometrica dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- le punte elettriche dovranno essere compensate rispetto alle variazioni di temperatura;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 165 di 239

Prima di eseguire le prove penetrometriche l'Esecutore deve controllare il perfetto stato della punta, mediante apposite apparecchiature di controllo, il perfetto funzionamento dei dispositivi di amplificazione e registrazione dei dati; inoltre, per ogni punta impiegata, l'Esecutore deve consegnare alle Ferrovie un certificato attestante che la taratura della punta stessa sia stata effettuata in data non anteriore a tre mesi da quella di esecuzione della prova.

Qualora eventi eccezionali possono aver alterato le caratteristiche della punta elettrica e comunque non oltre i 1000 m di effettiva penetrazione effettuata, l'Esecutore deve controllare, con le modalità approvate dalle Ferrovie, che la punta elettrica non sia andata fuori taratura, qualora ciò si verifichi si deve procedere ad una nuova taratura.

I dati di taratura delle punte impiegate devono essere mantenuti in cantiere a disposizione delle Ferrovie.

C. Modalità esecutive

Prima di eseguire la prova deve essere accertata la perfetta verticalità della batteria del penetrometro e della adeguatezza dello zavorramento e/o ancoraggio in relazione alla capacità di spinta dell'attrezzatura.

Durante l'infissione della punta elettrica devono essere registrati separatamente e senza soluzioni di continuità i valori della resistenza alla punta (q_c) e i valori della resistenza laterale e la deviazione della punta verticale.

E' opportuno che la taratura finale dei dispositivi di misura e registrazione sia effettuata dopo che i sensori della punta si siano equilibrati con la temperatura interna del terreno.

La prova di norma sarà eseguita fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala per uno dei sensori relativi a resistenza q_c e f_s ;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta verticale di 10° , se repentina, o di 15° se progressiva.

Al termine della prova ed ogni qualvolta la prova si interrompa, si dovrà rilevare lo sforzo totale applicato.

Quando la resistenza del terreno raggiunge un valore tale da impedire l'ulteriore avanzamento del penetrometro fino alla profondità prevista, ovvero nel caso che la deviazione della punta dalla verticale risulti superiore a 15° l'Esecutore deve sospendere la prova ed estrarre la batteria penetrometrica e, se richiesto dalle Ferrovie, deve procedere alla perforazione del terreno resistente onde proseguire per gli strati successivi la prova medesima.

La perforazione, di norma, deve essere realizzata utilizzando una tubazione provvisoria di rivestimento con diametro interno di $50 \div 55$ mm e diametro esterno $70 \div 75$ mm, che funge anche da tubazione guida.

Qualora si debba eseguire la perforazione con diametri maggiori di 75 mm, prima di riprendere la esecuzione della prova penetrometrica, deve essere inserita all'interno del foro una tubazione guida come sopra descritta.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- b) Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- c) Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
 - informazioni generali (località, pr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc.);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 166 di 239

- caratteristiche della punta;
- fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
- certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
- quota assoluta del punto di prova ed indicazioni di eventuali prefiori o perforazioni di azzeramento per presenza di strati consistenti;
- profondità della falda;
- grafici della resistenza della punta q_c , dell'attrito laterale locale f_s e del rapporto f_s/q_c calcolato fra valori misurati alla medesima profondità. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di q_c , f_s ed il rapporto f_s/q_c devono essere diagrammati in ascissa:
 - 1 cm = 2 MPa per q_c ;
 - 1 cm = 50 kPa per f_s ;
 - 1 cm = 1% per f_s/q_c %.
- angolo di inclinazione della punta rispetto alla verticale ($^\circ$) e scostamento dalla verticale (m);
- posizione di eventuali anelli allargatori;
- note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-12 (2009). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 12: Prova meccanica di penetrazione del cono (CPTM)
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988). Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure.
- ASTM D5778-95 (2000). Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.

3.8.2.3 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono (CPTU).

La prova con piezocono viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche, nella quale la punta elettrica è strumentata per la misura in forma continua di quanto sotto elencato:

- resistenza alla penetrazione statica q_c della punta conica e resistenza per attrito laterale f_s ;
- pressione dei pori del terreno (somma della pressione idrostatica e della sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta);
- dissipazione nel tempo della sovrappressione indotta nel terreno, a quote predeterminate, per la determinazione della pressione idrostatica e per la determinazione del coefficiente di permeabilità in direzione orizzontale k_h e del coefficiente di dissipazione della sovrappressione idrostatica in direzione orizzontale c_h .

A. Attrezzatura

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa minima deve essere pari ad almeno 1 m. La velocità di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s ($\pm 0,5$ cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 167 di 239

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova, rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

L'attrezzatura dovrà essere posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale con una deviazione ammissibile dalla verticale non superiore al 2%, verificata con un apposito sensore inclinometrico.

Il trasduttore di pressione deve essere "a bassa variazione di volume" e il suo fondo scala deve essere di norma 15 bar. Per prove profonde, oltre i 30 m, deve essere usato un trasduttore con fondo scala maggiore di 15 bar. Il fondo scala degli altri sensori (punta e attrito laterale) deve essere di norma rispettivamente 5 t e 750 kg, salvo diverse prescrizioni delle Ferrovie.

A.1. Punta penetrometrica

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, deve avere le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono d_c : 35,7 (34,7÷36,0) mm
- altezza della parte conica del cono: 31,0 (24,0÷31,3) mm
- angolo di apertura del cono: 60°
- altezza dell'estensione cilindrica: ≤ 15 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta q_t (resistenza alla punta q_c corretta in funzione della pressione interstiziale U);
- resistenza per attrito laterale f_t (resistenza per attrito laterale f_s corretta in funzione della pressione interstiziale U);
- pressione interstiziale U (somma della pressione idrostatica U_0 e della sovrappressione indotta DU).

Il parametro f_s sarà relativo ad un manicotto di attrito liscio con le seguenti dimensioni:

- superficie laterale del manicotto: $150 \text{ cm}^2 \pm 2\%$
- diametro esterno manicotto d_s : $d_c \leq d_s \leq d_c + 0,35 \text{ mm}$ (d_c = diametro della base del cono)

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta dovrà essere dotata di un filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, che permetterà la misura delle pressioni interstiziali U .

Il diametro del filtro poroso deve essere pari a: $d_c \leq d_u \leq d_c + 0,2 \text{ mm}$ (d_c = diametro della base del cono).

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di f_s e q_c , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per q_c (50 MPa);
- 750 kg per f_s (500 kPa).

Qualora necessario, le Ferrovie si riservano di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa ($q_c = 10 \div 20 \text{ MPa}$ per terreni teneri o poco addensati; $q_c = 70 \div 100 \text{ MPa}$ per terreni molto addensati).

La punta dovrà essere dotata di un sensore inclinometrico per la misura continua della deviazione dalla verticale.

A.2. Aste

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

La dotazione dovrà includere anche una batteria di aste normali ed una puntazza conica del diametro di 50 mm, per eseguire eventuali prefori per raggiungere la falda.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 168 di 239

A.3. Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche, in dotazione alla punta, dovranno prevedersi:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- registratore grafico di qc, fs, $u+\Delta u$;
- registratore digitale dei dati con possibilità di rielaborazione e restituzione dei dati stessi; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta;
- registratore grafico o stampante su carta per la registrazione della variazione della pressione interstiziale nel tempo nel corso delle prove di dissipazione; la scelta della sequenza temporale di misura, o la velocità di scorrimento della carta devono poter essere adattabili alle più disparate velocità di dissipazione;
- visore per la lettura istantanea dei valori delle grandezze misurate, in forma digitale;
- sincronizzatore velocità di avanzamento punta/registratore grafico.

A.4. Attrezzatura di disaerazione

Il filtro poroso ed il cono dovranno essere perfettamente disaerati adottando una delle seguenti metodologie:

- immersione per bollitura in una cella di disaerazione sottovuoto per circa 3 ore;
- disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente durata, in funzione del tipo di filtro;
- immersione del filtro poroso in glicerina calda in un contenitore sottovuoto ad ultrasuoni, combinando gli effetti del pompaggio sottovuoto e della vibrazione ad ultrasuoni; il cono verrà disaerato tramite iniezione di glicerina con siringa ipodermica.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche di disaerazione dovranno essere autorizzate dalle Ferrovie.

B. Tarature e controlli

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono dovranno essere ispezionate con regolarità per accertarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- il piezocono dovrà essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura;
- la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - 5% del valore misurato;
 - 1% del valore del fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere. Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni piezocono dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

Per ogni punta impiegata, l'Esecutore deve consegnare alle Ferrovie un certificato attestante che la taratura della punta stessa sia stata effettuata in data non anteriore a tre mesi da quella di esecuzione della prova.

C. Montaggio del piezocono

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, questi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

D. Preforo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 169 di 239

L'eventuale preforo necessario per raggiungere la quota di falda dovrà essere preventivamente concordato ed autorizzato dalle Ferrovie

E. Stabilizzazione termica

Prima di iniziare la prova, la punta dovrà essere inserita nel preforo, in acqua di falda, e lasciata ferma per 10 minuti per ottenere la stabilizzazione termica, ripetendo alla fine dei 10' gli azzeramenti dei dispositivi di misura e registrazione.

Al termine della prova dovranno essere misurate e registrate eventuali derive di zero dei dispositivi; tali annotazioni finali dovranno far parte integrante della documentazione provvisoria e definitiva della prova.

F. Modalità esecutive

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità dell'applicazione del carico.

L'elemento poroso del piezocono deve essere debitamente saturato prima di ogni prova, verificando inoltre che non vi siano bolle d'aria racchiuse nel condotto di adduzione al trasduttore e nella camera del trasduttore. La punta deve essere quindi inserita nel contenitore pieno di acqua disaerata. Tale operazione deve essere ripetuta prima dell'inizio di ogni prova.

Successivamente la punta deve essere fatta avanzare nel terreno saturo fino alla profondità stabilita, registrando, insieme ai parametri misurati dalla punta elettrica, i valori della pressione interstiziale.

La prova si inizierà alla base del tratto preforato, inserendo nel terreno il piezocono protetto dal guanto di gomma.

La prova sarà di norma eseguita fino alla profondità definita dal programma delle indagini, o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala di uno dei sensori relativi a resistenza qc, fs, o pressione interstiziale;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10°, se repentina, o di 15° se progressiva.

Nel caso di rifiuto potrà essere richiesta la ripresa della prova dopo preforo a quota maggiore di 1 m rispetto a quella della interruzione della prova.

G. Prova di dissipazione

L'avanzamento della punta provoca un aumento della pressione interstiziale nel terreno; la prova di dissipazione, eseguita arrestando la penetrazione, misura la velocità di riequilibrio della pressione dei pori da cui si può risalire alla compressibilità ed alla permeabilità del terreno.

Alla quota indicata dal programma si eseguirà la prova di dissipazione operando come di seguito:

- arresto della penetrazione della punta;
- sollevamento della testa di spinta in modo tale che l'accorciamento elastico delle aste, che si verifica in fase di penetrazione, possa scaricarsi verso l'alto lasciando libero il cono;
- in presenza di terreni particolarmente poco addensati o poco consistenti è opportuno ricorrere al bloccaggio della batteria di aste mediante freno o morsa in modo tale che il peso della batteria di aste non agisca sulla punta;
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 -

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 170 di 239

15 - 30 minuti;

- la lettura sarà registrata manualmente sul grafico con i tempi in scala logaritmica.

La prova sarà considerata conclusa al 60-80% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

A prova ultimata e ad avvenuta estrazione della punta l'Esecutore deve controllare se si sono verificate derive dello zero per effetto di sforzi eccentrici, urti, sovraccarichi, difetti elettrici, ecc.

L'eventuale nuovo valore di zero (e quindi l'eventuale deriva) deve essere indicato sui grafici e memorizzato nel caso di memoria magnetica, in modo da poterne tenere conto nella elaborazione dei dati.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

- Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
 - informazioni generali (località, pr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc...);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;
 - caratteristiche della punta e del piezocono (compreso il valore del fattore delle aree del cono) con indicazione di marca, modello e numero eventuale di matricola;
 - fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
 - certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
 - quota assoluta del punto di prova;
 - profondità della falda;
 - grafici della resistenza della punta corretta qT , dell'attrito laterale locale corretto fT , della pressione dei pori U e del rapporto fT/qT calcolato fra valori misurati alla medesima profondità. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di qT , fT , U ed il rapporto fT/qT devono essere diagrammati in ascissa:
 - 1 cm = 2 MPa per qT ;
 - 1 cm = 50 kPa per fT ;
 - 1 cm = 1% per fT/qT %.
 - tabulato delle misure eseguite alle varie profondità (ogni 2 cm), corrette per inclinazione, derive, ecc. Il tabulato deve comprendere le seguenti colonne:
 - q_t cioè la q_c corretta per l'influenza della pressione interstiziale (U) per effetto dell'area netta;
 - U cioè la U totale misurata diminuita della U_0 corrispondente al carico idrostatico;
 - U/q_t rapporto fra la U e la q_t (q_c corretta);
 - profondità.
 - angolo di inclinazione della punta rispetto alla verticale ($^\circ$) e scostamento dalla verticale (m);
 - grafici delle prove di dissipazione con l'andamento della pressione interstiziale in funzione del logaritmo del tempo e tabelle contenenti le letture fatte ai diversi tempi;
 - posizione di eventuali anelli allargatori;
 - note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 171 di 239

sottosuolo

- UNI EN ISO 22476-1 (2012). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 1: Prova penetrometrica con cono elettrico e piezocono)
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988). Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure.
- ASTM D5778-95 (2000). Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.

3.8.2.4 Prova penetrometrica statica eseguita con dispositivo a punta elettrica provvista di piezocono sismico (SCPTU).

La prova con piezocono sismico costituisce una variante rispetto alla prova con piezocono. Viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche, nella quale la punta elettrica è strumentata per la misura in forma continua di quanto sotto elencato:

- resistenza alla penetrazione statica qc della punta conica e resistenza per attrito laterale fs;
- pressione dei pori del terreno (somma della pressione idrostatica e della sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta);
- dissipazione nel tempo della sovrappressione indotta nel terreno, a quote predeterminate per la determinazione della pressione idrostatica e per la determinazione del coefficiente di permeabilità in direzione orizzontale kh e del coefficiente di dissipazione della sovrappressione idrostatica sempre in direzione orizzontale.
- velocità medie delle onde sismiche P ed S dei terreni attraversati alle varie profondità per metro ogni strato di terreno.

A. Attrezzatura

Deve essere usato un martinetto a comando idraulico in grado di esercitare la spinta richiesta (10 o 20 ton) sulla duplice batteria di aste.

La corsa minima deve essere pari ad almeno 1 m. La velocità media di infissione della batteria di aste sarà di 2 cm/s (+/- 0,5 cm/s), costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta deve essere ancorato e/o zavorrato in modo tale che non si muova rispetto al piano di campagna, durante l'azione di spinta.

L'attrezzatura dovrà essere posizionata in modo da fornire una spinta nella direzione verticale con una deviazione ammissibile dalla verticale non superiore al 2%, verificata con un apposito sensore inclinometrico.

Il trasduttore di pressione deve essere "a bassa variazione di volume" e il suo fondo scala deve essere di norma pari a 15 bar. Per prove profonde, oltre i 30 m, deve essere usato un trasduttore con fondo scala maggiore di 15 bar. Il fondo scala degli altri sensori (punta e attrito laterale) deve essere di norma rispettivamente 5 t e 750 kg, salvo diverse prescrizioni delle Ferrovie.

Nella parte sommitale della punta verrà installato un manicotto di 49 mm di diametro contenente un geofono almeno biassiale, con assi fra loro perpendicolari disposti per misure orizzontali delle onde S. Sarà possibile, qualora la Direzione Lavori lo ritenesse opportuno, applicare un geofono triassiale, e senza ulteriori oneri per le FS. Gli accelerometri del geofono dovranno avere frequenza naturale di 10Hz.

A.1. Punta penetrometrica

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, deve avere le seguenti dimensioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 172 di 239

- diametro di base del cono dc: 35,7 (34,7÷36,0) mm
- altezza della parte conica del cono: 31,0 (24,0÷31,3) mm
- angolo di apertura del cono: 60°
- altezza dell'estensione cilindrica: ≤ 15 mm

La punta permetterà la misura di:

- resistenza alla punta qt (resistenza alla punta qc corretta in funzione della pressione interstiziale ΔU)
- resistenza per attrito laterale ft (resistenza per attrito laterale fs corretta in funzione della pressione interstiziale U)
- pressione interstiziale U (somma della pressione idrostatica U_0 e della sovrappressione indotta DU)

Il parametro fs sarà relativo ad un manicotto di attrito liscio con le seguenti dimensioni:

- superficie laterale del manicotto: 150 cm² ± 2%
- diametro esterno manicotto ds: $dc \leq ds \leq dc + 0,35$ mm (dc = diametro della base del cono)

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta dovrà essere dotata di un filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, che permetterà la misura delle pressioni interstiziali U.

Il diametro del filtro poroso deve essere pari a: $dc \leq du \leq dc + 0,2$ mm (dc = diametro della base del cono).

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di fs e qc, con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per qc (50 Mpa);
- 750 kg per fs (500 kPa).

Qualora necessario, le Ferrovie si riservano di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa (qc= 10÷20 MPa per terreni teneri o poco addensati; qc= 70÷100 MPa per terreni molto addensati).

La punta dovrà essere dotata di:

- sensore inclinometrico biassiale magneto-resistivo per la misura continua della deviazione dalla verticale con fondo scala di +/- 10 - +/- 20 gradi. La risoluzione del sensore inclinometrico dovrà essere di 0,1 gradi con precisione +/- 0,25 % della lettura.
- geofoni con distorsione ≤ 0,075 % tra 0 e 20°C e frequenze spurie ≥ 250 Hz e normale di 10 Hz e +/- 3,5 % smorzamento 68 % +/- 3,5 %, temperatura operativa -40/+90°C
- sensore per la misura della velocità di avanzamento

A.2. Aste

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm. Eventuali anelli allargatori devono essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

La dotazione dovrà includere anche una batteria di aste normali ed una puntazza conica del diametro di 50 mm, per eseguire eventuali prefori per raggiungere la falda.

A.3. Dispositivo di misura

Oltre alle celle di carico estensimetriche, in dotazione alla punta, dovranno prevedersi:

- centralina elettronica per la ricezione e la trasmissione dei dati;
- registratore grafico di qc, fs, u+ Δu ;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 173 di 239

- registratore digitale dei dati con possibilità di rielaborazione e restituzione dei dati stessi; i dati devono essere memorizzati ogni 2 cm di penetrazione della punta;
- registratore grafico o stampante su carta per la registrazione della variazione della pressione interstiziale nel tempo nel corso delle prove di dissipazione; la scelta della sequenza temporale di misura, o la velocità di scorrimento della carta devono poter essere adattabili alle più disparate velocità di dissipazione;
- visore per la lettura istantanea dei valori delle grandezze misurate, in forma digitale;
- sincronizzatore velocità di avanzamento punta/registratore grafico;
- centralina per la ricezione, elaborazione, graficizzazione ed analisi dei segnali dinamici trasmessi da almeno 2 accelerometri costituenti il geofono. Tale centralina potrà anche essere associata a quella relativa per le misure di qc, fs, u+ Δu consentendo la valutazione dei tempi di arrivo di onde sismiche di taglio S ad ogni metro di approfondimento della punta. Il software della centralina dovrà consentire di scartare i segnali erratici, individuando i segnali più puliti su cui individuare e determinare con maggiore precisione i tempi di arrivo delle onde di taglio con precisione di 1×10^{-3} sec.

A.4. Attrezzatura di disaerazione

Il filtro poroso ed il cono dovranno essere perfettamente disaerati adottando una delle seguenti metodologie:

- immersione per bollitura in una cella di disaerazione sottovuoto per circa 3 ore;
- disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente durata, in funzione del tipo di filtro;
- immersione del filtro poroso in glicerina calda in un contenitore sottovuoto ad ultrasuoni, combinando gli effetti del pompaggio sottovuoto e della vibrazione ad ultrasuoni; il cono verrà disaerato tramite iniezione di glicerina con siringa ipodermica.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche di disaerazione dovranno essere autorizzate dalle Ferrovie.

A.5. Sistema di energizzazione

Oltre al geofono applicato alla punta di penetrazione, per la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, è necessario predisporre una sorgente del segnale sismico che generi onde di taglio di larga ampiezza e poca o assente componente compressiva. Pertanto attraverso il sistema di energizzazione dovrà essere realizzata una perturbazione sismica (onda) generata in direzione parallela alla superficie del suolo.

Il sistema di energizzazione, pertanto, potrà essere costituito da:

- traversina in legno pesante di dimensioni 1500 x 250 x 250 mm cui sono fissate due piastre in ferro di cm 250 x 250 mm per consentire la creazione delle onde di taglio. La traversina in legno verrà bloccata al terreno attraverso il peso dell'autocarro ad una distanza almeno di 3 metri dalla verticale del penetrometro;
- pendolo con massa metallica che urta orizzontalmente una delle due piastre collegate dalla traversina in legno.

Altri dispositivi di energizzazione, idonei per la trasmissione delle onde di taglio, potranno essere adoperati purché preventivamente approvati dalle Ferrovie.

In ogni caso il dispositivo di energizzazione dovrà essere distante almeno 3 metri dalle aste di infissione della punta e con caratteristiche tali da trasmettere un buon impulso in direzione parallela al suolo.

B. Tarature e controlli

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 174 di 239

(rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- le guarnizioni fra i diversi elementi di un piezocono dovranno essere ispezionate con regolarità per accettarne le perfette condizioni e l'assenza di particelle di terreno;
- il piezocono dovrà essere compensato rispetto alle variazioni di temperatura;
- la precisione di misura, tenendo conto di tutte le possibili fonti di errore (attriti parassiti, errori nel dispositivo di registrazione, eccentricità del carico sul cono e sul manicotto, differenze di temperatura ecc.) dovrà essere comunque inferiore ai seguenti limiti:
 - - 5% del valore misurato;
 - - 1% del valore del fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere. Nel primo caso i dati di taratura relativi ad ogni sensore applicato al piezocono dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

Prima dell'inizio della campagna di prove SCPTU, dovranno essere misurate le lunghezze delle aste in modo da avere la necessaria precisione per le misure delle profondità di infissione (+/- 0,19 di L).

Per ogni punta impiegata, l'Esecutore deve consegnare alle Ferrovie un certificato attestante che la taratura della punta stessa sia stata effettuata in data non anteriore a tre mesi da quella di esecuzione della prova.

C. Montaggio del piezocono

Terminata la disaerazione del filtro e del cono, questi saranno inseriti in un guanto di gomma pieno di acqua disaerata, operando rigorosamente in immersione; il guanto di gomma non sarà rimosso all'inizio della prova, in quanto sarà l'attrito con il terreno a provvedere alla sua rottura ed asportazione.

D. Preforo

L'eventuale preforo necessario per raggiungere la quota di falda dovrà essere preventivamente concordato ed autorizzato dalle Ferrovie

E. Stabilizzazione termica

Prima di iniziare la prova, la punta dovrà essere inserita nel preforo, in acqua di falda, e lasciata ferma per 10 minuti per ottenere la stabilizzazione termica, ripetendo alla fine dei 10' gli azzeramenti dei dispositivi di misura e registrazione.

Al termine della prova dovranno essere misurate e registrate eventuali derive di zero dei dispositivi; tali annotazioni finali dovranno far parte integrante della documentazione provvisoria e definitiva della prova.

F. Modalità esecutive

Dovrà essere redatto un Programma di esecuzione delle prove che tenga conto delle seguenti necessità:

- la velocità di infissione della batteria di aste dovrà essere di 2 cm/s, costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno;
- negli strati coesivi la punta dovrà arrestarsi per l'effettuazione delle previste prove di dissipazione della sovrappressione interstiziale, le quote di effettuazione delle prove di dissipazione dovranno essere concordate con la DL delle Ferrovie;
- dovrà essere effettuata una prova sismica ogni metro di profondità a partire da 3 metri dal piano campagna fino al raggiungimento di almeno 31 metri.

Il penetrometro dovrà essere posizionato opportunamente in modo da garantire la verticalità dell'applicazione del carico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 175 di 239

L'elemento poroso del piezocono dovrà essere debitamente saturato prima di ogni prova, verificando inoltre che non vi siano bolle d'aria racchiuse nel condotto di adduzione al trasduttore e nella camera del trasduttore.

La punta deve essere quindi inserita nel contenitore pieno di acqua disaerata. Tale operazione deve essere ripetuta prima dell'inizio di ogni prova. Successivamente la punta deve essere fatta avanzare nel terreno saturo fino alla profondità stabilita, registrando, insieme ai parametri misurati dalla punta elettrica, i valori della pressione interstiziale.

La prova avrà inizio alla base del tratto preforato, inserendo nel terreno il piezocono protetto dal guanto di gomma.

La prova sarà di norma eseguita fino alla profondità definita dal programma delle indagini, o interrotta per rifiuto in uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondo scala di uno dei sensori relativi a resistenza qc, fs, o pressione interstiziale;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10°, se repentina, o di 15° se progressiva.

Nel caso di rifiuto potrà essere richiesta la ripresa della prova dopo preforo a quota maggiore di 1 m rispetto a quella della interruzione della prova.

G. Prova di dissipazione

L'avanzamento della punta provoca un aumento della pressione interstiziale nel terreno; la prova di dissipazione, eseguita arrestando la penetrazione, misura la velocità di riequilibrio della pressione dei pori da cui si può risalire alla compressibilità ed alla permeabilità del terreno.

Alla quota indicata dal programma si eseguirà la prova di dissipazione operando come di seguito:

- arresto della penetrazione della punta;
- sollevamento della testa di spinta in modo tale che l'accorciamento elastico delle aste, che si verifica in fase di penetrazione, possa scaricarsi verso l'alto lasciando libero il cono (in presenza di terreni particolarmente poco addensati o poco consistenti è opportuno ricorrere al bloccaggio della batteria di aste mediante freno o morsa in modo tale che il peso della batteria di aste non agisca sulla punta);
- scatto contemporaneo dei contasecondi e inizio della registrazione della variazione di pressione interstiziale;
- lettura al visore digitale dell'andamento della pressione interstiziale ai tempi 0,1 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 15 - 30 minuti;
- la lettura sarà registrata manualmente sul grafico con i tempi in scala logaritmica.

La prova sarà considerata conclusa al 60-80% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

A prova ultimata e ad avvenuta estrazione della punta l'Esecutore deve controllare se si sono verificate derive dello zero per effetto di sforzi eccentrici, urti, sovraccarichi, difetti elettrici, ecc.

L'eventuale nuovo valore di zero (e quindi l'eventuale deriva) deve essere indicato sui grafici e memorizzato nel caso di memoria magnetica, in modo da poterne tenere conto nella elaborazione dei dati.

Relativamente alle prove sismiche le stesse dovranno essere effettuate con la seguente modalità:

- arresto alla penetrazione della punta;
- attivazione del geofono e dello strumento di registrazione dati;
- predisposizione del sistema di energizzazione;
- scollegamento della testa delle batterie di aste dall'apparecchio di spinta;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 176 di 239

- energizzazione con massa battente di almeno 10 kg trasmessa al suolo in direzione parallela alla superficie.

Terminata la registrazione dei dati, dovrà essere ricollegato l'apparecchio di spinta alla testa delle aste e dovrà essere disattivato il geofono ed il sistema di registrazione (relativamente agli accelerometri) per poi proseguire nella penetrazione del terreno.

A seguito di ogni prova sismica dovrà essere verificata la verticalità della punta.

Documenti da consegnare

La documentazione di prova comprenderà:

- Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- Planimetria in scala non inferiore a 1:5000 recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- Elaborati grafici e tabellari riportanti per ciascuna prova:
 - informazioni generali (località, pr. km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore ecc...);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;
 - caratteristiche della punta e del piezocono (compreso il valore del fattore delle aree del cono) con indicazione di marca, modello e numero eventuale di matricola;
 - fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture;
 - certificati di taratura dei sensori delle punte impiegate non anteriori a tre mesi da quella dell'assunzione della prova;
 - quota assoluta del punto di prova;
 - profondità della falda;
 - grafici della resistenza della punta corretta qT , dell'attrito laterale locale corretto fT , della pressione dei pori U e del rapporto fT/qT calcolato fra valori misurati alla medesima profondità, profondità-tempo(s) di arrivo delle onde S , velocità delle onde sismiche di taglio. La profondità deve essere diagrammata in ordinata scala 1:100; i valori di qT , fT , U , fT/qT , t_a , V_s devono essere diagrammati in ascissa:
 - - 1 cm = 2 MPa per qT ;
 - - 1 cm = 50 kPa per fT ;
 - - 1 cm = 1% per fT/qT %
 - - 1 cm = 0,05 sec
 - - 1cm = 150 m/s
 - tabulato delle misure eseguite alle varie profondità (ogni 2 cm), corrette per inclinazione, derive, ecc. Il tabulato deve comprendere le seguenti colonne:
 - q_t cioè la q_c corretta per l'influenza della pressione interstiziale (U) per effetto dell'area netta;
 - U cioè la U totale misurata diminuita della U_o corrispondente al carico idrostatico;
 - U/q_t rapporto fra la U e la q_t (q_c corretta);
 - profondità;
 - angolo di inclinazione della punta rispetto alla verticale ($^\circ$) e scostamento dalla verticale (m);
 - tempi di arrivo delle onde riportati ogni metro;
 - velocità delle onde riportata ogni metro;
 - grafici delle prove di dissipazione con l'andamento della pressione interstiziale in funzione del logaritmo del tempo e tabelle contenenti le letture fatte ai diversi tempi;
 - posizione di eventuali anelli allargatori;
 - note ed osservazioni.

Riferimenti normativi:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 177 di 239

- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-1 (2012). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 1: Prova penetrometrica con cono elettrico e piezocono)
- ISSMFE Technical committee on Penetration Testing (1988). Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure.
- ASTM D5778-95 (2000). Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.

3.8.2.5 Prova penetrometrica dinamica continua eseguita con massa battente pesante 63,5-73 kg (DPSH).

La prova consiste nell'infissione per battitura di una punta conica metallica nel terreno, contando il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prestabilita. La punta conica è avvitata all'estremità di una batteria di aste metalliche e la battitura avviene con un maglio che cade liberamente da una altezza costante.

A. Attrezzatura

Gli standard per tale prova sono definiti da due associazioni di settore:

- AGI - Associazione Geotecnica Italiana;
- ISSMFE - International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.

Tali standard sono differenti e vengono di seguito descritti.

Secondo l'AGI, l'attrezzatura sarà la seguente:

- 1) Batteria di aste interne ad una seconda batteria di tubi esterni di rivestimento con scarpa sagomata a tagliente alla base:
 - Lunghezza aste: $L = 1 \div 2 \text{ m}$
 - Peso per metro lineare aste: $M = 4,6 \pm 0,5 \text{ kg}$
 - Diametro esterno aste interne: $\varnothing_{\text{est}} = 34 \text{ mm}$
 - Diametro esterno rivestimento: $\varnothing_{\text{est}} = 48 \text{ mm}$
 - Diametro interno rivestimento: $\varnothing_{\text{int}} = 38 \text{ mm}$
 - Peso per metro lineare rivestimento: $M = 5,3 \text{ kg}$

(l'intercapedine tra $\varnothing_{\text{int}}$ della scarpa e le aste sarà di $0,2 \div 0,3 \text{ mm}$; tra le aste e il rivestimento, sopra la scarpa, di 2 mm circa).

- 2) Punta conica collegata alla base delle aste interne:
 - Angolo apertura: $\alpha = 60^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 50,8 \text{ mm}$
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
 - massa battente: $M = 73 \text{ kg}$
 - altezza di caduta: $h = 750 \text{ mm}$
 - testa di battuta: $\leq 55 \text{ kg}$

L'asta, alla cui estremità è collegata la punta conica, deve essere perfettamente liscia e calibrata negli ultimi 50 cm. L'altezza di caduta nel corso della infissione dei rivestimenti non è vincolante.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 178 di 239

Secondo ISSMFE, l'attrezzatura ("superpesante" - DPSH) sarà la seguente:

1) Batteria di aste:

- Lunghezza aste: $L = 1 \div 2 \text{ m}$
- Peso per metro lineare aste: $M_{\max} = 8,0 \text{ kg}$
- Diametro esterno aste: $\varnothing_{\text{est}} = 32 \pm 0,3 \text{ mm}$

(l'intercapedine tra $\varnothing_{\text{int}}$ della scarpa e le aste sarà di $0,2 \div 0,3 \text{ mm}$; tra le aste e il rivestimento, sopra la scarpa, di 2 mm circa).

2) Punta conica collegata alla base delle aste:

- Angolo apertura: $\alpha = 90^\circ$
- Diametro base: $\varnothing_b = 50,5 \pm 0,5 \text{ mm}$

3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:

- massa battente : $M = 63,5 \pm 0,5 \text{ kg}$
- altezza di caduta : $h = 750 \pm 0,02 \text{ mm}$
- testa di battuta : $\leq 30 \text{ kg}$

Il rivestimento nella procedura ISSMFE non è previsto; il suo impiego, tuttavia, è consigliabile soprattutto per ridurre l'effetto dell'attrito laterale sulle aste. In ogni caso si deve sempre verificare che le aste siano in grado di ruotare liberamente all'interno del foro.

B. Modalità esecutive

La prova consisterà nella infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di $20/30 \text{ cm}$ misurando il numero di colpi (N_p) necessari, previo eventuale preforo di attraversamento di pavimentazioni o altri ostacoli all'infissione della punta stessa.

L'AGI prevede avanzamenti di 30 cm mentre ISSMFE prevede l'infissione per tratti consecutivi di 20 cm .

Con l'attrezzatura AGI dopo 30 cm di penetrazione della punta verrà infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (N_r).

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando N_p o N_r superano il valore di 100 colpi per avanzamento.

Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica dovrà sporgere dal rivestimento non più di 30 cm in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza N_r misurati.

Le due batterie, aste collegate alla punta e rivestimenti, dovranno essere reciprocamente libere per tutta la durata della prova. Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di infiltrazioni di materiale nell'intercapedine, la prova dovrà essere sospesa; prima di estrarre la batteria l'esecutore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare le due colonne.

Ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle due colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei due interventi sopra descritti.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno n.1

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 179 di 239

centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

La prova è continua per tutta la profondità indagata.

Con l'attrezzatura ISSMFE l'infissione della punta conica avverrà per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi necessari.

La cadenza di avanzamento dovrà essere pari a 15-30 colpi/minuto. Tutte le interruzioni nella continuità di prova devono essere annotate nel rapporto di cantiere.

Le aste devono essere ruotate per un giro e mezzo ogni metro per mantenere il foro verticale e diritto nonché per ridurre l'attrito laterale sulle aste.

Quando la profondità di prova supera 10 m, la rotazione delle aste deve essere più frequente (ogni 20 cm).

Per eliminare il problema dell'attrito laterale lungo le aste è opportuno prevedere l'iniezione di fango bentonitico tra le aste e le pareti del foro oppure l'adozione di un rivestimento provvisorio, benché non espressamente previsti nella procedura ISSMFE.

C. Elaborazione

Il numero di colpi necessari all'avanzamento dovrà essere espresso anche come resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa) che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura impiegata.

L'espressione da utilizzare è la seguente:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e} \quad [MPa]$$

Con:

M = massa del maglio

M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste

g = accelerazione di gravità

H = altezza di caduta del maglio

a = area della sezione trasversale della punta

e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il numero di colpi)

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- Planimetria, in scala non inferiore a 1:5000, recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
 - caratteristiche generali dell'attrezzatura impiegata tipo di penetrometro, dimensioni della punta conica, diametro e peso delle aste e del rivestimento, peso della guida e della testa di battuta, massa del maglio e altezza di caduta;
 - tabella dei dati rilevati per ciascuna verticale di prova della resistenza alla punta (N20 o N30) e della resistenza al rivestimento (Nr);
 - grafico della resistenza alla punta N_p ed al rivestimento N_r in funzione della profondità;
 - grafico e tabella della resistenza alla penetrazione dinamica q_d in funzione della profondità;
 - note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 180 di 239

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988). Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure (secondo la terminologia ISSFE, questa prova rientra nel tipo super-pesante: DPSH, in quanto con maglio maggiore di 60 kg).
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-2 (2012) -Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2: Prova di penetrazione dinamica

3.8.2.6 Prova penetrometrica dinamica continua eseguita con massa battente medio-leggera 10÷30 kg, (DPM).

La prova consiste nell'infissione per battitura di una punta conica metallica nel terreno, contando il numero di colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza prestabilita. La punta conica è avvitata all'estremità di una batteria di aste metalliche e la battitura avviene con un maglio che cade liberamente da una altezza costante.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegare dovrà rispondere agli standard ISSMFE nonché alle caratteristiche sotto riportate per il penetrometro medio-leggero di tipo "Emilia".

Secondo ISSMFE il penetrometro **medio** utilizza una massa battente da 30 kg e l'attrezzatura sarà la seguente:

- 1) Batteria di aste:
 - Lunghezza aste: $L = 1 \div 2$ m
 - Peso per metro lineare aste: $M = \max 6$ kg
 - Diametro esterno aste: $\varnothing_{est} = 32 \pm 0,3$ mm
- 2) Punta conica collegata alla base delle aste:
 - Angolo apertura: $\alpha = 90^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 35,7 \pm 0,3$ mm
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
 - massa battente: $M = 30 \pm 0,3$ kg
 - altezza di caduta: $h = 500$ mm
 - peso testa di battuta: $T = \max. 18$ kg

Secondo ISSMFE il penetrometro **leggero** utilizza una massa battente da 10 kg e l'attrezzatura sarà la seguente::

- 1) Batteria di aste:
 - Lunghezza aste: $L = 1$ m
 - Peso per metro lineare aste: $M = \max 3$ kg
 - Diametro esterno aste: $\varnothing_{est} = 22 \pm 0,2$ mm
- 2) Punta conica collegata alla base delle aste:
 - Angolo apertura: $\alpha = 90^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 35,7 \pm 0,3$ mm
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 181 di 239

- massa battente: $M = 10 \pm 0,3 \text{ kg}$
- altezza di caduta: $h = 500 \text{ mm}$
- peso testa di battuta: $T = \text{max. } 6 \text{ kg}$

Il penetrometro **medio-leggero** tipo “Emilia” utilizza una massa battente da 30 kg e l'attrezzatura sarà la seguente:

- 1) Batteria di aste:
 - Lunghezza aste: $L = 1 \text{ m}$
 - Peso per metro lineare aste: $M = 3,6 \text{ o } 2,5 \text{ kg}$
 - Diametro esterno aste: $\varnothing_{\text{est}} = 28 \text{ o } 20 \text{ mm}$
- 2) Punta conica collegata alla base delle aste:
 - Angolo apertura: $\alpha = 90^\circ \text{ o } 60^\circ$
 - Diametro base: $\varnothing_b = 35,7 \text{ mm}$
- 3) Dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico con le seguenti caratteristiche:
 - massa battente: $M = 30 \text{ kg}$
 - altezza di caduta: $h = 200 \text{ mm}$
 - peso testa di battuta: $T = 26 \text{ o } 18 \text{ kg}$

Per evitare l'influenza dell'attrito laterale sulla resistenza alla penetrazione, sono da preferire le attrezzature dotate di rivestimento o di aste cave che consentano l'iniezione di fango bentonitico nell'intercapedine.

B. Modalità esecutive

La prova consisterà nella infissione della punta conica (a perdere) nel terreno, per tratti consecutivi di 10 cm misurando il numero di colpi (N_p) necessari, previo eventuale preforo per l'attraversamento di pavimentazioni o altri ostacoli all'infissione della punta statica.

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando N_p supera il valore di 50 colpi per avanzamento.

Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

Fra la testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno n.1 centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

La prova è continua per tutta la profondità indagata. La cadenza di avanzamento dovrà essere pari a 15-30 colpi/minuto. Tutte le interruzioni nella continuità di prova devono essere annotate nel rapporto di cantiere.

Le aste devono essere ruotate per un giro e mezzo ogni metro per mantenere il foro verticale e diritto nonché per ridurre l'attrito laterale sulle aste.

C. Elaborazione

Il numero di colpi necessari all'avanzamento dovrà essere espresso anche come resistenza alla penetrazione dinamica q_d (MPa) che tiene conto delle caratteristiche dimensionali e di peso dell'attrezzatura impiegata.

L'espressione da utilizzare è la seguente:

$$q_d = \frac{M}{M + M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e} \quad [\text{MPa}]$$

Con:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 182 di 239

M = massa del maglio

M' = massa complessiva di testa di battuta, asta di guida del maglio, dispositivo di sgancio e colonna di aste

g = accelerazione di gravità

H = altezza di caduta del maglio

a = area della sezione trasversale della punta

e = penetrazione media per colpo (penetrazione di riferimento divisa per il numero di colpi)

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- Planimetria, in scala non inferiore a 1:5000, recante l'ubicazione precisa di tutte le prove effettuate;
- Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
 - caratteristiche generali dell'attrezzatura impiegata tipo di penetrometro, dimensioni della punta conica, diametro e peso delle aste (e del rivestimento), peso della guida e della testa di battuta, massa del maglio e altezza di caduta;
 - tabulato dei dati rilevati per ciascuna verticale di prova, della resistenza alla punta (N_{10}) e della resistenza al rivestimento (N_r);
 - grafico della resistenza alla punta N_p (ed al rivestimento N_r) in funzione della profondità;
 - grafico e tabella della resistenza alla penetrazione dinamica q_d in funzione della profondità;
 - note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988). Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure.
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- UNI EN ISO 22476-2 (2012) -Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 2: Prova di penetrazione dinamica

3.8.2.7 Prova dilatometrica eseguita con dilatometro piatto tipo Marchetti (DMT).

La prova consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una lama di acciaio, mediante spinta statica, espandendo con del gas in pressione una membrana circolare situata su di un lato della lama e misurando le pressioni corrispondenti a due livelli di deformazione predeterminati della membrana.

A. Attrezzatura

A.1 Dispositivo di spinta

Può essere costituito da un penetrometro statico da 10÷20 t di spinta effettiva, completo di batteria di aste ($\varnothing_{est} = 36$ mm), oppure dal dispositivo di spinta di una sonda da perforazione; in questo secondo caso si richiede che almeno 2÷3 m delle aste, quelle connesse allo strumento di prova, abbiano $\varnothing_{est} = 36$ mm, mentre la rimanente parte può avere diametro superiore.

Il cavo elettrico di collegamento dello strumento con la superficie deve essere sempre interno alle aste $\varnothing_{est} = 36$ mm; può uscire in corrispondenza del raccordo tra aste $\varnothing_{est} = 36$ mm e quelle di perforazione di diametro superiore, tramite apposito giunto spaccato longitudinalmente ed essere fissato opportunamente all'esterno delle aste.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 183 di 239

A.2 Attrezzatura originale Marchetti

L'attrezzatura dilatometrica sarà del tipo originale Marchetti, senza modifiche, e dovrà comprendere:

- dilatometro tipo Marchetti (95x200x14 mm), con membrana metallica laterale (spessore 0,2 mm), espandibile per 1 mm al centro;
- centralina di misura tipo Marchetti;
- siringa di calibrazione della membrana;
- cavo elettropneumatico di collegamento del dilatometro con la centralina;
- bombola di gas azoto, provvista di apposite valvole, regolatore e cavi di collegamento alla centralina;
- cavo per la messa a terra delle aste di spinta e della centralina.

B. Modalità esecutive

B.1 Accertamenti preliminari

Prima dell'esecuzione della prova si dovrà verificare che la lama di prova sia dritta, senza concavità o convessità maggiori di 0,5 mm rispetto al piano di riferimento.

La lama sarà collegata alle aste in modo da contenere la deviazione dall'asse entro 2 mm.

La membrana dovrà essere liscia e regolare ed il metallo che la costituisce non deve essere snervato.

Una volta collegata la lama ai tubi di adduzione gas alla centralina di misura ed alle bombole non si dovranno rilevare nel circuito perdite di pressione maggiori di 100 kPa/min.

B.2 Taratura

L'entità della deformazione della membrana in corrispondenza dei punti di misura A e B sarà misurata tramite il dispositivo di taratura. I segnali acustici relativi ai punti A e B dovranno cessare a deformazioni di 0,05 mm e 1,1 mm rispettivamente.

Membrane con caratteristiche diverse non saranno accettate e dovranno essere sostituite.

Le membrane nuove dovranno essere sottoposte a 20 cicli di carico e scarico con pressioni comprese entro i limiti indicati dal costruttore prima di essere impiegate in prove reali.

La taratura della membrana dovrà essere eseguita di nuovo al termine delle prove oppure ogni 5 verticali di prova.

B.3 Esecuzione della prova

Il dilatometro sarà spinto verticalmente nel terreno arrestando la penetrazione ad intervalli di 20 cm per l'esecuzione delle misure.

Durante l'infissione il segnale acustico (o audiovisivo) sarà sempre attivato e la valvola di sfiato dovrà essere aperta.

Raggiunta la quota di prova ed arrestata l'infissione si scaricano da ogni pressione le aste entro 15 secondi, si invia gas alla membrana misurando, tramite la centralina elettro- pneumatica di superficie:

- la pressione alla quale inizia il distacco della membrana (lettura A), da rilevarsi entro 20 secondi dalla immissione del gas; la pressione manometrica in corrispondenza della quale si disattiva il segnale audiovisivo corrisponde al valore "A";
- la pressione necessaria per espandere di 1 mm il centro della membrana (lettura B), da rilevarsi entro 30 secondi dalla lettura A; la pressione manometrica in corrispondenza della quale il segnale audiovisivo si riattiva corrisponde al valore "B".

Terminata la lettura si chiude la valvola di mandata e si apre quella di sfiato, scaricando il circuito e passando

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 184 di 239

alla successiva profondità di misura.

La prova si intende conclusa quando il dilatometro ha raggiunto la profondità stabilita.

Qualora la natura del terreno impedisca l'infissione del dilatometro, si deve sospendere la prova e procedere all'approfondimento dello stesso dopo aver effettuato la perforazione del terreno fino alla profondità prescritta.

La tubazione di rivestimento del foro deve avere diametro idoneo per permettere il passaggio del dilatometro. In alternativa (fori molto profondi, operazioni da natante, ecc...) la cella può essere infissa utilizzando l'attrezzatura di perforazione, con le relative aste.

Durante l'esecuzione della prova l'immissione del gas al dilatometro deve essere effettuata in modo da non causare apprezzabili cadute di pressione lungo il tubetto di collegamento.

Documenti da consegnare.

Al completamento delle indagini dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) Relazione conclusiva contenente la descrizione di tutte le operazioni eseguite e dei risultati ottenuti;
- b) Planimetria, in scala opportuna, della quale risulti l'ubicazione esatta delle prove dilatometriche eseguite;
- c) Elaborati grafici e tabellari riportanti, per ciascuna prova, i seguenti dati:
 - informazioni generali (località, Progr. Km, data di esecuzione, nominativo dell'operatore, ecc.);
 - numero/sigla della prova;
 - caratteristiche dell'attrezzatura;
 - quota assoluta del punto di prova;
 - profondità della falda;
 - certificato di taratura della centralina di misura non anteriore di più di 6 mesi alla data della prova;
 - tabella con le letture di cantiere (lettura A, B);
 - elaborazione delle letture in accordo alle correlazioni fornite dal costruttore in termini di:
 - indice di materiale ID, correlato alla granulometria del materiale (sabbia, limo, argilla);
 - modulo edometrico $M_o = 1/mv$;
 - modulo dilatometrico Ed;
 - coesione non drenata c_u (nei soli terreni coesivi);
 - angolo di attrito (solo nei terreni incoerenti);
 - indice di spinta orizzontale k_d ;
 - coefficienti di spinta orizzontale k_o ;
 - grado di sovraconsolidazione.
 - note ed osservazioni relative all'esecuzione di ciascuna verticale di prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D6635-01. Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI EN ISO 22476-11 (2017) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 11: Prova con dilatometro piatto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 185 di 239

3.8.3 ALTRE PROVE IN SITO

3.8.3.1 Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di deformazione dell'ammasso terroso.

La prova consiste nel sovraccaricare con incrementi successivi e regolari una piastra rigida, circolare, poggiata sulla superficie del terreno misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegarsi è la sottoelencata:

- piastra circolare in acciaio, rigida, caratterizzata da:
 - diametro: $\varnothing = 300 \pm 1 \text{ mm}$
 - spessore: $S_p \geq 20 \text{ mm}$
- martinetto di carico (idraulico o meccanico) di portata pari ad almeno 50 kN;
- dinamometro (meccanico o idraulico) di portata pari ad almeno 50 kN e sensibilità pari a 0,5 kN;
- scatola cilindrica metallica dotata al suo interno di una superficie piana di appoggio della punta del comparatore;
- cerniera sferica per il centramento del carico;
- prolunga costituita da più aste cilindriche avvitate tra loro;
- comparatori per la lettura dei cedimenti con sensibilità di 0,01 mm e capacità di lettura di almeno 10 mm;
- braccio/i snodabile/i porta comparatore/i con dispositivo a vite micrometrica per l'azzeramento del comparatore;
- trave rigida di sostegno dei bracci porta-comparatori, di lunghezza pari a 2,5 m e con supporti alle estremità per l'appoggio al terreno;
- struttura fissa di contrasto il cui peso sia maggiore di 2 volte la forza massima totale da applicare sulla piastra, secondo il programma di prova;
- contasecondi, filo a piombo, livella a bolla, termometro con sensibilità di 1°C.

B. Operazioni preliminari

B1. Preparazione del terreno

La piastra sarà poggiata su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

Il terreno sarà, se necessario, regolarizzato con un sottile spessore di sabbia o altro materiale incoerente (tutto passante al setaccio da 2 mm), per ottenere una superficie piana e orizzontale.

La orizzontalità della piastra, una volta posta sul piano di prova, sarà verificata con livella a bolla.

Se la prova deve essere eseguita su una superficie già ricoperta da altro strato, sarà necessario praticare uno scavo le cui pareti siano ad una distanza minima di 30 cm dal bordo della piastra.

In ogni caso gli ultimi 15÷20 cm dello scavo eventualmente previsto devono essere eseguiti manualmente avendo cura di non calpestare l'area in cui deve essere eseguita la prova.

B2. Assemblaggio

Per l'esecuzione della prova è necessario utilizzare un contrasto fisso che fornisca un carico pari ad almeno il doppio di quello massimo da esercitare sulla piastra.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 186 di 239

L'attrezzatura può essere montata secondo due diversi schemi in funzione della disposizione dei singoli elementi al di sopra della scatola cilindrica posta subito a contatto della piastra:

- 1) piastra → scatola cilindrica → martinetto → dinamometro → asta di prolunga;
- 2) piastra → scatola cilindrica → asta di prolunga → dinamometro → martinetto.

Nel primo caso la struttura di contrasto sarà a contatto con l'asta di prolunga, mentre nel secondo caso il contrasto poggerà direttamente sul martinetto.

La prova può essere eseguita secondo due diverse modalità in funzione del numero di comparatori utilizzati per il rilievo dei cedimenti.

- 1) Con un comparatore.

Bloccata la cerniera sferica, si applica sopra la piastra la scatola cilindrica sistemando al suo interno il comparatore con la punta appoggiata sull'apposita sede nella parte inferiore.

Il braccio porta comparatore viene fissato alla trave di sostegno i cui appoggi devono essere ubicati a distanza di almeno 1 m per la piastra e di 0,50 m per le ruote della struttura di contrasto.

- 2) Con tre comparatori

Rispetto alla procedura precedente la scatola cilindrica, se utilizzata, ha funzione unicamente di irrigidimento della piastra.

La cerniera sferica deve essere posizionata tra la struttura di contrasto e la prolunga.

I tre comparatori, per mezzo di appositi bracci, devono essere disposti a 120° sul perimetro della piastra, a circa 5 mm dal bordo.

C. Modalità esecutive

Assemblata l'attrezzatura, si eseguirà la prova previa l'applicazione di un carico di assestamento di almeno $0,02 \text{ N/mm}^2$ comprendente il peso dell'apparecchiatura gravante sulla superficie di prova.

Esauriti i cedimenti, si azzerano il/i comparatore/i e si porta il carico a $0,05 \text{ N/mm}^2$ effettuando la prima lettura e applicando successivi incrementi di carico non appena il cedimento, corrispondente ad un determinato carico, risulti inferiore a 0,02 mm/minuto.

Nel caso in cui il cedimento sia maggiore di 0,02 mm/minuto si dovrà mantenere lo stesso carico per un ulteriore intervallo di tempo e rileggere i valori ai comparatori/e fino al raggiungimento della condizione precedentemente citata.

Nel caso di impiego di tre comparatori deve essere presa in considerazione la media delle tre letture effettuata per ciascun livello di carico.

Con il primo ciclo della prova di carico si determina il modulo M_d (indicativo della portanza) mentre con il secondo ciclo si determina il modulo M'_d necessario per definire il grado di costipamento dello strato in esame.

- a) Primo ciclo

Si dovrà seguire il seguente schema operativo:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevato: incrementi di carico di $0,05 \text{ N/mm}^2$ fino ad una pressione massima di $0,2 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di $0,1 \text{ N/mm}^2$ fino a pressioni massime rispettivamente di 0,35 e $0,45 \text{ N/mm}^2$.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 187 di 239

Raggiunta la pressione massima si esegue lo scarico:

- completo se occorre determinare solo il modulo M_d ;
- fino alla pressione di $0,05 \text{ N/mm}^2$ se occorre determinare anche il modulo M'_d e quindi eseguire il secondo ciclo di carico dopo avere rilevato il cedimento residuo.

b) Secondo ciclo

Si dovrà seguire il seguente schema operativo:

- per terreni di sottofondo e per strati di rilevato: incrementi di carico di $0,05 \text{ N/mm}^2$ fino alla pressione massima di $0,15 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione e per strati di base: incrementi di carico di $0,1 \text{ N/mm}^2$ fino alle pressioni massime rispettivamente di $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.

Al termine della prova deve essere prelevato un campione rimaneggiato di terreno in prossimità del punto di prova allo scopo di determinarne le caratteristiche fisiche con particolare riferimento all'umidità.

In corrispondenza di terreni di sottofondo dovrà essere verificata la natura del terreno per uno spessore di 50 cm al fine di controllare l'eventuale presenza di ciottoli o blocchi di dimensioni $> 10 \text{ cm}$ al di sotto della piastra di prova. In caso positivo la prova dovrà essere ripetuta in un altro posto.

In corrispondenza di strati di fondazione o di base la dimensione massima dell'aggregato nel punto di prova non deve superare 10 cm.

I moduli di deformazione M_d e M'_d dovranno essere calcolati nei seguenti intervalli di carico:

- per terreni di sottofondo e strati di rilevato: tra $0,05$ e $0,15 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di fondazione: tra $0,15$ e $0,25 \text{ N/mm}^2$;
- per strati di base: tra $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.

In campo ferroviario si deve fare riferimento alla fondazione del rilevato ovvero gli strati di bonifica, agli strati del corpo del rilevato ed allo strato fortemente compattato (supercompattato) costituente l'ultimo strato del rilevato.

Pertanto i relativi moduli di deformazione M_d e M'_d dovranno essere calcolati nei seguenti intervalli di carico:

- per gli strati di fondazione (ovvero strati di bonifica): tra $0,05$ e $0,15 \text{ N/mm}^2$;
- per gli strati del corpo dei rilevati: tra $0,15$ e $0,25 \text{ N/mm}^2$;
- per lo strato fortemente compattato: tra $0,25$ e $0,35 \text{ N/mm}^2$.

Il modulo di deformazione M_d (M'_d) (N/mm^2) deve essere calcolato nell'intervallo di pressione da considerare in accordo alla formula:

$$M_d (M'_d) = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot D$$

Dove:

Δp = incremento di carico unitario (N/mm^2);

Δs = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm);

D = diametro della piastra (mm).

A richiesta delle Ferrovie la prova potrà essere eseguita con le stesse modalità sopra descritte con una piastra con diametro da 60 cm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 188 di 239

Documenti da consegnare.

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- informazioni generali (cantiere, n° prova, profondità, diametro piastra, data);
- planimetria, in scala idonea, con ubicazione della prova;
- tabelle con letture di cantiere del/i comparatore/i, per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- calcolo dei moduli di deformazione Md e M'd
- certificato di taratura del dinamometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 146-1992. Determinazione dei moduli di deformazione Md e M'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.

3.8.3.2 Prova di carico su piastra da eseguirsi su terreno naturale, su riempimenti compattati o su rilevati, per la determinazione del modulo di reazione k.

La prova consiste nel sovraccaricare con incrementi successivi e regolari una serie di quattro piastre rigide, circolari, di diametro variabile da 300 a 760 mm, poggiate sulla superficie del terreno misurando il cedimento corrispondente ad ogni gradino di carico.

A. Attrezzatura

Per l'esecuzione della prova è necessaria la seguente attrezzatura:

- Serie di piastre circolari con le seguenti caratteristiche:
 - 1 piastra da 760 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 25 mm;
 - 1 piastra da 600 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 25 mm;
 - 1 piastra da 450 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 20 mm;
 - 1 piastra da 300 ± 1 mm di diametro, spessore ≥ 20 mm;
- una testa a snodo dotata di una cerniera sferica per il centramento del carico, bloccabile durante le operazioni d'installazione dell'attrezzatura;
- un martinetto meccanico o idraulico della portata di circa 40 kN;
- un dinamometro meccanico o idraulico della portata di circa 40 kN con una sensibilità ≥ 50 daN;
- una prolunga costituita da più aste cilindriche avvitate tra loro in modo da consentire diverse lunghezze;
- tre comparatori centesimali con una corsa di 10 mm e sensibilità di 0,01 mm;
- tre bracci metallici snodabili porta-comparatori, dotati di un dispositivo a vite micrometrica per l'azzeramento dei comparatori;
- una trave di sostegno dei bracci porta-comparatori, sufficientemente rigida, della lunghezza di circa 5 m, munita di due supporti per l'appoggio sul terreno;
- un contasecondi, un filo a piombo, una livella a bolla e un termometro con sensibilità di 1°C (scala compresa tra -10°C e + 60°C circa).

B. Operazioni preliminari

B1. Preparazione del terreno

Le piastre saranno poggiate su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 189 di 239

Il terreno sarà, se necessario, regolarizzato con un sottile spessore (≤ 6 mm) di sabbia o altro materiale incoerente (tutto passante al setaccio da 2 mm), per ottenere una superficie piana e orizzontale.

Gli ultimi 15÷20 cm dello scavo eventualmente previsto devono essere eseguiti a mano avendo cura di non calpestare l'area in cui deve essere eseguita la prova.

La orizzontalità delle piastre, una volta posate sul piano di prova, dovrà essere verificata con livella a bolla.

B2. Assemblaggio

L'attrezzatura di prova può essere montata secondo due schemi a seconda della convenienza di fissare preliminarmente il martinetto, il dinamometro e la prolunga alla struttura di contrasto.

Nel primo schema di montaggio, a partire dall'alto, si ha la struttura di contrasto, la testa a snodo, il martinetto, il dinamometro e l'asta di prolunga a diretto contatto con le piastre.

Nel secondo schema di montaggio, a partire dall'alto, si ha la struttura di contrasto, la testa a snodo, l'asta di prolunga, il dinamometro ed il martinetto a diretto contatto con le piastre.

La piastra da 760 mm dovrà essere posizionata curando che il contatto con il terreno sia il più possibile completo allo scopo di realizzare la migliore uniformità di carico; successivamente si sovrappongono le altre tre piastre, verificando la centratura delle stesse rispetto alla prima.

La testa a snodo dovrà essere fissata alla struttura di contrasto bloccando la cerniera sferica.

Una volta montata l'apparecchiatura di prova, si provvede alla sistemazione dei bracci porta-comparatori curando che le punte dei tre comparatori siano a contatto della piastra da 760 mm su direttrici radiali disposte a 120°.

I bracci dei comparatori devono essere fissati alla trave i cui appoggi devono distare dal centro della piastra e dai supporti della struttura di contrasto di almeno 2,50 m.

Completata l'installazione si dovrà verificare la verticalità della struttura (martinetto, dinamometro, asta di prolunga e testa a snodo).

Per l'esecuzione della prova è necessaria una struttura di contrasto fissa che può essere costituita dal telaio di un autocarro adeguatamente zavorrato.

C. Modalità esecutive

Per iniziare la prova si dovrà sbloccare la cerniera sferica e seguire la procedura di seguito descritta:

- applicare un carico di assestamento di 0,1 daN/cm² (10 kPa);
- aspettare che le deformazioni siano esaurite ed eseguire le letture ai tre comparatori (valore medio L₀);
- applicare un carico di 0,8 daN/cm² (80 kPa);
- aspettare che le deformazioni siano esaurite ed eseguire le letture ai tre comparatori (valore medio L);
- scaricare, rimuovere l'apparecchiatura e prelevare un campione di terreno al di sotto della piastra per la determinazione dell'umidità.

Il modulo di reazione k si ottiene dalla seguente correlazione:

$$k = \frac{0,7}{L - L_0}$$

dove la differenza "L-L₀" è espressa in centimetri.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 190 di 239

Le deformazioni si intendono esaurite quando il loro incremento è inferiore a 0,02 mm/minuto.

Se è previsto che in condizioni di esercizio il terreno sia saturo, la prova dovrà essere eseguita saturando preliminarmente il terreno stesso.

Documenti da consegnare

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- informazioni generali (cantiere, n° prova, data);
- planimetria con ubicazione della prova;
- caratteristiche delle attrezzature impiegate e schema di installazione adottato;
- tabella con le letture di cantiere dei comparatori, per ciascun gradino di carico;
- calcolo del modulo di reazione;
- certificato di taratura del dinamometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 92-1983. Determinazione del modulo di reazione “k” dei sottofondi e delle fondazioni in misto granulare.

3.8.3.3 Prova di densità in sito con il metodo della sabbia calibrata, eseguita anche in pozzetto, compresa la fase preliminare di calibrazione della sabbia da eseguirsi in laboratorio.

La prova determina il peso specifico apparente di una terra in sito attraverso il rapporto tra il peso della terra nella sua sede ed il suo volume.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura necessaria è costituita da:

- volumometro a sabbia costituito da un recipiente, in materiale trasparente, con un tappo a vite fornito di una prolunga costituita da un raccordo conico, da un rubinetto con orifizio di diametro > 10 mm e da un imbuto;
- piastra circolare di base con foro centrale munito di battente per l'alloggiamento dell'imbuto;
- stampo cilindrico di volume noto, di diametro uguale a quello dell'imbuto e di altezza compresa tra 1 e 1,5 volte il diametro;
- sabbia pulita e asciutta passante al setaccio da 2 mm e trattenuta da quello da 0,4 mm;
- bilancia della portata di 10 kg con sensibilità 1 g;
- apparecchiatura per la determinazione dell'umidità;
- attrezzi per scavare la buca di prova;
- sacchetti e contenitori per campioni di terra.

B. Operazioni preliminari

Prima dell'esecuzione della prova dovrà essere verificata la taratura dell'apparecchio eseguendo:

- la determinazione del peso di sabbia (P) che riempie l'imbuto ed il foro della piastra di base;
- la determinazione del peso di volume della sabbia impiegata.

Per la determinazione del peso di sabbia occorre:

- a) riempire di sabbia il recipiente e determinare il peso del recipiente pieno (P1);
- b) appoggiare la piastra di base su una superficie orizzontale;
- c) sistemare il volumometro rovesciato con il rubinetto chiuso sulla piastra di base;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 191 di 239

- d) aprire il rubinetto e lasciare uscire la sabbia evitando scuotimenti; quando la sabbia ha cessato di uscire chiudere il rubinetto, rimuovere il recipiente del volumometro e pesarlo con la sabbia rimasta (P2);
e) il peso di sabbia (P) è dato dalla differenza tra P1 e P2.

Per la determinazione del peso di volume della sabbia impiegata (γ) si deve:

- riempire di sabbia il recipiente del volumometro e determinare il peso del recipiente pieno (P3);
- disporre lo stampo cilindrico di volume noto, vuoto, su una superficie piana orizzontale e sovrapporre ad esso la piastra di base;
- porre il volumometro rovesciato e con il rubinetto chiuso sulla piastra di base;
- aprire il rubinetto e lasciare uscire la sabbia evitando scuotimenti; quando la sabbia ha cessato di uscire si dovrà chiudere il rubinetto e rimuovere il volumometro;
- pesare il recipiente del volumometro con la sabbia rimasta (P4);
- il peso di sabbia che ha riempito l'imbuto, il foro della piastra di base e lo stampo è dato dalla differenza tra il valore P3 e P4;
- il peso della sabbia contenuta nello stampo è dato dalla differenza tra il valore (P3-P4) e P1;
- il peso di volume γ della sabbia è dato dal rapporto tra il peso della sabbia che riempie lo stampo ed il volume dello stampo.

C. Modalità esecutive

Il metodo trova applicazione generale purché la dimensione massima dei granuli della terra non sia superiore ad un quinto (1/5) del diametro del foro della piastra utilizzata.

Le sequenze operative di prova sono le seguenti:

- riempimento del recipiente del volumometro con la sabbia e determinazione del peso del recipiente pieno;
- spianatura, senza compressione, della superficie dello strato in cui si vuole eseguire la prova e fissaggio della piastra di base sul piano così preparato;
- all'interno della circonferenza del foro centrale della piastra, esecuzione di una buca di profondità approssimativamente uguale al suo diametro;
- posizionamento del volumometro rovesciato, con il rubinetto chiuso, sulla piastra di base e apertura del rubinetto facendo defluire la sabbia;
- chiusura del rubinetto e rimozione del recipiente quando la sabbia ha finito di defluire;
- pesatura del recipiente con la sabbia rimasta e determinazione, per differenza dal peso del recipiente pieno, del peso di sabbia impiegata per la misura (P_f);
- pesatura della terra estratta dal foro scavato (P_u);
- prelievo di un campione nel materiale scavato, per la determinazione dell'umidità

Il volume in sito del terreno estratto si ottiene dalla seguente espressione:

$$V = \frac{P_f - P}{\gamma}$$

dove:

P_f = peso in kg della sabbia uscita dal recipiente (punto C.6);

P = peso in kg della sabbia necessaria per riempire l'imbuto;

γ = peso di volume della sabbia.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 192 di 239

La densità del terreno in sito all'umidità naturale è data da:

$$\gamma = \frac{P_u}{V} (kg / dm^3)$$

dove:

P_u = peso della terra, alla umidità naturale, estratta dalla buca (kg)

V = volume della buca (dm^3)

Documenti da consegnare

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- 1) informazioni generali (cantiere, n° prova, ubicazione planimetrica, data);
- 2) descrizione della strumentazione impiegata e delle tarature eseguite;
- 3) risultati delle prove eseguite.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 22-1972. Peso specifico apparente di una terra in sito.
- ASTM D1556-00. Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand Cone Method.

3.8.3.4 Prova di densità in sito con il metodo del volumometro a membrana, eseguita anche in pozzetto.

La prova serve a determinare la densità in sito di un volume di terreno attraverso il rapporto tra il suo peso ed il suo volume misurato facendo aderire alle pareti del cavo una sottile membrana elastica

A. Attrezzatura

L'attrezzatura necessaria è costituita da:

- volumometro costituito da un recipiente calibrato, chiuso al fondo con una membrana flessibile ed elastica;
- stampi calibrati di taratura;
- piastra circolare di base con foro centrale provvista di battente per l'alloggiamento del volumometro;
- bilancia con portata di circa 10 kg e con sensibilità di 1 g;
- apparecchiatura per la determinazione dell'umidità;
- strumenti per scavare la buca;
- contenitori e sacchetti per campioni di terra.

L'apparecchio dovrà permettere l'applicazione di sovraccarichi per migliorare l'aderenza al suolo.

Dovrà essere provvisto di un indicatore di volume per determinare il volume della buca in cui viene eseguita la prova, con una approssimazione non inferiore all'1%.

La membrana flessibile dovrà avere dimensioni e forma tali da aderire perfettamente alle pareti della buca e dovrà avere resistenza sufficiente per sopportare la pressione necessaria per gonfiarla fino a farla aderire alle pareti della buca stessa.

B. Operazioni preliminari

Preliminarmente all'esecuzione della prova si dovrà effettuare la taratura dell'indicatore di volume attraverso un controllo con stampi di volume noto e di dimensione all'incirca uguale a quello della buca di prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 193 di 239

La procedura da seguire è la seguente:

- appoggiare la piastra di base su una superficie piana orizzontale;
- disporre il volumometro sulla piastra di base, applicare una leggera pressione all'interno dell'apparecchio ed effettuare la lettura iniziale del livello dell'acqua sull'indicatore di volume (V1);
- ripetere la misura dopo avere sovrapposto la piastra di base con il sovrastante volumometro ad uno degli stampi effettuando così la lettura finale del livello dell'acqua sull'indicatore di volume (V2);
- la differenza tra le letture V2 e V1 dovrà corrispondere al volume dello stampo tarato;
- se i due valori non corrispondono, si dovrà correggere la lettura dell'indicatore di volume.

C. Modalità esecutive

Il metodo trova applicazione generale purché la dimensione massima dei granuli della terra non sia superiore ad un quinto (1/5) del diametro del foro della piastra utilizzata e purché non si tratti di terreno molle deformabile sotto l'azione di una piccola pressione.

Per ogni misura dovranno essere eseguite almeno tre determinazioni che non differiscano tra loro oltre l'1%.

Le sequenze operative di prova sono le seguenti:

- 1) spianatura, senza compressione, della superficie dello strato in cui si vuole eseguire la prova e fissaggio della piastra di base sul piano così preparato;
- 2) posizionamento del volumometro sulla piastra di base applicando una leggera pressione all'interno dell'apparecchio fino a che non si notino più variazioni di lettura ed esecuzione della lettura iniziale del livello dell'acqua sull'indicatore di volume (V1);
- 3) rimozione del volumometro e, lasciando in posto la piastra di base, scavo di una buca di diametro all'incirca uguale alla circonferenza del foro centrale della piastra senza variare l'addensamento del terreno attorno alla buca; conservazione del materiale scavato;
- 4) posizionamento del volumometro sulla piastra ed applicazione di una pressione idonea a far aderire la membrana alla pareti della buca ed esecuzione della lettura sull'indicatore di volume V2;
- 5) la differenza tra la lettura V1 (punto 2) e la lettura V2 fornisce il volume della buca (V);
- 6) pesatura della terra estratta dal foro scavato (P);
- 7) prelievo di un campione nel materiale scavato, per la determinazione dell'umidità.

La densità del terreno in sito all'umidità naturale è data da:

$$\gamma = \frac{P}{V} (kg / dm^3)$$

dove:

P = peso della terra, alla umidità naturale, estratta dalla buca (kg); V = volume della buca (dm³).

Documenti da consegnare

La documentazione da fornire comprenderà, per ciascuna prova:

- informazioni generali (cantiere, n° prova, ubicazione planimetrica, data);
- descrizione della strumentazione impiegata e delle tarature eseguite;
- risultati delle prove eseguite.

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n. 22-1972. Peso specifico apparente di una terra in sito.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 194 di 239

3.8.4 PROVE IN FORO DI SONDAGGIO

3.8.4.1 Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test), da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.

Questa prova consente di determinare la resistenza di un terreno alla penetrazione dinamica di un campionatore standard infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

Di seguito si riportano le caratteristiche delle attrezzature e le modalità esecutive della prova che dovranno essere rispettate.

A. Attrezzatura

A1. Dispositivo di battitura

Il dispositivo di battitura, di peso totale non superiore a 115 kg, deve comprendere:

- una testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- un maglio di acciaio da $63,5 \pm 0,5$ kg;
- un dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio, che assicuri una corsa a caduta libera di 0,76 m ($\pm 0,03$ m).

Non è ammesso il metodo del cabestano manovrato con la fune.

A2. Aste

Secondo AGI le aste di infissione devono avere diametro esterno ≥ 50 mm e peso pari a $7,00 \pm 0,5$ kg/m).

Le Ferrovie si riservano la facoltà di far adottare diametro e peso delle aste diverse da quelle sopra indicate che comunque, in accordo a quanto consigliato nella procedura ISSMFE, non dovranno superare tassativamente il peso di 10 kg/m.

Se la differenza tra il diametro esterno delle aste e il diametro interno della tubazione di rivestimento del foro è maggiore o uguale a 60 mm, devono essere usati appositi distanziatori (alette di irrigidimento) ad intervalli di circa 3 m lungo la colonna, per ridurre la flessione delle aste durante la battitura.

I distanziatori dovranno essere impiegati anche per prove eseguite a profondità superiore di 15 m.

Le aste devono essere perfettamente dritte ed in sito devono essere controllate periodicamente.

Ciascuna asta, nella sua lunghezza totale, deve presentare una flessione inferiore all'1‰.

Le aste devono essere strettamente avvitate in corrispondenza dei giunti.

A3. Campionatore Raymond

Tubo campionatore in acciaio indurito con superfici lisce, apribile longitudinalmente:

- Diametro esterno: $\varnothing_{est} = 51 \pm 1$ mm
- Diametro interno: $\varnothing_{int} = 35 \pm 1$ mm
- Lunghezza minima escluso tagliente principale: $L_{min} \geq 457$ mm
- Lunghezza scarpa tagliente terminale con rastremazione negli ultimi 19 mm: $I = 76 \pm 1$ mm

Il campionatore, nell'estremità superiore, sarà dotato di valvola a sfera e aperture di scarico a sfiato; la valvola deve essere a tenuta d'acqua nella fase di estrazione del campionatore.

La scarpa del campionatore è costituita da acciaio indurito e deve essere riparata o sostituita quando è sbeccata o distorta.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 195 di 239

In presenza di strati di terreno con ghiaia la scarpa del campionatore Raymond potrà essere sostituita da una punta conica con diametro esterno pari a 51 mm e angolo di 60°.

L'impiego della punta conica dovrà essere preventivamente autorizzata dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive

Le prove devono, di norma, essere effettuate entro fori di diametro compreso tra 60 e 200 mm, alle profondità stabilite dalle Ferrovie.

Le procedure da rispettare sono le seguenti:

- estrazione lenta degli utensili di perforazione per evitare la decompressione del terreno interessato dalla prova;
- verificare che il fondo foro sia pulito e controllare con scandaglio la quota del fondo foro confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente fatta. Se la quota misurata è più alta, per effetto di rifluimenti del fondo o per decantazione di detriti in sospensione nel fluido e se tale differenza supera 7 cm la prova non potrà essere eseguita e si dovrà procedere ad una ulteriore manovra di pulizia;
- il fondo foro deve essere sempre al di sotto della scarpa dei tubi di rivestimento;
- se la prova da eseguire è al di sotto del livello piezometrico, il livello del fluido nel foro dovrà essere mantenuto sempre al di sopra del livello idrostatico per assicurare l'equilibrio idraulico alla profondità della prova;
- posizionamento a fondo foro della batteria di prova, montaggio del dispositivo di prova e annotare la penetrazione iniziale dovuta al peso dell'intero sistema;
- segnare su una asta i tre tratti di 15 cm.

La distanza tra la testa di battuta e la sommità del rivestimento non deve essere superiore a m 1,50.

Il campionatore deve essere infisso, con un ritmo di battuta di circa 20÷30 colpi al minuto, per 3 tratti consecutivi di 15 cm determinando il numero di colpi della massa battente necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm.

Qualora il numero di colpi per l'affondamento della punta per il primo tratto (N1) raggiunga il numero di 50 e l'avanzamento risultasse minore a 15 cm la prova si intende conclusa; in tal caso deve essere registrata la penetrazione ottenuta con i suddetti 50 colpi.

Se il tratto di avviamento è superato con N1 minore o uguale a 50 colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 30 cm, contando separatamente il numero di colpi necessari per la penetrazione dei primi e dei secondi 15 cm (N2 ed N3) fino al limite di 100 colpi (N2+N3=100). Se con $N2 + N3 = 100$ non si raggiunge l'avanzamento di 30 cm, l'infissione viene sospesa (rifiuto), la prova è considerata conclusa e viene annotata la relativa penetrazione.

L'eventuale affondamento del campionatore per peso proprio, delle aste e della testa di battuta deve essere annotato ma deve essere considerato già parte integrante dei 15 cm di infissione preliminare del campionatore.

Durante l'estrazione della batteria il fluido di circolazione deve essere mantenuto costante alla quota del piano di lavoro.

Il materiale contenuto nel campionatore, dopo l'esecuzione della prova, deve essere misurato, descritto ed inserito (tralasciando la parte alta del campione) in un involucro di plastica con l'indicazione della quota di esecuzione della prova stessa e deve essere inviato al Laboratorio Geotecnico oppure, se richiesto, conservato in un luogo adatto per tutta la durata dell'indagine.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 196 di 239

Documenti da consegnare.

Al termine dell'indagine dovrà essere consegnata la seguente documentazione:

- a) per ciascuna prova eseguita:
 - quota della tubazione provvisoria di rivestimento del foro, riferita al piano di campagna;
 - quota raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia, riferita al piano di campagna;
 - quota del fondo foro controllata con scandaglio prima di iniziare la prova (= quota inizio prova), riferita al piano di campagna;
 - affondamento per peso proprio delle aste e della testa del campionatore;
 - numero di colpi per infissione di ciascuno dei tre tratti di 15 cm, oppure penetrazione misurata dopo raggiunto il limite dei colpi;
 - peso per metro lineare delle aste impiegate;
 - lunghezza e descrizione litologica del campione estratto;
 - tipo di campionatore impiegato.
- b) per ciascuna verticale indagata:
 - il grafico Nspt in funzione della profondità;
 - eventuali annotazioni dell'operatore e data di esecuzione.

Riferimenti normativi:

- ASTM - D1586-99 (2001). Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soil.
- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione dell'indagine geotecniche.
- ISSMFE Technical Committee (1988). Standard Penetration Test (SPT: International Reference Test Procedure);
- UNI EN ISO 22476-3 (2012). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito -Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test);
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;

3.8.4.2 Prova pressiometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici con pressimetro tipo Menard.

La prova con pressimetro tipo Menard si esegue misurando in un punto prestabilito del foro di sondaggio la deformazione del terreno quando questi viene sollecitato mediante l'espansione radiale di una sonda cilindrica posta a contatto con le pareti del foro stesso.

A. Attrezzatura

A1. Sonda pressiometrica

La sonda cilindrica ad espansione idraulica è costituita da una cella centrale di misura, espandibile radialmente, posta tra due celle di guardia che devono impedire, durante la prova, deformazioni della cella di misura che non siano quelle radiali.

La cella centrale di misura, piena d'acqua, è collegata ad un serbatoio in superficie che funge da separatore aria-acqua. La pressione è fornita da gas neutro (aria o azoto) e la variazione di raggio del foro, a seguito dell'espansione della membrana, viene ottenuta indirettamente misurando la variazione di volume dell'acqua nella cella centrale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 197 di 239

Le pareti della cella di misura consisteranno di una membrana di gomma e di un involucro deformabile esterno in grado di adattarsi alla forma progressivamente assunta dalle pareti del foro nel corso della prova. La membrana potrà essere protetta da un involucro esterno a lamelle metalliche parzialmente sovrapposte, qualora reso necessario della tipologia del terreno.

Le celle di guardia, anch'esse dotate di membrana elastica, vengono espanse mediante pressione di gas o di acqua attraverso un circuito indipendente da quello della cella centrale di misura.

Dovranno essere utilizzate sonde pressiometriche di norma di diametro pari a 44, 58 o 70 mm con un rapporto lunghezza (comprese celle)/diametro pari ad almeno 6 (sei).

A2. Apparato di espansione

L'apparato di espansione delle celle deve permettere di variare il volume e la pressione all'interno delle stesse in forma del tutto regolabile e controllabile mediante la centralina di misura.

La cella di misura sarà espansa mediante pressione idraulica; le celle di confinamento mediante pressione idraulica o di gas.

A3. Tubi di connessione

I tubi di connessione delle celle con gli apparati di espansione e di misura saranno di tipo plastico rigido, preferibilmente coassiali, con gas a pressione regolabile nell'intercapedine in modo da prevenire e contenere le variazioni di volume in corso di prova.

A4. Centralina di misura

La centralina di misura deve includere un meccanismo per l'applicazione di incrementi controllati di pressione o di volume alla cella di misura ed un regolatore della pressione del gas nelle celle di guardia.

Le pressioni applicate devono essere misurate mediante manometri di precisione con fondo scala di 2,5÷10 Mpa e risoluzione di 25 kPa nel caso dei terreni e con fondo scala di 10÷30 Mpa nel caso di rocce tenere.

Le variazioni di volume devono essere misurate mediante tubicini graduati con risoluzione di circa 1 cm³.

Sarà presente un dispositivo per amplificare di almeno 50 volte la sensibilità di lettura delle variazioni di volume, da impiegarsi quando tali variazioni diventino inferiori a 0,5 cm³ per incrementi di pressione di 1 bar.

B. Tarature

Prima di iniziare la prova, si procederà alla taratura del sistema determinando quanto segue:

B1. Perdite di pressione Pc

Le perdite di pressione sono legate alla inerzia della cella di misura che deve essere misurata espandendo la stessa alla pressione atmosferica mediante incrementi di pressione da 10 kPa ciascuno, da mantenersi per 60 sec, con letture di volume al termine di tale tempo.

Se richiesto dalle successive modalità di prova, la taratura si eseguirà con incrementi di volume della sonda pari al 5% del volume V, da applicarsi in 10 sec e mantenuti per 60 sec prima della lettura di pressione. Queste misure dovranno essere eseguite prima di ogni prova ad ogni cambio della membrana della cella di misura.

B2. Perdite di volume Vc

Le perdite di volume dovute alla espansione dei tubi di collegamento saranno predeterminate pressurizzando progressivamente l'apparato di prova in superficie dopo aver chiuso la sonda in un contenitore metallico che ne impedisca ogni espansione, registrando pressioni e volumi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 198 di 239

B3. Misura del livello piezometrico

Il livello piezometrico nel foro deve essere misurato immediatamente prima della prova in foro e registrato.

C. Modalità esecutive

Prima di posizionare la sonda pressiométrica nel foro, si procederà alla accurata lettura del volume V (volume della cella di misura alla pressione atmosferica). Tutti I circuiti saranno disacerati e i manometri azzerati con sonda a piano campagna. Il circuito per il controllo dei volumi sarà quindi chiuso e la sonda calata nel foro in queste condizioni.

La profondità di prova viene assunta essere quella corrispondente al punto medio della cella di misura.

Preparato il foro, che deve essere perfettamente pulito, la sonda pressiométrica sarà posizionata alla quota indicata dal programma. In accordo alle indicazioni del programma, la prova pressiométrica potrà essere eseguita in conformità ai due metodi descritti di seguito. Si noti che la pressione che deve essere mantenuta nelle celle di confinamento laterale durante la prova deve sempre essere inferiore a quella agente all'interno della cella di misura e sarà definita in base alla espressione:

$$P_g = P_r + P_w - P_d$$

dove:

P_g = pressione celle di guardia

P_r = pressione letta al manometro

P_w = pressione idrostatica agente tra unità di misura e sonda pressiométrica a quota prova

P_d = differenza di pressione tra cella di misura e celle di guardia.

C1. Preparazione del foro

La prova pressiométrica dovrà essere eseguita esclusivamente in avanzamento.

La perforazione del tratto da sottoporre a prova deve essere eseguita con carotaggio del terreno con attrezzature e metodologie tali da ridurre al minimo il disturbo indotto nel terreno stesso. A tal fine essa deve essere eseguita immediatamente prima di procedere alla prova pressiométrica, in modo da limitare al minimo il rigonfiamento dovuto al rilascio tensionale ed alla presenza di fluido di circolazione statico. La manovra di perforazione deve essere di lunghezza non superiore a 150 cm. Il diametro della perforazione nel tratto di prova deve essere compreso fra 1,03 D e 1,2 D, essendo D il diametro della sonda pressiométrica.

Saranno ammesse varie tecniche di perforazione in relazione al tipo di terreno, con preferenza per il carotaggio integrale con carotieri semplici e doppi, preferibilmente con corone diamantate o comunque molto affilate, con pressione applicata all'utensile in fase di avanzamento inferiore a 200 kPa, numero di giri inferiore a 60 r.p.m. (radianti per minuto), pressione di fluido contenuta e tendenzialmente inferiore a 15 l/min. La tecnica di perforazione dovrà essere comunicata alle Ferrovie.

L'intervallo tra le prove, in uno stesso foro, non deve essere inferiore ad 1 metro.

Le letture relative alle variazioni di volume della sonda (quindi del terreno) dovranno essere effettuate dopo 30 sec e dopo 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o volume; le misure dovranno essere registrate con una precisione pari a 0,2% del volume della cella di misura in condizioni di pressione atmosferica e pari al 5% del valore della pressione limite.

C2. Metodo degli uguali incrementi di pressione

La sonda verrà posizionata e la pressione incrementata con uguali intervalli di crescita, fino a che l'espansione della cella nel corso di un incremento di carico diventa maggiore di circa ¼ dell'originale volume della cella di misura. I valori di ciascun incremento dovranno essere in accordo al programma o definiti nel corso della

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 199 di 239

prova stessa, e comunicati alle Ferrovie; in ogni caso si raccomanda l'impiego di un numero minimo di 7÷10 incrementi.

E' richiesta, inoltre, l'esecuzione di almeno un ciclo di scarico-ricarico in corrispondenza del termine del tratto a comportamento elastico; il ciclo dovrà comprendere almeno n. 1 gradino di scarico (pari in genere al 25% della pressione raggiunta e comunque inferiore al 50%) e n. 2 gradini di ricarica.

I cicli di carico/scarico/ricarico dovranno essere approvati dalle Ferrovie.

C3. Metodo degli uguali incrementi di volume

La sonda verrà posta in posizione ed il volume della cella di misura aumentato con incrementi uguali, di valore pari a $0,05 \div 0,1$ volte il volume iniziale V, fino ai limiti naturali dell'apparato di prova.

Analogamente a quanto richiesto al punto C2. dovrà essere eseguito almeno un ciclo di scarico-ricarico nel tratto a comportamento elastico.

Raggiunti i massimi valori di pressione o di volume, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

Documenti da consegnare

Per ogni prova dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

a) Certificato di prova recante indicazione su:

- cantiere e numero di sondaggio;
- profondità di prova;
- descrizione delle modalità di perforazione e del diametro relativo;
- descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova;
- livello piezometrico;
- curve di taratura per le perdite di pressione e di volume;
- tabella delle letture a 30" e a 60";
- tabella con le letture volumetriche a 30" e a 60" dall'applicazione dell'incremento di pressione;
- curva di cantiere con i valori non corretti di pressione (kPa) e volume a 60" (cm³);
- curva pressiometrica (valori corretti);
- curva di creep;
- determinazione di v0 (volume iniziale) e p0 (pressione iniziale);
- determinazione di vF (volume di scorrimento o fluage) e pF (pressione di scorrimento o fluage);
- calcolo del modulo pressiometrico con indicazione degli intervalli di pressione e volume utilizzati (nel caso di prova con ciclo di scarico-ricarico dovrà essere calcolato anche il modulo nell'asola disegnata dal ciclo eseguito);
- calcolo della pressione limite pL, con indicazione del metodo utilizzato e relativo grafico;
- note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova;
- calcolo della resistenza al taglio (angolo di attrito, coesione);
- descrizione del tempo atmosferico e della temperatura;
- copia dei certificati di taratura dei manometri, non anteriori di 6 mesi alla data di esecuzione della prova.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4719-00. Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils.
- UNI EN ISO 22476-4 (2013). Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 4: Prova con pressiometro Menard;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 200 di 239

- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;

3.8.4.3 Prova scissometrica da eseguire all'interno dei fori dei sondaggi geognostici.

La prova scissometrica misura la resistenza al taglio non drenata nei terreni coesivi saturi; si esegue inserendo nel terreno naturale una paletta-scissometro con sezione a croce greca e misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso.

A. Attrezzatura

A1. Palette e aste di collegamento

Le palette devono essere costituite da 4 lame rettangolari, ortogonali, di lamiera d'acciaio saldate lungo uno dei lati maggiori. Le dimensioni delle palette scissometriche devono essere tali da avere un rapporto altezza/lato uguale a 2. Il lato sarà compreso tra 45 e 100 mm e lo spessore della paletta sarà tale che la sezione a croce della paletta non deve superare il 10% dell'area della base del cilindro generato dalla sua rotazione.

La paletta è collegata alla superficie mediante una batteria di aste d'acciaio.

Le aste devono presentare elevate caratteristiche di rigidità a torsione e a flessione affinché gli sforzi applicati all'estremità superiore vengano trasmessi integralmente a quella inferiore, cioè alla paletta.

A2. Rivestimento

I tubi di rivestimento svolgono le seguenti funzioni:

- irrigidimento della batteria di aste;
- reazione allo sforzo di torsione applicato in superficie;
- trasmissione della spinta verticale necessaria per l'infissione del dispositivo alla profondità richiesta.

Le aste di collegamento devono ruotare senza attriti all'interno del rivestimento; la centratura delle due batterie dovrà essere garantita dalla presenza di centratori a cuscinetti a sfera posizionati ogni 2÷3 metri circa di batteria.

A3. Strumento di torsione

Lo strumento di torsione viene applicato all'estremità superiore della batteria di aste che collegano la paletta - scissometro ed è collegato all'estremità della batteria di rivestimento (per la necessaria reazione); per mezzo di questo strumento si applicano e si misurano mediante un dinamometro gli sforzi di torsione necessari per portare a rottura il terreno in corrispondenza della paletta.

Lo strumento di torsione deve possedere i seguenti requisiti:

- impermeabilità all'acqua;
- sensibilità < 1% dello sforzo massimo applicabile;
- indicatore del massimo sforzo raggiunto nella prova;
- indifferenza alle variazioni della temperatura ambiente.

B. Controlli e modalità esecutive

Prima di eseguire la prova deve essere accertato che l'estremità inferiore dell'apparecchio sia in perfetta efficienza.

In particolare si deve controllare che:

- l'asta inferiore e la paletta ad essa saldata siano verticali e senza distorsioni;
- il tubetto che protegge l'astina dagli attriti del terreno sia perfettamente calibrato;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: RFI DTC SI GE SP IFS 001 B	FOGLIO 201 di 239

- i cuscinetti reggispira e l'intercapedine tra paletta e relativa "protezione" siano pieni di grasso.

Prima di eseguire la prova deve essere consegnato alle Ferrovie un certificato di taratura dello strumento in data non anteriore a 6 mesi a quella di esecuzione della prova.

La prova deve essere eseguita con le seguenti modalità:

- infiggere la batteria, con paletta alloggiata nella scarpa di protezione, nel terreno fino a 50 cm sopra la quota stabilita per la esecuzione della prova;
- infiggere la sola paletta nel terreno, agendo sulla batteria di aste interne, fino a fine corsa (circa 50 cm);
- bloccare in sommità la batteria di rivestimento;
- applicare lo strumento di torsione e controllare il suo perfetto azzeramento;
- applicare il momento torcente fino a raggiungere il suo valore massimo (resistenza a rottura del terreno) annotando la lettura (Mmax);
- togliere lo strumento di torsione e ruotare la batteria di aste, e quindi la paletta, per 10 giri completi; questa operazione deve essere svolta rapidamente e senza spostamenti verticali della batteria;
- attendere 1÷2 minuti primi;
- riapplicare lo strumento di torsione e ripetere la prova fino a nuova rottura del terreno annotando la lettura massima (MR) corrispondente alla resistenza in condizioni di completo rimaneggiamento;
- togliere la testa di torsione e riportare la paletta all'interno della scarpa di protezione.

Nel corso della prova, la velocità di rotazione della paletta deve essere mantenuta costante e pari a circa 6° al minuto primo; inoltre per tenere conto della torsione delle aste, deve essere applicata una velocità di rotazione di 6° al minuto primo, per prove superficiali, aumentando tale velocità di circa 1° al minuto primo ogni 5 m di maggiore profondità. La paletta da impiegare deve essere scelta in base alla prevedibile resistenza del terreno, tenendo presente che deve, per quanto possibile, operare nella zona centrale del quadrante dello strumento di torsione.

Documenti da consegnare.

Per ogni prova deve essere fornito la seguente documentazione finale:

- cantiere e numero di sondaggio ed ubicazione planimetrica;
- profondità della prova dalla bocca foro;
- diametro e profondità raggiunta dal rivestimento;
- tipo di attrezzatura usata e certificato di taratura del dispositivo di torsione non anteriore di 6 mesi dalla data di esecuzione della prova;
- dimensioni delle palette;
- letture allo strumento di torsione e/o grafici sforzo/deformazione;
- valori della resistenza massima e residua determinata dopo rimaneggiamento del terreno;
- descrizione geotecnica, previo carotaggio di taratura, del tratto di terreno provato;
- osservazioni e note.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 202 di 239

3.8.4.4 Prova di fratturazione idraulica, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito dello stato di sollecitazione di un ammasso roccioso.

Questa prova serve a determinare lo stato di sollecitazione naturale di un ammasso roccioso mediante l'applicazione, in un tratto di foro di sondaggio isolato con due otturatori, di una pressione idraulica mediante una portata costante di fluido.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura deve essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- un doppio packer gonfiabile ad alta pressione (sonda di fratturazione); la distanza tra i due packer deve essere pari a 6 volte il diametro del foro; i due otturatori devono essere collegati sia meccanicamente che idraulicamente;
- un packer per rilievo di impronta munito di bussola elettronica e rivestito di un apposito strato di gomma sostituibile (packer ad impressione); in alternativa può essere impiegata una telecamera da foro che rilevi l'immagine della frattura;
- una unità di comando per la pressurizzazione degli otturatori e della sezione di prova;
- pompa volumetrica (0-70 MPa; 0-25 lt/min) e tubi flessibili ad alta pressione;
- sistema per la misura della portata;
- un sistema di acquisizione analogico/digitale dei dati pressione-tempo e portata-tempo;
- sistema per il posizionamento dell'attrezzatura nella verticale di prova (aste di perforazione, aste di guida o cavo d'acciaio).

La pressione può essere misurata sia con trasduttori di fondo foro situati nella sonda di fratturazione sia con trasduttori posti in superficie all'uscita della pompa.

B. Modalità esecutive

Il foro di sondaggio dovrà essere perforato in presenza di roccia preferibilmente con l'uso di corona diamantata eseguita in modo da garantire che la parete del foro stesso sia il più possibile liscia e di forma uniformemente circolare. La sezione di prova dovrà essere costituita da roccia sana non fratturata e dovrà essere scelta dopo accurata osservazione delle carote estratte oppure dopo aver ispezionato l'interno del foro con una telecamera. Le fasi esecutive della prova dovranno rispettare il seguente schema:

- a) introdurre il doppio packer nel foro e posizionarlo alla profondità di prova;
- b) gonfiare il doppio packer, pompando acqua attraverso la pompa ad alta pressione, fino a farlo aderire alla parete del foro (normalmente è sufficiente una pressione dei packer di 3 MPa);
- c) pompare acqua nella sezione di prova ad una portata costante, in funzione della permeabilità della roccia (a permeabilità elevata, portata elevata e viceversa), in modo da raggiungere la fratturazione idraulica in un minuto a partire dall'inizio dell'incremento di pressione. Nella fase di pressurizzazione della sezione di prova la pressione nei due packer dovrà essere più elevata di circa 2 MPa rispetto al tratto di prova in modo da evitare eventuali perdite. L'innescò di una frattura idraulica si manifesterà con una brusca caduta di pressione nella sezione di prova. Ai primi segnali di tale fenomeno deve essere interrotta l'iniezione di fluido per valutare la pressione di innescò della frattura. La pressione corrispondente all'innescò della fratturazione sarà definita come pressione critica o di rottura;
- d) a seguito dell'interruzione del pompaggio dell'acqua nel tratto di prova si registrerà un abbassamento della pressione fino ad un valore stabile corrispondente alla pressione di chiusura (shut-in pressure) della frattura;
- e) ripetere il procedimento di cui ai punti b), c) e d), usando la stessa portata, altre due volte, registrando i corrispondenti valori di pressione di riapertura (o pressione di rottura secondaria) e di chiusura della frattura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 203 di 239

Durante l'intera prova dovranno essere registrati in continuo i dati pressione-tempo e portata-tempo da riportare su un doppio grafico.

Alla fine della prova il doppio otturatore dovrà essere sgonfiato riportandolo al diametro originale. L'otturatore potrà quindi essere riportato in superficie oppure potrà essere posizionato in corrispondenza di una nuova sezione di prova.

Per determinare l'orientamento della fratturazione idraulica (rilievo dell'impronta di frattura) il metodo più comune prevede l'impiego di un packer per rilievo di impronta che dovrà essere gonfiato ad una pressione più elevata della pressione di rottura (o di chiusura) secondaria: in tal modo il packer aprirà leggermente la idro-frattura e permetterà alla membrana di gomma di prendere una buona impronta della frattura.

Per mezzo di una bussola magnetica o di un giroscopio da foro si determinerà l'azimut di un punto fisso del packer.

Dopo circa 30÷60 minuti dalla pressurizzazione, l'otturatore può essere sgonfiato e recuperato, rilevando l'impronta della frattura e determinandone l'orientamento rispetto a Nord facendo riferimento al punto fisso del packer.

Per il calcolo delle pressioni principali si dovrà seguire quanto riportato nelle norme di riferimento in funzione dell'orientamento della idro-frattura (verticale, verticale e orizzontale, orizzontale, inclinata).

I campioni di roccia prelevati nella sezione di prova verranno utilizzati per l'esecuzione della prova di trazione (diretta, indiretta o prova Brasiliana) indispensabile per l'acquisizione dei parametri necessari all'interpretazione corretta della prova in sito.

I valori di pressione riportati equivalgono a quelli registrati durante la prova se la misura delle pressioni viene effettuata con trasduttori di profondità; se viceversa la misura viene effettuata in superficie bisogna aggiungere ai valori misurati il valore del carico idraulico corrispondente alla colonna d'acqua presente (nei tubi) tra la superficie e la profondità di prova.

Documenti da consegnare

Al termine delle prove deve essere consegnata la seguente documentazione:

a) Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti contenente tra l'altro:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- direzione ed immersione del sondaggio;
- metodo e diametro di perforazione;
- livello piezometrico della falda;
- profondità della sezione di prova;
- descrizione della roccia nella sezione di prova;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
- descrizione della procedura di prova;
- grafici pressione/tempo e portata/tempo e descrizione dei metodi utilizzati per determinare Ps ,Pf e Pr se tali valori non sono chiaramente determinabili dai grafici;
- tabelle dei valori di Ps , Pf , Pr e Po , dei valori calcolati degli sforzi orizzontali massimo smax (sigma massimo) e minimo smin (sigma minimo) e delle direzioni degli sforzi;
- rappresentazione grafica orientata degli sforzi principali;
- descrizione del metodo utilizzato per il calcolo di smax;
- eventuali risultati delle prove di resistenza a trazione (diretta o indiretta) di laboratorio;
- eventuali note ed osservazioni;
- copia del certificato di taratura del trasduttore di pressione di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 204 di 239

Riferimenti normativi:

- ASTM D4645-87 (1997). Standard Test Method for Determination of the In-Situ Stress in Rock Using the Hydraulic Fracturing Method.
- ISRM (1987). Suggested methods for rock stress determination.

3.8.4.5 Prova dilatometrica in roccia, da eseguire all'interno di fori di sondaggi geognostici, per la determinazione in sito delle caratteristiche di deformabilità di un ammasso roccioso.

La prova permette la determinazione delle caratteristiche di deformabilità della roccia in un foro di sondaggio mediante l'applicazione di un carico alle superfici laterali del foro e la misura degli spostamenti indotti.

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegare dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sonda dilatometrica di diametro compreso tra 75 e 100 mm e di lunghezza ≥ 1000 mm, in modo che la lunghezza efficace sia pari a $5 \div 15$ diametri; la sonda sarà costituita da un corpo cilindrico di acciaio rivestito da una guaina di gomma armata abbastanza flessibile da trasmettere almeno il 90% della pressione idraulica applicata;
- tubo di calibrazione di proprietà elastiche note, con un diametro interno uguale a quello del foro di prova e di lunghezza simile alla lunghezza attiva della sonda;
- comparatore centesimale per la misura del diametro esterno della sonda dilatometrica, con una precisione non inferiore a $\pm 0,01$ mm;
- sorgente di pressione ((bombola d'azoto o pompa idraulica) e cavi di collegamento in grado di riempire, gonfiare e sgonfiare la sonda e di applicare e mantenere i valori delle pressioni richiesti;
- sistema di regolazione della pressione in grado di mantenere costante la pressione applicata;
- sistema per la misurazione degli spostamenti, in grado di determinare il diametro del foro con una precisione di 1 μ m, costituito da almeno 3 trasduttori di spostamento (LVDT) con fondo scala non inferiore a 25 mm, posizionati su piani diversi nella parte centrale della sonda, disposti in posizione diametrale a 60° (o 45° nel caso di 4 trasduttori) l'uno dall'altro e connessi mediante cavi elettrici ad una unità di lettura superficiale;
- sistema per la misura della pressione, costituito da un trasduttore elettrico di pressione o da una coppia di manometri con fondo scala diverso (ad es. 1 MPa e 10 MPa), dotato di una precisione di lettura non inferiore a $\pm 2\%$ del range di pressione utilizzato per ogni prova;
- unità superficiale per la registrazione e l'elaborazione dei dati, collegata alla sonda dilatometrica, e dotata di display per la visualizzazione sia delle variazioni di diametro della membrana (uno per ciascun trasduttore) che della pressione di espansione della membrana.
- apposita attrezzatura per l'inserimento, l'abbassamento e il sollevamento della sonda all'interno del foro, in grado di misurare la sua posizione con una precisione di ± 5 cm; possono essere utilizzate aste di perforazione oppure apposite aste di manovra;

L'utilizzo di attrezzature con caratteristiche diverse da quelle sopra indicate deve essere preventivamente autorizzato dalle Ferrovie.

B. Modalità esecutive

Il tratto di foro interessato dalla prova dovrà essere realizzato con la massima cura per garantire la stabilità delle pareti che dovranno essere perfettamente regolari e prive di cavità. Il diametro del foro deve essere adeguato a quello dell'attrezzatura impiegata e, comunque, non potrà essere più largo di 6 mm del diametro della sonda dilatometrica a riposo (ad es. $\varnothing = 101$ mm per una sonda $\varnothing = 95$ mm).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 205 di 239

In genere prima di introdurre la sonda dilatometrica è consigliabile eseguire un'ispezione del foro con una telecamera in modo da individuare eventuali anomalie che possano danneggiare la membrana flessibile.

In caso di necessità di sostenere le pareti del foro è ammesso un rivestimento sino alla sezione superiore di prova oppure la cementazione del foro: in questo ultimo caso il carico idraulico della malta cementizia non dovrà mai essere superiore a 3 m, in modo da evitare l'iniezione della stessa nell'ammasso roccioso; il foro cementato dovrà essere quindi riperforato rispettando le tolleranze sopra specificate e in modo che il rivestimento di cemento abbia uno spessore inferiore a 1 mm.

L'attrezzatura completa dovrà essere controllata e calibrata prima di ogni serie di prove, almeno settimanalmente durante un programma di prove e comunque dopo ogni importante riparazione, come ad es. la sostituzione della membrana. Le operazioni di calibrazione dovranno essere eseguite con una lunghezza delle tubazioni pari a quella che sarà impiegata per le prove.

Con la sonda inserita nel tubo di calibrazione dovrà essere applicata la pressione massima di prova e dovrà essere effettuato un controllo riguardante il mantenimento e le perdite della pressione.

La pressione dovrà quindi essere rilasciata e di nuovo incrementata secondo il range da utilizzarsi nella prova reale, prevedendo almeno 5 intervalli di pressione (MPa) e leggendo le deformazioni (mm) corrispondenti (le letture di deformazione ai 3 trasduttori dovranno essere mediate).

Dovrà quindi essere plottata una curva pressione/dilatazione media e la sua pendenza M_m (MPa/mm) dovrà essere confrontata con l'espansione teorica del cilindro ottenuta dalla teoria elastica. I valori di deformazione conseguenti allo schiacciamento della membrana così determinati dovranno essere sottratti alle deformazioni misurate in fase di prova.

La sonda dovrà poi essere gonfiata in aria, senza confinamento, per determinare il fattore di correzione m per la rigidità della membrana (MPa/mm), ottenuta come la pendenza della curva pressione/dilatazione non confinata; i valori di pressione letti al manometro in fase di prova dovranno conseguentemente essere corretti per ricavare la pressione realmente applicata alle pareti del foro.

Il sistema di misura dello spostamento dovrà essere controllato indipendentemente con un micrometro: all'interno del range di misura, la precisione totale dell'attrezzatura dovrà essere costante.

Dopo aver controllato che il diametro del foro rispetti la tolleranza sopra specificata, si dovrà introdurre nel foro la sonda dilatometrica abbassandola fino a raggiungere la profondità stabilita per la prova: tale profondità dovrà essere misurata con una precisione di ± 5 cm e registrata.

La sonda dovrà quindi essere fatta espandere sotto una pressione appena sufficiente ad assicurarne il contatto permanente con la parete del foro senza che avvengano scorrimenti: tale pressione di alloggiamento dovrà essere la pressione minima durante la prova.

La prova dovrà essere condotta con almeno 3 cicli di carico/scarico con pressione massima progressivamente crescente fino ad un valore massimo che dovrà essere il più elevato possibile, compatibilmente con la pressione operativa di sicurezza dell'attrezzatura di prova. In ogni ciclo la pressione dovrà essere aumentata in non meno di 5 incrementi approssimativamente costanti fino a raggiungere il valore massimo.

Ogni incremento di pressione deve essere mantenuto costante durante la lettura della pressione (MPa) e della corrispondente dilatazione del foro (mm). La presenza dei 3 trasduttori di spostamento a 120° permetterà la determinazione dei valori del modulo di deformazione in funzione della direzione.

Raggiunto il valore massimo di pressione si dovrà operare lo scarico portando la pressione al valore minimo di prova, leggendo le coppie pressione/dilatazione agli stessi intervalli di pressione utilizzati nella fase di carico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 206 di 239

Al fine di evidenziare eventuali comportamenti viscosi della roccia, nell'ultimo ciclo di carico la pressione massima raggiunta dovrà essere mantenuta costante fino alla completa stabilizzazione delle deformazioni, con registrazione ad intervalli di tempo opportuni, comunque non superiori a 5 minuti.

Il modulo dilatometrico secante E_d (MPa) dovrà essere calcolato per ogni ciclo di prova, sia in fase di carico che di scarico, secondo la seguente espressione:

$$E_d = (1 + \nu_{ar}) \cdot D \cdot \frac{\Delta p_i}{\Delta D}$$

dove:

ν_{ar} = coefficiente di Poisson dell'ammasso roccioso

D = diametro del foro di prova

Δp_i = incremento di pressione nell'intervallo considerato

ΔD = deformazione diametrale media del foro nell'intervallo considerato

In particolare per ciascun ciclo dovranno essere determinati i seguenti moduli:

- modulo di primo carico, calcolato in fase di carico tra la massima pressione applicata nel ciclo precedente e la massima pressione del ciclo considerato;
- modulo di scarico, calcolato in fase di scarico tra la pressione massima e la pressione minima del ciclo considerato;
- modulo di ricarico, calcolato in fase di carico tra la pressione minima del ciclo in esame e la pressione massima del ciclo precedente;
- modulo di deformazione, calcolato in fase di carico tra la pressione minima di prova e la pressione massima del ciclo considerato.

I valori di deformabilità dovranno essere calcolati per ognuna delle tre direzioni di misura e come media, determinata sulla base della deformazione media del foro.

Documenti da consegnare.

Al termine della campagna di prove deve essere consegnata la seguente documentazione:

- Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti contenente tra l'altro:
 - informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
 - metodo, diametro di perforazione e tipo di fluido impiegato;
 - localizzazione dei tratti di foro rivestiti o cementati;
 - livello piezometrico della falda;
 - profondità della sezione di misura;
 - descrizione dell'ammasso roccioso nel tratto di prova, con particolare riguardo alle caratteristiche geomeccaniche delle discontinuità;
 - caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;
 - metodo utilizzato per la calibrazione e risultati;
 - tabelle con le letture registrate durante la prova, includendo i valori non corretti e quelli corretti;
 - diagrammi pressione - dilatazione (deformazione diametrale) per ogni trasduttore;
 - diagramma pressione - dilatazione media;
 - diagramma polare (nel piano perpendicolare al foro) dei valori di dilatazione, in funzione della posizione del trasduttore e della pressione applicata;
 - diagramma dilatazione-tempo a pressione costante relativo alla massima pressione applicata dei singoli trasduttori e della media dei trasduttori;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 207 di 239

- schema di calcolo e relazioni matematiche per il calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;
- tabelle riassuntive e grafici dei moduli elastici e di deformabilità calcolati;
- copia dei certificati di calibrazione del manometro o trasduttore di pressione e dei trasduttori di spostamento di data non anteriore di sei mesi la data della prova.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1987). Suggested methods for deformability determination using a flexible dilatometer;
- UNI ENV 1997-1 (2005) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI ENV 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI EN ISO 22476-5 (2013) Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 5: Prova con dilatometro flessibile.

3.8.4.6 Prova di permeabilità tipo Lefranc da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.

La prova di permeabilità misura la conducibilità idraulica del terreno e si esegue misurando le variazioni di livello dell'acqua nel terreno, immettendo o emungendo l'acqua in un tratto di foro predeterminato.

La prova può essere eseguita a carico costante o a carico variabile; in presenza di terreni a conducibilità idraulica non elevata si esegue a carico idraulico variabile mentre nel caso di elevata conducibilità si adotta lo schema a carico idraulico costante.

A. Attrezzatura

Per l'esecuzione delle suddette prove devono essere impiegate le seguenti attrezzature:

- una pompa di adeguata portata e prevalenza con tubazione di aspirazione provvista di dispositivo pescante dotato di filtro per trattenere materiali vegetali o comunque intasanti;
- un conta-litri con precisione e/o fondo scala da stabilire prima dell'inizio della prova;
- un tubo o serbatoio di immissione provvisto di una scala millimetrata, lunga almeno 1 m;
- un freatimetro millimetrato;
- un cronometro;
- una vasca di raccolta e decantazione dell'acqua;
- un tubo di lavaggio.

Qualora vengano eseguite prove in piezometri gli stessi, prima dell'esecuzione, devono essere debitamente controllati e spurgati fino alla loro completa funzionalità.

B. Operazioni preliminari

Le operazioni preliminari alla prova consistono in:

- perforazione con carotiere fino alla quota di prova senza l'impiego di fanghi, evitando di modificare le caratteristiche granulometriche e di compattezza del terreno;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia molto lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro nella sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 208 di 239

- nel caso di terreno fuori falda, immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti primi.

Se il rivestimento provvisorio non è necessario per la stabilità delle pareti del foro, esso dovrà comunque essere utilizzato per isolare il tratto di foro effettivamente interessato dalla prova.

Al di sopra della parte di foro scoperto il rivestimento deve essere sigillato al terreno per evitare che l'acqua possa scorrere nell'intercapedine rivestimento/terreno.

C. Modalità esecutive

L'esecuzione della prova avviene secondo le seguenti modalità:

C1. Carico idraulico variabile (in terreni a bassa permeabilità)

La prova mediante immissione d'acqua deve essere eseguita in un tratto al di sotto della falda. Sia durante la perforazione a varie profondità in avanzamento che alla fine della perforazione stessa.

La procedura per immissione d'acqua è la seguente:

- misura del livello di falda prima dell'inizio della prova;
- riempimento con acqua fino alla estremità superiore del rivestimento;
- misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 15", 30", 1', 2', 8', 15' dall'inizio dell'abbassamento fino all'esaurimento del medesimo o fino a quando l'altezza dell'acqua nel foro, al di sopra della falda, risulti superiore ad 1/5 della differenza iniziale del livello piezometrico.

Comunque l'intervallo delle letture dovrà variare in funzione della velocità di abbassamento dell'acqua nel foro.

La prova per pompaggio d'acqua si esegue all'interno di un foro rivestito quando è possibile abbassare il livello dell'acqua nel rivestimento mediante una pompa.

Il foro di sondaggio deve penetrare al di sotto del livello di falda per almeno 10 D (dove D = diametro del foro) e comunque, fino ad una profondità tale che la pompa durante la prova non rischi di deprimere il livello stesso in foro fino alla pompa medesima.

La procedura per pompaggio d'acqua è la seguente:

- misura del livello di falda prima dell'inizio della prova;
- emungimento dell'acqua fino ad una quota di poco superiore alla scarpa del rivestimento;
- letture dell'innalzamento dell'acqua nel foro a differenti intervalli.

L'intervallo delle letture dovrà variare in funzione della velocità di risalita dell'acqua nel foro.

Le letture verranno proseguite fino a che la differenza tra il livello dell'acqua nel foro e quello corrispondente alla falda sia inferiore a 1/5 della differenza ad inizio prova.

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) può essere determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{A}{F \cdot T}$$

dove:

A = area della sezione trasversale del foro al livello dell'acqua, cioè la sezione del rivestimento (m²)

F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)

T = tempo di riequilibrio (basic time-lag) (s)

Il calcolo del fattore di forma F viene eseguito con la soluzione analitica indicata da Hvorslev (1951), scelta in base alla geometria della prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 209 di 239

Per la determinazione di T si devono diagrammare i valori del rapporto h/h_0 , in scala logaritmica, con i corrispondenti valori di tempo t in scala decimale ($t = 0$ all'inizio della prova quando $h/h_0 = 1$, essendo h l'altezza misurata e h_0 l'altezza iniziale). Si traccia poi la retta che meglio collega i punti sperimentali diagrammati. In qualche caso, i punti sperimentali per valori di h/h_0 vicini ad 1 possono seguire una curva; ciò deve essere trascurato e la linea retta va tracciata attraverso i restanti punti. Si disegna quindi una retta parallela a quella precedente, ma che passa per l'origine degli assi ($h/h_0 = 1$; $t = 0$). Il valore del tempo t letto in corrispondenza del rapporto $h/h_0 = 0,37$ è il valore richiesto del tempo di riequilibrio T.

C2. Carico idraulico costante (in terreni ad alta permeabilità)

La prova seguirà la seguente procedura:

- immissione (o emungimento) di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata costante nel tempo;
- controllo della portata immessa (o emunta) a regime idraulico costante determinata con un conta-litri di sensibilità pari a 0,1 litri. La taratura del conta-litri deve essere verificata in sito riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri;
- mantenimento delle condizioni di immissione (o emungimento) a regime costante senza variazione alcuna per almeno 10 min.; la costanza dell'altezza e la misura della portata vengono controllate ogni 2' (per durata complessiva della prova pari a 10 minuti) oppure ogni 5' (per durata complessiva della prova pari a 30 minuti).

Il coefficiente di permeabilità K (m/s) viene determinato utilizzando la seguente formula:

$$K = \frac{Q}{F \cdot h}$$

dove:

Q = portata immessa o emunta (m^3/s)

F = fattore di forma che dipende dalla geometria della prova (m)

h = differenza di altezza del livello dell'acqua provocato dall'immissione o dall'emungimento (m)

Documenti da consegnare.

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- Indicazioni, da apporre sull'elaborato stratigrafico del sondaggio all'interno del quale è stata eseguita la prova, relative a:
 - modalità di prova (carico idraulico costante o variabile, per immissione o emungimento);
 - schema geometrico della prova (diametro e lunghezza del tratto di prova non rivestito, diametro interno e profondità del rivestimento, caratteristiche della cella filtrante);
 - livello di falda;
 - tempo di saturazione (se eseguita);
 - portata a regime (prove a carico costante);
 - letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi;
 - calcolo della permeabilità, specificando l'algoritmo ed i parametri adottati.
 - eventuali note e osservazioni.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI EN ISO 22282-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 1: Regole generali

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 210 di 239

- UNI EN ISO 22282-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 2: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito aperto
- UNI EN ISO 22282-3 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 3: Prove di pressione idraulica nelle rocce
- UNI EN ISO 22282-4 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 4: Prove di pompaggio
- UNI EN ISO 22282-5 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 5: Prove infiltrometriche
- UNI EN ISO 22282-6 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 6: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito chiuso

3.8.4.7 Prova di assorbimento d'acqua tipo Lugeon da eseguire nel corso della perforazione dei fori di sondaggio geognostico.

La prova si esegue iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni litoidi, o su murature, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni.

A. Attrezzatura

L'esecuzione della prova richiede l'attrezzatura elencata di seguito:

- otturatore singolo, per prove in avanzamento, ad espansione idraulica o meccanica;
- otturatore doppio, per prove in risalita, a membrana espandibile idraulicamente. Il tubo di collegamento dei due pistoncini espandibili avrà una superficie forata $A_f \geq 2 A_t$, essendo A_t la superficie della sezione cava del tubo;
- pompa centrifuga in grado di raggiungere pressioni di iniezione di 1 MPa, con portate relativamente elevate;
- conta-litri per la misura delle portate immesse, inserito nel circuito di mandata, con sensibilità di 0,1 litri;
- manometro per la misura della pressione di iniezione, con sensibilità di 0,05 Mpa e certificato di taratura non anteriore a 3 mesi;
- tubi di adduzione di tipo idraulico;
- eventuale circuito indipendente di misura delle pressioni collegato alla camera isolata per la prova, con manometro tarato.

Al fine di ottenere una buona tenuta degli otturatori è necessario che la pressione di gonfiaggio sia superiore di $0,2 \div 0,3$ Mpa a quella di iniezione dell'acqua.

B. Tarature

Il conta-litri dovrà essere tarato in sito, prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 litri.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in sito con il metodo di un tubo campione posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro.

Si calcolerà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come $P_c = P/l$ dove:

P_c = perdita di carico per metro lineare (MPa/m)

P = pressione al manometro (MPa)

l = lunghezza del tubo (m)

La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata Q .

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 211 di 239

C. Modalità esecutive

C1. Prova in avanzamento con otturatore singolo

L'otturatore sarà calato nel foro dopo avere misurato il livello della falda nel foro di sondaggio con sonda piezometrica

Il foro sarà privo di rivestimento; il fluido di perforazione sarà costituito da sola acqua priva di additivi.

Inoltre è indispensabile procedere prima di dare inizio alla prova, allo spurgo e pulizia del foro in corrispondenza di ogni tratto su cui si effettua la prova stessa.

L'otturatore sarà espanso fino ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza compresa tra meno di 1m e fino a 5 metri.

La lunghezza del tratto da provare può comunque variare in funzione della permeabilità della roccia; in generale la lunghezza del tratto di prova sarà $\geq 5D$ dove D è il diametro del foro.

Si procederà ad iniettare nel tratto di prova, eseguendo 3 (o più) diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi primi 2 gradini in discesa, misurando per ciascun gradino le portate assorbite che determinano la stabilizzazione dell'assorbimento raggiunto.

Ciascun gradino di portata sarà mantenuto per almeno 10÷20 minuti, in salita e in discesa, dopo il raggiungimento delle condizioni di regime.

La costanza della portata deve essere controllata ogni 2 minuti e le variazioni non devono essere superiori a 0,1 l/s . La scelta del valore dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove.

Nella tabella 3.8.4.7-1, vengono evidenziati alcuni riferimenti che dovranno essere di volta in volta verificati in funzione delle condizioni di prova (stato di fratturazione dell'ammasso, tensione litostatica, ecc...).

Durante la prova si provvederà a mantenere il foro di sondaggio pieno di acqua , per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore, resa evidente dalla assenza di variazioni di livello.

Nel caso di perdite la prova sarà interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Qualora lo stato della roccia fosse tale da non assicurare la tenuta dell'otturatore, le prove saranno eseguite in avanzamento previa cementazione e riperforazione del tratto di foro al disopra della prova, in modo da creare una superficie adatta ad impedire perdite idrauliche.

Tabella 3.8.4.7-1

Condizioni di prova	Gradini di pressione (MPa)
Rocce semilitoidi, litoidi o litiche a scarsa resistenza, a profondità < 5 m dal p.c.	0,05 - 0,15 - 0,25 - 0,15 - 0,05
Rocce a scarsa resistenza	0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,2 - 0,1
Rocce a media resistenza	0,1 - 0,3 - 0,5 - 0,3 - 0,1
Rocce ad alta resistenza	0,2 - 0,4 - 0,8 - 0,4 - 0,2

Particolare cura deve avere la collocazione del manometro. Esso infatti deve essere installato direttamente sui tubi che sostengono il pistoncino, in modo da evitare le immancabili perdite di carico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 212 di 239

L'Esecutore è tenuto a registrare su appositi moduli i seguenti dati:

- numero e diametro del foro dove si esegue la prova;
- profondità del fondo foro dal p.c.;
- profondità del pistoncino dal p.c.;
- diametro dei tubi di immissione d'acqua;
- profondità del livello della falda dal p.c.;
- altezza del manometro dal p.c.;
- eventuale cementazione eseguita.

Durante l'esecuzione della prova si devono registrare per ogni gradino di pressione:

- il tempo e gli assorbimenti per arrivare a regime;
- il tempo e gli assorbimenti con portata a regime con letture prese ogni 2 minuti.

I risultati della prova dovranno essere riportati in un grafico delle portate (esprese in litri/minuto) in funzione delle pressioni (MPa), per ciascun gradino in salita e in discesa.

La pressione (p) sarà quella corretta:

$$p = p_m + \gamma_w h - p_c$$

dove:

p_m = pressione letta al manometro

γ_w = densità dell'acqua

h = distanza verticale tra il manometro ed il livello statico della falda

p_c = perdita di carico nel circuito

C2. Prova in risalita con otturatore doppio

Se richiesto dalle Ferrovie, le prove potranno essere eseguite con otturatore doppio in risalita, con modalità identiche a quanto descritto al precedente paragrafo. Particolare cura dovrà essere posta nel garantire la tenuta dell'otturatore inferiore, il cui comportamento non può essere osservato durante la prova.

Per l'esecuzione di prove fino a 90 m di profondità dalla quota di boccaforo devono essere utilizzate le seguenti attrezzature:

- doppio otturatore completo di linee idrauliche di alimentazione dei packers stessi e delle sezioni di prova;
- pompe idrauliche con pressione massima pari a 7 MPa;
- misuratori di flusso;
- manometri e trasduttori di pressione;
- registratore analogico.

Si deve procedere quindi alla esecuzione della prova secondo le modalità e i contenuti sopra indicati.

Documenti da consegnare.

La documentazione relativa a ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali con individuazione del sondaggio all'interno del quale è stata eseguita la prova;
- schema della geometria del foro, delle modalità di prova e posizione della sezione di prova;
- livello statico della falda;
- descrizione della roccia nel tratto di prova;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata per la prova;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 213 di 239

- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- grafico portate/pressioni corrette in camera di prova;
- assorbimento per ciascun gradino espresso in Unità Lugeon UL (dove 1 UL = portata di 1 litro/min/m a 1 MPa);
- calcolo della permeabilità, specificando l'algoritmo ed i parametri adottati;
- copia del certificato di taratura del manometro o del trasduttore di pressione di data non anteriore di sei mesi alla data di prova

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI EN ISO 22282-1 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 1: Regole generali
- UNI EN ISO 22282-2 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 2: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito aperto
- UNI EN ISO 22282-3 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 3: Prove di pressione idraulica nelle rocce
- UNI EN ISO 22282-4 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 4: Prove di pompaggio
- UNI EN ISO 22282-5 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 5: Prove infiltrometriche
- UNI EN ISO 22282-6 (2012) Indagini e prove geotecniche - Prove idrauliche nel sottosuolo - Parte 6: Prove di permeabilità all'acqua eseguite in un foro di sondaggio a circuito chiuso

3.8.4.8 Misura di velocità di flusso idrico da eseguirsi con apposito micromulinello, nell'interno dei fori di sondaggio geognostico.

Le prove di micromulinello si eseguono in foro di sondaggio, attrezzato con tubo di rivestimento finestrato, utilizzando uno strumento che misura la velocità di circolazione verticale dell'acqua di falda.

A. Attrezzatura

Le attrezzature da impiegarsi sono le seguenti:

- micromulinello costituito da una elica rigida, associata ad un contatore di impulsi a cellula fotoelettrica; l'elica è protetta da una gabbietta ovoidale del diametro esterno di 42 mm oppure 70 mm;
- registratore di impulsi collegato a contasecondi in grado di visualizzare direttamente il numero di giri dell'elica in un intervallo di tempo predeterminato e compreso tra 20 sec e 200 sec;
- tubazioni finestate costituite da tubi di rivestimento del foro del diametro $\varnothing = 52/60$ mm oppure 80/90 mm; i vuoti devono costituire almeno il 10% della superficie fessurata, con aperture di $0,4 \div 1,0$ mm;
- tubazioni non finestate costituite da tubi ciechi di diametro pari a quelli finestrati, giuntabili ai medesimi;
- cavi elettrici di collegamento del sensore al registratore e bobina avvolgicavo con lettore della profondità del sensore.

B. Operazioni preliminari

La perforazione sarà eseguita con diametro maggiore o uguale a 100 mm, con fluidi costituiti da sola acqua pulita, evitando rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno circostante che possano alterare l'uniformità della sezione lungo la perforazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 214 di 239

Alla fine della perforazione si dovrà eseguire un buon lavaggio del foro con acqua pulita; la pressione e la quantità di acqua di spurgo dovrà essere regolata su valori minimi.

Il foro dovrà essere sostenuto con tubazioni di rivestimento provvisorio.

Per l'esecuzione delle misure deve essere realizzata una colonna filtrante costituita da:

- tubazione in PVC cieca nelle estremità superiore ed inferiore e finestrata nel tratto intermedio; il tratto finestrato deve essere ricoperto, per tutta la lunghezza, da rete di nylon a maglia di 0,5 mm fissata solidamente alla tubazione stessa;
- filtro di ghiaietto pulito ($\varnothing=2\div4$ mm) nell'intercapedine tra la tubazione forata e la parete del foro;
- idonei tappi impermeabili di isolamento.

La colonna filtrante deve essere realizzata secondo uno schema di massima da concordare con le Ferrovie con indicazione dell'altezza e della quota del tratto finestrato e di quelli ciechi; comunque la parte inferiore cieca deve avere una lunghezza di almeno 100 cm e deve essere chiusa al fondo con un tappo sigillato con mastice e rivetti. Anche i diversi spezzoni di tubo devono essere giuntati e sigillati con mastice e rivetti.

Il tubo piezometrico deve essere finestrato nel tratto di prova in modo da realizzare un rapporto vuoto/pieno pari al 10% della superficie, con apertura delle fessure pari a $0,4\div1,0$ mm.

Allo scopo di evitare franamenti nel foro la colonna di rivestimento provvisorio dovrà essere estratta progressivamente e contemporaneamente al riempimento del foro, che durante queste fasi dovrà essere sempre pieno d'acqua.

Al termine dell'installazione l'estremità superiore della colonna filtrante deve essere inserita in un pozzetto metallico di protezione, cementato nel terreno per $20\div30$ cm.

C. Taratura e controlli

Prima di procedere ad effettuare la prova, si determineranno i seguenti parametri del sensore:

V_0 = velocità iniziale di spunto; R = coefficiente di riduzione;
in cui:

V_0 : dipende dagli attriti di origine meccanica che si sviluppano nel perno dell'elica;

R : tiene invece conto della perturbazione della velocità naturale che si verifica per la presenza dell'elica.

Prima di calare il sensore nel foro si controllerà che l'elica ruoti liberamente e che il contatore di impulsi funzioni regolarmente.

Dovrà, inoltre, essere tarato il passo dell'elica (per la conversione da giri/sec a cm/sec) usando uno spezzone di tubo uguale a quello posto in opera.

D. Modalità esecutive

Le misure in sito con il micromulinello devono essere eseguite, di norma, ogni 50 cm per tutta l'altezza del tubo forato; tuttavia in particolari posizioni possono essere richieste anche letture ad intervalli inferiori.

Per ciascuna posizione di misura deve essere rilevato il numero di giri al secondo dell'elica, mediato su un intervallo di $10\div60$ secondi, nonché il senso della corrente, ascendente o discendente.

Le misure devono essere eseguite nelle due seguenti condizioni:

- a) in condizioni idrauliche naturali, per rilevare eventuali correnti naturali del terreno;
- b) durante l'immissione o l'estrazione d'acqua con cui si realizza un flusso d'acqua "transitorio" attraverso il terreno.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 215 di 239

Prima di iniziare le misure deve essere accuratamente misurato il livello statico e dinamico stabilizzato della falda.

In presenza di falda artesianica, per effettuare le misure in condizioni naturali, il tubo di prova deve essere prolungato al di sopra del p.c. fino ad ottenere un livello statico, mentre per effettuare le misure di tipo b) si deve ripristinare la situazione di artesianesimo e misurare la portata d'acqua che fuoriesce.

La prova con micromulinello si intende conclusa quando sono state eseguite le misure, in discesa ovvero in risalita, in condizioni di falda naturale ovvero di falda dinamica, per tutta l'altezza della colonna filtrante, nelle posizioni approvate dalle Ferrovie.

Documenti da consegnare.

La documentazione preliminare di una prova deve comprendere il grafico delle velocità misurate alle varie profondità nelle due condizioni di prova e le relative tabelle dei dati misurati oltre ai rilievi dei livelli di falda, delle portate immesse od emunte ed il grafico della taratura iniziale dello strumento.

La documentazione finale comprenderà:

a) Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti, contenente tra l'altro:

- schema geometrico del sondaggio attrezzato;
- livello della falda;
- quota assoluta del piano campagna;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- risultati della taratura;
- tabulati delle letture di ciascuna serie di prove;
- grafico V su profondità in condizioni naturali, per ciascuna serie di letture, essendo:

$$V = \frac{nd}{R} + V_o$$

dove:

- n = numero di giri dell'elica per unità di tempo.
- d = passo dell'elica
- R = velocità di spunto iniziale
- V_o = coefficiente di riduzione;

- grafico V' su profondità in condizioni di flusso forzato per immissione, per ciascuna serie di letture;
- grafico V' - V su profondità, utilizzando per ciascuna singola profondità i valori medi misurati.

3.8.4.9 Video ispezione in foro di sondaggio verticale o sub-verticale, comunque orientato sul piano orizzontale, con telecamera a colori ad alta definizione montata su aste di alluminio centimetrato o su cavo idoneo dotato di sistema di rilevamento profondità.

La video ispezione in foro di sondaggio consente la visione diretta delle condizioni stratigrafiche e geostrutturali di un ammasso roccioso perforato da un sondaggio verticale o sub-verticale, l'individuazione di eventuali cavità e discontinuità nonché il rilievo delle caratteristiche e delle condizioni di elementi strutturali in muratura, calcestruzzo ecc..

A. Attrezzatura

L'attrezzatura da impiegarsi potrà essere di due tipi in funzione della finalità dell'indagine :

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 216 di 239

A1. Sonda televisiva standard

La sonda televisiva standard sarà utilizzata quando è sufficiente avere una visione diretta dell'interno di un foro di sondaggio senza dovere eseguire misure stratimetriche o dimensionali al suo interno.

Lo strumento impiegato dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- telecamera a colori con sensore CCD/CMOS ad alta risoluzione, impermeabile, messa a fuoco regolabile e sorgente luminosa incorporata;
- obiettivo con visione frontale ed eventualmente laterale;
- sistema manuale/automatico per la determinazione dell'orientazione e della profondità della sonda;
- unità di controllo con monitor a colori;
- sistema di registrazione del video (hard-disk, DVD recorder, ecc.) connesso all'unità di controllo;
- cavi di collegamento, con avvolgicavo dotato di dispositivo per il controllo della profondità della telecamera;
- astine di spinta in fibra di vetro o materiale analogo.

A2. Sonda televisiva tipo BIPS

La sonda televisiva tipo BIPS (Borehole Image Processing System) dovrà essere utilizzata quando è necessario misurare e descrivere con una notevole accuratezza e precisione le caratteristiche geometriche e geomeccaniche delle discontinuità, la giacitura di elementi stratimetrici nonché il dimensionamento di cavità presenti in un foro di sondaggio.

Lo strumento impiegato dovrà presentare le seguenti caratteristiche minime:

- sonda munita di videocamera, con relativa illuminazione, specchio troncoconico di riflessione, unità magnetometrica per la determinazione dell'orientazione, unità servoaccelerometrica per la determinazione dell'inclinazione del foro e di dispositivi di centratura nel foro; in ogni caso la sonda utilizzata dovrà garantire una risoluzione non superiore a 0,5 mm;
- unità di elaborazione e registrazione delle immagini munita di monitor a colori, in grado di ottenere, attraverso la digitalizzazione di un'immagine orientata, una sviluppata a 360° della parete del foro;
- cavi di collegamento, con dispositivo di calata nei fori verticali, che permette di regolare la discesa della sonda e di misurarne la profondità;
- unità di analisi, in grado di elaborare su monitor le immagini a 360° registrate in sito e di acquisire le immagini da video mediante apposito software; in particolare questa unità deve consentire di selezionare le discontinuità in base alla tipologia (stratificazione, scistosità, vene di minerale, fratture, ecc.), alle caratteristiche morfologiche (planari, irregolari, non continue, lenticolari, ecc.), al grado di alterazione (fresche, ossidate, argillificate, ecc.) e di misurarne la giacitura e l'apertura. L'unità dovrà anche consentire l'elaborazione statistica dei dati.

B. Modalità esecutive

Il foro di sondaggio dovrà essere verticale o sub-verticale, del tutto privo di rivestimento, asciutto o contenente acqua limpida, decantata per almeno 3 ÷ 4 ore prima dell'ispezione. Il diametro del foro deve permettere l'inserimento della telecamera ed il suo scorrimento all'interno senza ostacoli o rallentamenti nell'avanzamento.

La telecamera dovrà essere calata lentamente nel foro, fermandosi in corrispondenza dei particolari litologici o strutturali d'interesse, regolando opportunamente il monitor, e l'illuminazione, onde ottenere la migliore qualità possibile delle immagini.

Nel caso di rilievo eseguito con sonda BIPS si dovrà adottare una velocità uniforme non superiore a 0,75÷1,5 m/min e comunque tale da garantire una risoluzione finale non superiore a 0,5 mm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 217 di 239

Le annotazioni relative ai dati generali dell'ispezione e agli aspetti particolari di quanto osservabile saranno eseguite mediante sovrapposizione su video, con l'uso della tastiera per la videoscrittura o mediante registrazione audio.

Tutte le immagini su monitor, incluse le annotazioni aggiunte, dovranno essere registrate su idoneo supporto digitale (hard-disk, CD-DVD, ecc.) in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.) da definire preventivamente con le Ferrovie.

Documenti da consegnare.

Al completamento dell'indagine dovrà essere presentata la seguente documentazione:

- a) relazione descrittiva contenente le informazioni generali (cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore), le caratteristiche tecniche della sonda televisiva (dimensioni, tipo e caratteristiche obiettivi), le informazioni necessarie per la completa comprensione del rilievo televisivo e per le successive elaborazioni;
- b) planimetria e sezione con l'indicazione della posizione dei rilievi televisivi eseguiti;
- c) video in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.), su idoneo supporto digitale (hard-disk, pen-drive, CD-DVD, ecc.).

Nel caso di rilievo eseguito con sonda tipo BIPS, oltre alla documentazione di cui sopra, dovrà essere consegnata, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, la seguente documentazione:

- a) la schematizzazione grafica orientata del reticolo dei piani di divisibilità rilevati durante l'ispezione, con l'indicazione di tutte le misure;
- b) documentazione fotografica a colori di tutto il tratto di foro rilevato, sviluppata a 360° con indicazione dell'orientazione e, per i tratti di foro dei quali è richiesta, anche l'interpretazione geostutturale di dettaglio;
- c) tabella riassuntiva con indicazioni relative alla giacitura, alla tipologia, all'apertura, alla forma della traccia e al grado di alterazione di tutte le discontinuità rilevate;
- d) sezioni N-S lungo l'asse del sondaggio con riportate le tracce delle discontinuità rilevate;
- e) diagramma della densità di fratturazione, espressa come numero di fratture per metro di foro rilevato;
- f) diagramma equiareale di Schmidt con i poli dei piani di discontinuità rilevati per ciascuna zona omogenea in cui risulta divisibile il tratto di foro in esame;
- g) diagramma equiareale di Schmidt con le aree di isodensità per ciascuna zona omogenea in cui risulta divisibile il tratto di foro in esame;
- h) riproduzioni cartacee e video in 2D e 3D;
- i) tabella con i dati giaciturali, tipologici e di apertura medi delle famiglie di discontinuità individuate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 218 di 239

3.9 PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

3.9.1 IDENTIFICAZIONE E DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLE TERRE

3.9.1.1 Apertura campione di terra, indisturbato o a limitato disturbo, compreso l'esame qualitativo preliminare, la descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.

Tutte le informazioni inerenti il campione devono essere annotate su appositi moduli in modo che sia sempre identificabile il sondaggio, la profondità di prelievo, la data.

All'atto dell'apertura dovrà essere eseguito l'esame qualitativo preliminare del campione, la sua descrizione litologica e la determinazione della consistenza con penetrometro e scissometro tascabili.

Una volta estruso il campione dalla fustella con la tecnica più adatta in modo da minimizzare il disturbo, si deve creare una zona piana mediante apposito utensile (coltello o filo d'acciaio) per le prove con penetrometro e vane test tascabili.

Dovranno essere descritte eventuali anomalie presenti (rammollimenti, essiccamenti, inclusi organici, fossili, fanghi di perforazione, rimescolamenti). Le parti omogenee vanno descritte ed evidenziate con schizzi o foto con riferimento alle raccomandazioni AGI. Dall'esame dovranno risultare quindi le dimensioni dei granuli, il grado di arrotondamento, l'assortimento, la forma, il colore (attraverso l'ausilio delle Tavole Munsell), l'odore, la reazione all'acido cloridrico, livelli, lenti, laminazioni, vene di ossidazione.

Riferimenti normativi:

- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1997). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- UNI-EN-ISO 14688-1 (2018). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione;
- UNI-EN-ISO 14688-2 (2018). Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione;
- ASTM D2487-00. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System);
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure).
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes;
- ASTM D653-02. Standard terminology relating to soil, rock, and contained fluids,
- ASTM D3282-93 (1997). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.

3.9.1.2 Determinazione del contenuto naturale in acqua, media di tre misure.

Riferimenti normativi:

- ASTM D2216- (1998). Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass;
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests;
- UNI EN ISO 1097-5 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 219 di 239

- UNI CEN ISO/TS 17892-1 (2015). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua

3.9.1.3 Determinazione della massa volumica apparente (peso volume) mediante fustella tarata o pesata idrostatica su campione paraffinato.

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests;
- UNI EN ISO 1097-5 (2008). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato
- UNI CEN ISO/TS 17892-2 (2015). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 2: Determinazione della massa volumica dei terreni a grana fine

3.9.1.4 Determinazione della massa volumica reale dei granuli con picnometro.

Riferimenti normativi:

- ASTM D854-00. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests.
- UNI EN ISO 1097-6 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati. Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua.
- UNI CEN ISO/TS 17892-3 (2016). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 3: Determinazione della massa volumica dei granuli solidi - Metodo del Picnometro

3.9.1.5 Determinazione dei limiti di Atterberg.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4318-00. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Clause 4 "Determination of the liquid limit".
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Clause 5 "Determination of the plastic limit and plasticity index".
- UNI CEN ISO/TS 17892-12 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti di Atterberg.

3.9.1.6 Determinazione del limite di ritiro.

Riferimenti normativi:

- ASTM D427-98. Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method.
- ASTM D4943-02. Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Wax Method.

3.9.1.7 Analisi granulometrica meccanica eseguita mediante setacci.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 (2017). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 220 di 239

- UNI EN 933-1 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica. Analisi granulometrica per stacciatura.
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- ASTM D421-85 (1998). Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants.
- ASTM D2217-85 (1998). Standard Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soils Constants.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. 9.2 "Wet sieving method"
- UNI EN 933-2 (1997). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica – Setacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture.

3.9.1.8 Analisi granulometrica per sedimentazione secondo il metodo del densimetro o della pipetta

Analisi granulometrica per sedimentazione secondo il metodo del densimetro o della pipetta, esclusa la determinazione della massa volumica reale dei granuli.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D422-63 (1998). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests. Subclause 9.5 "Sedimentation by the hydrometer method"
- UNI CEN ISO/TS 17892-4 (2017). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica.

3.9.1.9 Prova di permeabilità mediante permeametro a carico costante o variabile

Riferimenti normativi:

- ASTM D2434-68 (2000). Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head).
- ASTM D5084-00e1. Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter
- UNI CEN ISO/TS 17892-11 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 11: Determinazione della permeabilità con prove a carico costante o a carico variabile

3.9.1.10 Determinazione ponderale dei solfati e cloruri

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 5 "Determination of the sulphate content of soil and ground water"
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Subclause 7.2/subclause 7.3.

3.9.1.11 Determinazione del contenuto in carbonati.

Riferimenti normativi:

- ASTM D4373-02. Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 221 di 239

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 6 “Determination of the carbonate content”

3.9.1.12 Determinazione del contenuto in sostanze organiche

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 4 “Determination of the mass loss on ignition or an equivalent method”
- ASTM D2974-00. Standard Test Methods for Moisture, Ash, and organic Matter of Peat and Other Organic Soils.

3.9.1.13 Determinazione del pH con il metodo colorimetrico o con pH-metro

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 9 “Determination of the pH value”
- ASTM D4972-01. Standard Test Method for pH of Soils.

3.9.1.14 Determinazione dell'umidità di campo (Field Moisture Equivalent of Soils)

Riferimenti normativi:

- AASHTO, Designation T 93-68. Determinazione della umidità di campo

3.9.2 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE, CHIMICHE E PETROGRAFICHE DI ROCCE E AGGREGATI

3.9.2.1 Determinazione del contenuto naturale d'acqua, media di tre misure

Riferimenti normativi:

- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 1 – Suggested method for determination of the water content of a rock sample.
- UNI EN 1097-5 (2008). Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato. Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato

3.9.2.2 Determinazione della massa volumica apparente su provini squadrati o informi

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1097-6 (2013). Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua
- UNI 1936 (2007) Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 2 – Suggested method for porosity/density determination using saturation and caliper techniques.
- BS 812-1995. Testing aggregates. Methods for determination of density

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 222 di 239

3.9.2.3 Determinazione della massa volumica apparente di aggregati (massa in mucchio)

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1097-3 (1999). Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari.
- UNI 1936 (2007) Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta
- CNR-BU n.76-1980. Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con Tavola a scosse.

3.9.2.4 Determinazione della massa volumica reale

Riferimenti normativi:

- R.D. N.2232 DEL 16/11/1939. Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- CNR-BU n.64-1978. Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 2: Classification tests.
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 1 – Test 4 – Suggested method for porosity/density determination using mercury displacement and grain specific gravity techniques.
- UNI 1936 (2007) Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta
- CNR-BU n.76-1980. Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con Tavola a scosse.

3.9.2.5 Analisi granulometrica per vagliatura mediante setacci serie UNI, ASTM o BS

Riferimenti normativi:

- BS 812-1985. Testing aggregates. Method for determination of particle size distribution. Sieve tests.
- UNI EN 933-1 (2012). Analisi granulometrica per stacciatura.
- ASTM D2217-85 (1998) Standard practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle Analysis and Determination of Soil Constants (Withdrawn 2007)

3.9.2.6 Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento

Riferimenti normativi:

- UNI EN 933-3 (2012). Determinazione della forma dei granuli. Coefficiente di appiattimento.
- UNI EN 933-4 (2008). Determinazione della forma dei granuli. Indice di forma.

3.9.2.7 Determinazione dell'assorbimento d'acqua

Riferimenti normativi:

- R.D. N.2232 DEL 16/11/1939. Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- UNI EN 1097-6 (2013). Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua

3.9.2.8 Determinazione dell'equivalente in sabbia mediante tre prove

Riferimenti normativi:

- UNI EN 933-8 (2015). Valutazione dei fini. Prova dell'equivalente in sabbia.
- ASTM D2419-95. Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 223 di 239

3.9.2.9 Determinazione del contenuto di impurezze organiche

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI EN 1744-1 (2013) Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica

3.9.2.10 Determinazione del contenuto di solfati solubili di un aggregato

Riferimenti normativi:

- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of sulphate content.
- UNI EN 1744-1 (2013). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica

3.9.2.11 Determinazione del contenuto di cloruri solubili di un aggregato

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1744-1 (2013). Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica
- BS 812-1988. Testing aggregates. Methods for determination of water-soluble chloride salts.

3.9.2.12 Determinazione del tenore in silice

La determinazione del tenore in silice dovrà essere effettuata su campioni di roccia preventivamente frantumati e polverizzati. Il metodo prevede la disgregazione mediante fusione alcalina e solubilizzazione acida delle perle di fusione.

Il contenuto in silice deve essere poi determinato per via gravimetrica.

Documenti da consegnare

- a) identificazione completa del campione sottoposto a prova;
- b) quantità di materiale analizzato;
- c) tenore in silice espresso in percentuale con indicazione della prima cifra decimale;
- d) documentazione delle misure eseguite;
- e) copia del certificato di taratura degli strumenti di misura e di controllo impiegati di data non anteriore di sei mesi alla data di prova.

3.9.2.13 Determinazione del tenore in carbonati totali

Riferimenti normativi:

- ASTM D4373-02. Standard Test Method for Calcium Carbonate Content of Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 3: Chemical and electrochemical tests. Clause 6 "Determination of the carbonate content".

3.9.2.14 Determinazione del modulo di finezza, esclusa la setacciatura

Riferimenti normativi:

- UNI EN 933-1 (2012). Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 224 di 239

- UNI EN 933-9 (2013) Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova blu di metilene

3.9.2.15 Determinazione della resistenza alla degradazione mediante solfati

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1367-2 (2010). Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 2: Prova al solfato di magnesio

3.9.2.16 Determinazione macroscopica dei caratteri litologici di una roccia

Riferimenti normativi:

- CNR-BU n.104-1984. Identificazione delle rocce più comuni impiegate come aggregati stradali.
- ASTM C119-01. Standard Terminology Relating to Dimension Stone.
- UNI EN 932-3 (2004). Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata
- ASTM D653-02. Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

3.9.2.17 Analisi petrografica mediante determinazione microscopica su sezione sottile dei componenti mineralogici di campioni di roccia, compresa la preparazione di una sezione sottile

Scopo dell'analisi è il riconoscimento dei minerali costituenti la roccia di provenienza e quindi la definizione precisa del litotipo. E' inoltre possibile ottenere utili informazioni sull'evoluzione strutturale del litotipo stesso attraverso l'esame dei rapporti reciproci tra i diversi minerali costituenti.

A. Preparazione

La sezione sottile di roccia andrà preparata per smerigliature successive a partire da una fetta di roccia tagliata con sega circolare (con getto d'acqua) dal campione relativo, fino ad ottenere una sezione sottile di spessore compreso tra 20 e 35 micron e superficie 2-6 cm² fissata a due vetrini (portaoggetti di spessore 1 mm e copriorgetti di spessore 0,1 mm) mediante balsamo del Canada (indice di rifrazione n=1,542).

B. Esame

In generale la descrizione del campione deve comprendere gli aspetti mineralogici, tessiturali e micro-strutturali della roccia seguendo come base la metodologia ISRM (Suggested method for petrographic description of rocks), tramite esame eseguito al microscopio polarizzatore; in particolare dovranno essere descritte tutte le strutture individuabili a scala microscopica (forma e contorno dei minerali, microfratture, sfaldature, micropieghe, inclusioni, ecc., costituenti il cosiddetto "fabric" della roccia di provenienza), i rapporti di accrescimento reciproco tra i singoli minerali e ogni altra informazione che possa contribuire alla ricostruzione degli eventi subiti dal litotipo costituente l'ammasso roccioso di provenienza.

Dei singoli minerali componenti dovranno essere indicati percentuali e caratteristiche ottiche così come individuate dall'analisi microscopica (indici di rifrazione, birifrangenza, tipo e angolo di estinzione, segno ottico, angolo 2V), in modo da definire nel dettaglio i componenti mineralogici e la classifica del litotipo secondo la nomenclatura vigente.

Documenti da consegnare.

Relazione di commento contenente i minerali individuati, le loro caratteristiche e il litotipo di appartenenza, corredata da fotografie a colori eseguite al microscopio polarizzatore su punti significativi della sezione sottile.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 225 di 239

Riferimenti normativi:

- ISRM 1977 “ Suggested Methods for Petrographic Description of Rock”

3.9.2.18 Analisi diffrattometrica su campione di roccia per la identificazione e la determinazione percentuale dei minerali presenti

Scopo dell'analisi è il riconoscimento di quei minerali non facilmente individuabili attraverso l'esame in sezione sottile al microscopio polarizzatore.

L'analisi verrà eseguita per i minerali fillosilicatici su polveri a granulometria inferiore ai 2 micron.

A. Preparazione

Dopo aver finemente macinato in un mortaio il materiale, una frazione di questo andrà disperso in una soluzione di acqua distillata con alcune gocce di ammoniaca; dopo agitazione per circa 3 ore e sedimentazione successiva per circa 12 ore, si preleverà la porzione superficiale che verrà centrifugata e lasciata asciugare prima di essere deposta su un vetrino per l'analisi ai raggi x.

B. Esame

Le polveri ottenute secondo la procedura sopra descritta verranno frazionate ed analizzate con tre trattamenti differenti: frazione ottenuta per sola sedimentazione, frazione sedimentata e trattata con glicol etilico, frazione sedimentata e riscaldata a 650 °C per 2 ore.

L'analisi consiste nel colpire le polveri da esaminare con un fascio di raggi x monocromatici determinando la dispersione angolare e l'intensità di diffrazione prodotte dalle polveri stesse.

Sul diffrattogramma così ottenuto si leggerà la posizione delle righe di dispersione rispetto al raggio diretto, che è caratteristica di ogni minerale.

Documenti da consegnare.

- Diffrattogrammi originali;
- Relazione di commento alla preparazione delle polveri, ai risultati ottenuti ed alla individuazione dei minerali presenti.

3.9.2.19 Analisi al microscopio elettronico a scansione (SEM) e spettrometria per dispersione di energia (EDS)

L'analisi al microscopio elettronico a scansione, consente di integrare i risultati ottenibili con l'analisi petrografica al microscopio ottico in luce polarizzata, in particolare nei casi in cui la roccia sia a grana fine o eterogenea o presenti strutture particolari (ad es. rocce metamorfiche), e può essere effettuata, a seconda delle finalità, solo con il SEM oppure anche con l'EDS:

- nel primo caso si otterranno informazioni relative alla struttura e alla tessitura della roccia, nonché alla presenza di minerali con forme e dimensioni particolari (ad es. minerali aciculari o fibrosi);
- nel secondo caso (analisi con EDS), si otterranno anche informazioni sulla natura dei componenti chimici della roccia e conseguentemente, sulla composizione mineralogica.

Una analisi petrografica completa prevede quindi l'esecuzione, in successione, delle seguenti determinazioni:

- valutazione macroscopica del campione, che consente di riconoscere la categoria di roccia, la sua struttura e tessitura, nonché il riconoscimento dei minerali o delle categorie di minerali visibili macroscopicamente; tale analisi consente inoltre di tarare in modo puntuale le eventuali fasi analitiche;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 226 di 239

- analisi al microscopio stereoscopico ottico con luce polarizzata trasmessa, su sezione sottile; tale analisi (condotta di norma con oculari di 10x-20x-30x) consente generalmente di individuare la composizione mineralogica (anche quantitativa), relativamente a ciascun vetrino analizzato (sovente per classificare correttamente una roccia occorrono diversi vetrini);
- nei casi in cui le analisi macroscopica e microscopica precedentemente citate non siano risolutive (ad es. per rocce a grana fine o molto fine, e/o con strutture e tessiture particolari, e/o chimicamente eterogenee), oppure ci sia la necessità di una maggiore precisione nel quantificare le percentuali relative a ciascun componente mineralogico (in genere fino a > 1%), si dovrà ricorrere ad analisi più sofisticate come l'analisi diffrattometrica delle polveri, utile per rocce in cui la composizione mineralogica non sia particolarmente eterogenea, l'analisi con microscopia elettronica (SEM) e la spettrometria per dispersione di energia (EDS).

Strumentazione:

Microscopio elettronico a scansione (SEM) con sonda ad emissione di elettroni, con energia da 0,2 a 30 kV e focalizzazione sulla superficie del campione, equipaggiato sistema di analisi EDSX e sistema fotografico digitale automatico.

1) Componenti principali del SEM:

- la fonte del fascio di elettroni (filamento al tungsteno);
- la colonna (sonda) dove viaggiano gli elettroni emessi, che contiene le lenti per la focalizzazione del fascio elettronico sulla superficie del campione;
- una camera contenente i campioni da analizzare, lucidati e con superficie appositamente metallizzata (trattata con grafite, oro, ecc.);
- un detector rilevatore degli elettroni emessi dal campione, sia secondari (SE) che elettrodiffusi (BSE):
 - ♦ i primi sono di energia compresa fra 0 e 50 eV, sono emessi dallo spessore superficiale del campione (circa 10 nm) ed utilizzati per lo studio della morfologia superficiale;
 - ♦ i secondi sono di energia compresa fra 50 eV e 30 kV, consentono studi su composizione chimica e morfologia della parte più superficiale del campione fino alla profondità di qualche nm.

Ulteriori caratteristiche della strumentazione:

- assi motorizzati di precisione per il giusto posizionamento del campione (L-H-Z-T0-90°-R0-360°);
- potere risolutivo 3,5 nm con 30 kV;
- filamento di emissione elettroni al tungsteno;
- tensione di accelerazione della sonda da 0,2 a 30 kV;
- capacità di ingrandimento da 15x a 300.000x;
- memorizzazione di immagini ad alta risoluzione (>3000 x 2000 pixel);
- software di processamento delle immagini ad alta risoluzione, integrazione e mediazione del segnale acquisito;

2) Il sistema microanalitico a dispersione di energia (EDS) comprende:

- detector Si(Li);
- finestra polimerica;
- Collimatore;
- Angolo di take-off di 35°;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 227 di 239

- l'hardware dell'EDS deve essere in grado di fornire un prodotto stabile per una accurata determinazione della composizione degli elementi per tutti i tipi di campioni e a tutte le condizioni di lavoro;
- il software utilizzato per l'interpretazione dei risultati deve consentire l'archiviazione dei dati e la loro esportazione (ad es. su file .xls).

Caratteristiche del campione da analizzare

Il campione da analizzare deve avere una superficie compresa tra 10^{-4} e 10 cm²:

- per superfici comprese tra 10^{-4} e 10^{-3} cm², sarà possibile analizzare un solo punto del campione, per cui l'analisi risulterà necessariamente incompleta sia per la definizione della struttura e della tessitura roccia, che per stabilirne la composizione chimico-mineralogica;
- per superfici di circa 10 cm² (quindi di un vetrino completo), sarà possibile analizzare più punti di scansione ed indirizzare gli stessi nelle aree maggiormente interessanti.

1) Preparazione del campione:

- preparazione di una sezione sottile dal campione di roccia mediante:
 - ♦ taglio con sega diamantata di una fetta di roccia;
 - ♦ riduzione dello spessore della fetta di roccia fino a circa 2-4 mm;
 - ♦ incollaggio a caldo, con "balsamo del Canada", della fetta di roccia ad un vetrino per sezioni sottili;
 - ♦ riduzione dello spessore di roccia fino a 25-30 micron;
- lucidatura della superficie;
- grafitizzazione o metallizzazione.

Modalità esecutiva dell'analisi e funzionamento dello strumento (Esame del campione):

L'analisi, correttamente eseguita, consente di ottenere informazioni strutturali, composizionali e chimiche sul campione esaminato.

Esistono diverse tecniche analitiche che sfruttano la moltitudine di segnali che si possono generare con il campione. I raggi X caratteristici degli elementi che compongono il campione, possono essere registrati e discriminati sulla base della lunghezza d'onda (WDS) o dell'energia (EDS). L'intensità di queste radiazioni caratteristiche è proporzionale alla concentrazione dell'elemento nel campione, quindi la microanalisi ai Raggi X fornisce informazioni specifiche circa la composizione degli elementi del campione, in termini di quantità e distribuzione.

La microanalisi al SEM, viene realizzata misurando l'intensità e la distribuzione dei Raggi X generati dal fascio elettronico sul campione, utilizzando un rivelatore (detector) a dispersione di energia (RDS). L'analisi può essere effettuata su un'area (raster) o su un punto (spot), sulla superficie del campione, fermando la scansione del fascio elettronico. Il detector viene posizionato secondo un angolo specifico, "take-off", che corrisponde ai valori in gradi tra il piano orizzontale (coincidente con il piano perpendicolare al fascio elettronico) e la linea che unisce il detector e il punto di incidenza del fascio medesimo. All'estremità del Detector (all'interno della camera) si trova il collimatore, ovvero un'apertura attraverso la quale una piccola quantità di Raggi X può passare per raggiungere il Detector; ciò consente di rilevare solo i Raggi X provenienti dall'area eccitata dal fascio di Raggi X inviati, escludendo quelli provenienti da altre parti della camera del microscopio. Gli elettroni catturati andranno verso un dispositivo denominato "electron trap", costituito essenzialmente da due piccoli magneti permanenti che generano un forte campo magnetico in grado di deviare la parte di elettroni incidenti ai lati del dispositivo, ostacolandone così l'ingresso nel cristallo. Questo è richiesto nei detector con finestra polimerica sottile, mentre quella più spessa, al Berillio, assorbe

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 228 di 239

tutti gli elettroni con energia al disotto dei 20 keV. La finestra è una barriera che permette di mantenere il vuoto all'interno del detector ed è trasparente ai Raggi X a bassa energia. La finestra al Be, più robusta, assorbe i Raggi X a bassa energia (quindi possono essere rilevate solo le sostanze a partire dal Sodio), mentre la finestra polimerica (ben più sottile) è trasparente alla maggior parte dei Raggi X a bassa energia (molte permettono di rilevare i Raggi X sotto i 100 eV). Il cristallo collocato subito dopo la finestra è un semiconduttore che consente di convertire i Raggi X in cariche elettriche (quindi in energia) in proporzione. Il cristallo semiconduttore può essere al Si (Li) o al Ge, il primo dei due è il più usato ed anche il primo ad essere stato utilizzato per l'EDS. Infine dietro il cristallo è posizionato il FET (Field Effect Transistor), il primo stadio del processo di amplificazione del segnale per la misura della carica elettrica liberata nel cristallo dai Raggi X incidenti e convertiti in tensione elettrica in uscita.

Tutti i componenti del Detector sono continuamente raffreddati con azoto liquido per minimizzare il rumore elettronico; il raffreddamento viene attivato tramite un apposito sensore, che emette un segnale acustico per l'operatore.

Modalità esecutiva dell'analisi al SEM-EDS

1) Analisi qualitative:

Lo scopo delle analisi qualitative è quello di individuare gli elementi presenti nel campione sconosciuto. A tal fine gli spettrometri EDS sono molto utili e pratici e consentono di acquisire velocemente lo spettro di emissione completo ed identificare in brevissimo tempo i diversi elementi che compongono il campione e le relative proporzioni.

2) Analisi quantitative:

Dopo l'effettuazione di una accurata calibrazione, sulla base anche dell'individuazione di una composizione presunta chimico-mineralogica, da ottenersi con una preventiva analisi macroscopica al microscopio ottico, si procede con l'esecuzione dell'analisi vera e propria, sulla base della correlazione tra l'intensità delle radiazioni caratteristiche emesse dal materiale in esame e la loro concentrazione. A tal fine vengono confrontate le intensità dei Raggi X, emessi dal campione, con quelle emesse dagli standard di riferimento, per i quali sono note le concentrazioni.

Con la formula: $C_{app\_camp} = C_{x-std} (I_{x-camp} / I_{x-std})$

dove: C_{app_camp} = concentrazione apparente di ogni elemento misurato

C_{x-std} = concentrazione dell'elemento "x" nello standard

I_{x-camp} = intensità dell'elemento "x" nel campione

I_{x-std} = intensità dell'elemento "x" nello standard.

Le misure dello standard del campione devono essere eseguite nelle stesse condizioni strumentali e il valore di C_{app_camp} deve essere corretto per l'effetto della composizione della matrice all'interno della quale l'elemento "x" si trova. La correzione deve tener conto di:

- la massa penetrata dai diversi elementi non è costante (correzione "stopping power");
- parte degli elettroni incidenti sfuggono dalla superficie del campione dopo deflessione e quindi non sono rilevati (correzione di "bsckscattering");
- i Raggi X vengono attenuati dopo aver attraversato per una certa profondità il campione (correzione per "assorbimento");
- i Raggi X vengono aumentati per effetto della fluorescenza di altri Raggi X generati nel campione (correzione di "fluorescenza").

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 229 di 239

3) Mappatura degli elementi:

Il microscopio elettronico con EDS fornisce un'immagine digitale delle intensità (riportata come luminosità) dei Raggi X caratteristici e fornisce, pertanto, una mappa semi-quantitativa della distribuzione dell'elemento sulla superficie del campione, essendo l'intensità dei Raggi X proporzionale alla concentrazione dell'elemento nel campione stesso.

Più mappe relative a diversi elementi possono essere opportunamente combinate per ricercare le diverse fasi che costituiscono il campione sconosciuto (diverse fasi minerali che compongono una roccia).

4) Analisi dei risultati e variazione rispetto ai dati standard:

Con valutazioni statistiche (deviazione standard e valore medio) è possibile fornire una valutazione sulla precisione delle analisi effettuate sugli elementi del campione (valori misurati), rispetto ai corrispondenti valori noti e certificati. Pertanto nella relazione finale delle analisi dovranno anche essere le tabelle contenenti le concentrazioni (in percentuale) delle fasi chimico-mineralogiche, le relative deviazioni standard e gli errori relativi (in percentuale).

Documentazione e materiale da consegnare:

- sezioni sottili esaminate;
- foto a colori su carta fotografica lucida, di dimensioni minime 13x18 cm, e relativi file (inseriti nel CD contenente anche il file della Relazione e quelli dei Certificati di analisi). Le foto da produrre sono quelle relative al/ai campionario/i con campioni ed eventuale sigillo, del campione integro (con sigla), degli elementi di campione dopo riduzione (con sigla), delle sezioni sottili (con sigla), del microscopio elettronico (SEM) e di ciascun punto/area analizzata nelle sezioni sottili (sulla foto va riportata la data, una scala indicativa delle lunghezze e l'indicazione dei principali minerali e strutture riconosciuti);
- Relazione illustrativa delle risultanze delle analisi effettuata, nella quale dovranno essere riportati:
 - a) i certificati di analisi di ciascun campione, con luogo e data dell'analisi, e nominativo, firma e timbro del responsabile del laboratorio e dell'analisi, oltre naturalmente alle risultanze complessive delle analisi;
 - b) il Committente delle analisi;
 - c) lo scopo/finalità delle analisi effettuate;
 - d) la normativa al riferimento (compresa quella ferroviaria: Capitolato, Tariffa, ecc.) per tutte le attività effettuate (campionamento, modalità di analisi, ecc.);
 - e) modalità di preparazione dei provini analizzati;
 - f) attrezzatura impiegata (marca o produttore, modello, principali caratteristiche tecnico-funzionali);
 - g) modalità di analisi;
 - h) numero punti del provino scansionati (descrizione di ciascun punto) e numero di provini esaminati per ogni campione originario;
 - i) la composizione mineralogica del/i campione/i, sia a livello qualitativo (con indicazione per quanto possibile delle specie mineralogiche e non solo del gruppo o serie di appartenenza) che quantitativo (per quest'ultima fino ai componenti presenti nel campione/i in misura $\geq$ all'1%), e relativa classificazione della roccia (nel caso lo scopo dell'analisi sia quello di valutare l'appartenenza o meno del campione alle "Pietre verdi" di cui al D.M. n. 178 del 14/5/1996, la classificazione dovrà riferirsi alla nomenclatura indicata nel D.M. medesimo);
 - j) la struttura e tessitura della roccia del campione;
 - k) l'evoluzione geologica della composizione litologica del materiale costituente il campione (se riconoscibile: es. composizione dei clasti di una roccia sedimentari, evoluzione litologica di una roccia metamorfica, ecc.);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 230 di 239

- l) i diagrammi di Schmidt equi-areali (qualora possibile), con proiezione sull'emisfero inferiore delle orientazioni delle principali strutture rilevate sul campione (fratture mineralizzate e non, foliazione, stratificazione, clivaggio, ecc.), nonché le dimensioni di tali strutture (spessori, estensioni, forma) e disposizione e dimensioni delle componenti mineralogiche in relazione alle medesime strutture;
- m) la Relazione con le risultanze delle analisi dovrà contenere anche le risultanze di eventuali altre tipologie analisi condotte ed un confronto fra le risultanze ottenute;
- n) la classificazione e nomenclatura della roccia costituente il/i campione/i, dovrà sempre ricavarsi sia dalla valutazione delle facies mineralogiche (analisi qualitativa), e loro struttura e tessitura, che da una valutazione quantitativa delle componenti mineralogiche; la classificazione adottata per la nomenclatura della roccia dovrà essere sinteticamente descritta e riportata in bibliografia, in ogni caso si dovranno prioritariamente utilizzare le classificazioni ufficiali (per le "Pietre verdi" quella del D.M. 178 del 14/05/1996) ed indicarne la provenienza (Autore/i, ente o università con data di pubblicazione);
- o) il/i sito/i di provenienza del/i campione/i, le coordinate di riferimento del sito di prelievo del/dei campione/i ed una eventuale mappa di ubicazione.

Riferimenti normativi:

- UNI EN 932-3 (2004). Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata
- UNI EN 13925-1 (2006). Prove non distruttive – Diffrazione ai raggi x dai materiali polimicrocristallini e amorfi – Parte 1: Principi generali.
- UNI EN 13925-1 (2006). Prove non distruttive – Diffrazione ai raggi x dai materiali polimicrocristallini e amorfi – Parte 2: Procedure.
- UNI EN 13925-1 (2006). Prove non distruttive – Diffrazione ai raggi x dai materiali polimicrocristallini e amorfi – Parte 3: Strumenti.
- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.
- ISRM 1977. "Suggested Methods for Petrographic Description of Rock".

3.9.3 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TERRE

3.9.3.1 Prova di compressione ad espansione laterale libera con rilievo delle curve sforzi/deformazioni su un provino di diametro da 35 a 100 mm compresa la determinazione del contenuto in acqua e del peso di unità di volume

Riferimenti normativi:

- ASTM D2166-00. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI CEN ISO/TS 17892-7 (2018). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 7: Prova di compressione non confinata su terreni a grana fine .

3.9.3.2 Prova di taglio diretto con scatola di Casagrande su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni trasversali nonché determinazione per ogni provino del contenuto in acqua e del peso di unità di volume

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D3080-98. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 231 di 239

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 10: Prove di taglio diretto.

3.9.3.3 Prova di taglio con apparecchio anulare per la determinazione della resistenza residua su tre provini con rilievo delle deformazioni verticali e delle curve sforzi/deformazioni nonché determinazione, per ogni provino, del contenuto in acqua e del peso di unità di volume

Riferimenti normativi:

- ASTM D6467-99. Standard Test Method for Torsional Ring Shear Test to Determine Drained Residual Shear Strength of Cohesive Soils
- UNI CEN ISO/TS 17892-10 (2005). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 10: Prove di taglio diretto.

3.9.3.4 Prova di taglio con scissometro da laboratorio (Vane Test), su un provino, compresa la determinazione della resistenza al taglio residua

Riferimenti normativi:

- ASTM D4648-00. Standard Test Method for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated Fine-Grained Clayey Soil.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.

3.9.3.5 Prova di compressione triassiale eseguita su tre provini con rilievo di tutti i diagrammi necessari per l'interpretazione dei risultati

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio
- ASTM D4767-95. Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils.
- ASTM D2850-95 (1999). Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- UNI CEN ISO/TS 17892-8 (2018). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 8: Prova triassiale non consolidata non drenata.
- UNI CEN ISO/TS 17892-9 (2018). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 9. Prove di compressione triassiale, consolidate, su terreni saturi.

3.9.3.6 Prova di compressione edometrica da eseguire su campioni indisturbati secondo uno schema di carico e scarico stabilito dalle Ferrovie

Il coefficiente e_{ed} dovrà essere calcolato per ogni intervallo di carico, mentre la determinazione dei coefficienti C_v e K verrà eseguita su tre intervalli di carico da scegliersi in base alle tensioni litostatiche esistenti e ai sovraccarichi da applicare, salvo diversa indicazione delle Ferrovie. La determinazione del T_{50} (o T_{90}) e della pressione massima di consolidazione dovrà essere riportata rispettivamente sui grafici abbassamenti/log T e indice dei vuoti/log p.

Riferimenti normativi:

- Associazione Geotecnica Italiana (1994). Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 232 di 239

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 5: Compressibility, permeability and durability tests.
- ASTM D2435-96. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 (2017). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5. Prova edometrica ad incrementi di carico.

3.9.3.7 Determinazione della pressione di rigonfiamento in cella edometrica

Riferimenti normativi:

- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method C.
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 2.
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 (2017). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5. Prova edometrica ad incrementi di carico.

3.9.3.8 Determinazione del rigonfiamento lineare in cella edometrica

Riferimenti normativi:

- ASTM D4546-96. Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils – Method A
- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 2.
- UNI CEN ISO/TS 17892-5 (2017). Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5. Prova edometrica ad incrementi di carico.

3.9.3.9 Prova di colonna risonante (RC)

La prova di colonna risonante è una prova di laboratorio dinamica che consiste nell'applicare a un provino in cella cilindrica una sollecitazione pulsante torsionale ciclica, ad una frequenza tale da mandare in risonanza il sistema provino-oscillatore.

Modalità esecutive e caratteristiche della strumentazione:

La prova dovrà essere effettuata su un provino di terreno di forma cilindrica avente diametro $\geq$ a 50 mm, tramite apparecchiatura dotata di motore torsionale capace di applicare l'eccitazione alla sommità del provino alla sommità del provino fino ad una frequenza non inferiore a 250 Hz, con cella triassiale con capacità di confinamento non inferiore a 1000 kPa, con sistema di misurazione delle pressioni di cella ed interstiziali a due trasduttori di pressione con linearità pari a 0,25%, in un campo di applicazione di 1000 kPa, con trasduttore differenziale di pressione per la determinazione delle variazioni volumetriche con una capacità non inferiore a 500 ml di acqua e 0,25% di linearità, comprensiva di almeno n°10 determinazioni del modulo di taglio e dello smorzamento eseguite su uno stato tensionale isotropo.

Documenti da consegnare:

La documentazione da fornire dovrà comprendere almeno, salvo diversa indicazione delle Ferrovie:

- a) Informazioni generali;
- b) identificazione completa del campione e del provino sottoposto a prova;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 233 di 239

- c) tabella riassuntiva con i valori del modulo di taglio G , della deformazione di taglio γ , del rapporto di smorzamento D e dell'incremento delle pressioni neutre Δu durante le varie fasi della prova e nella fase di decadimento;
- d) valore del modulo di taglio G_{max} espresso in percentuale di quello critico;
- e) grafico del modulo di taglio G in funzione della deformazione di taglio γ ;
- f) grafico dello smorzamento D in funzione della deformazione di taglio γ ;
- g) grafico del modulo di taglio G/G_{max} in funzione della deformazione di taglio γ

Riferimenti normativi:

- ASTM D 4015-07 - Standard Test Methods for Modulus and Damping of Soils by the Resonant-Column Method.

3.9.4 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DI ROCCE E AGGREGATI

3.9.4.1 Taglio di provini prismatici, di dimensioni max cm 20 di lato, da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia.

3.9.4.2 Carotaggio di provini cilindrici da blocchi informi di roccia o da spezzoni di carota di roccia

Riferimenti normativi:

- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.

3.9.4.3 Spianatura e rettifica di provini cilindrici o prismatici di roccia

Riferimenti normativi:

- ASTM D4543-01. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances.

3.9.4.4 Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici

Riferimenti normativi:

- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.
- ISRM (1979). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials.

3.9.4.5 Prova di compressione monoassiale su provini di roccia cilindrici o prismatici, con determinazione della deformabilità orizzontale e verticale (mediante l'applicazione di almeno 4 estensimetri elettrici) e con rilievo del comportamento post-rottura del provino

Riferimenti normativi:

- ASTM D2938-95. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens.
- ASTM 3148- 02. Standard Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 234 di 239

- ISRM (1979). Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials.
- Rivista Italiana di Geotecnica (1994). Raccomandazioni per determinare la resistenza a compressione monoassiale e la deformabilità dei materiali rocciosi, n° 3.

3.9.4.6 Determinazione delle costanti elastiche dinamiche di provini di roccia mediante ultrasuoni utilizzando almeno tre valori diversi di frequenza

Riferimenti normativi:

- ASTM D2845-00. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock.
- ISRM (1978). Suggested methods for determining sound velocity.

3.9.4.7 Determinazione della resistenza a trazione con prova indiretta "Brasiliana" su provini di roccia cilindrici

Riferimenti normativi:

- ISRM (1978). Suggested Method for Determining Indirect Tensile Strength by Brazil Test.

3.9.4.8 Prova di carico puntiforme per la determinazione dell'indice di resistenza "Franklin" (Point Load Strength Test) su provini cilindrici e/o su frammenti informi di roccia

La prova va eseguita su indicazione delle Ferrovie sia sui provini cilindrici (ad esempio spezzoni di carote di perforazione) che su frammenti o blocchi di roccia informi; in entrambi i casi il risultato dovrà essere riferito a quello relativo a provini di misura standard (50 mm).

Riferimenti normativi:

- ASTM D5731-95. Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock
- ISRM (1985). Suggested methods for determining Point Load Strength.
- Rivista Italiana di Geotecnica (1994). Raccomandazioni per la misura della resistenza al punzonamento, n° 1.

3.9.4.9 Determinazione dell'angolo di attrito di base di una roccia mediante "Tilt Test, compreso il taglio a sega della superficie di prova

La prova dovrà essere condotta (Barton N.-Choubey V.- "The shear strength of rock joints, theory and practice", Rock Mechanics, vol. 10, 1977) determinando l'angolo di attrito di base mediante almeno n.5 test di scorrimento su superficie liscia (di area minima pari a 150 cm²), ottenuta mediante semplice intaglio con sega circolare.

Le superfici di prova dovranno essere pulite con acqua per rimuovere la polvere del taglio e, successivamente, seccate all'aria.

Per ciascun test dovrà essere determinato il valore dello sforzo normale applicato e l'indice di Schmidt sulla superficie di prova.

Per ciascuna prova dovrà essere redatto un certificato riportante tutte le determinazioni eseguite ed il calcolo del valore medio dell'angolo di attrito di base misurato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 235 di 239

3.9.4.10 Prova di durezza superficiale su roccia e/o struttura muraria mediante impiego di sclerometro (martello di Schmidt)

Riferimenti normativi:

- ISRM (1977). Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks.
- ISRM (1993). Supporting paper on a suggested improvement to the Schmidt rebound hardness ISRM suggested method with particular reference to rock machine ability.
- ASTM D5873-00. Standard Test Method for Determination of Rock Hardness by Rebound Hammer Method.
- UNI EN 12504-2 (2012). Prove non distruttive. Determinazione dell'indice sclerometrico.

3.9.4.11 Determinazione del coefficiente di abrasione "Los Angeles"

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1097-2 (2010). Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione.
- ASTM C131-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM C535-01. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- UNI EN 14617-4 (2012) Lapidei agglomerati - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della resistenza all'abrasione.

3.9.4.12 Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata su provini di roccia con installazione di almeno 4 estensimetri elettrici di misura delle deformazioni longitudinali e trasversali all'asse di carico

Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata su provini di roccia con installazione di almeno 4 estensimetri elettrici di misura delle deformazioni longitudinali e trasversali all'asse di carico, esclusa la preparazione del provino.

Riferimenti normativi:

- ASTM D2664-95a. Standard Test Method for Triaxial Compressive Strength of Undrained Rock Core Specimens Without Pore Pressure Measurements.
- ASTM D5407-95 (2000). Standard Test Method for Elastic Moduli of Undrained Intact Rock Core Specimens in Triaxial Compression without Pore Pressure Measurement.
- ISRM (1978). Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression.
- ISRM (1983). Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression: revised version.

3.9.4.13 Prova di taglio su giunti di roccia compresa la determinazione della resistenza residua

Prova di taglio su giunti di roccia compresa la determinazione della resistenza residua, esclusa la preparazione del provino.

Riferimenti normativi:

- ISRM (1974). Suggested Methods for Determining Shear Strength, Document 1.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 236 di 239

- ASTM D5607-02. Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force.

3.9.4.14 Prova di durabilità (Slake Durability Test) su materiale lapideo

Riferimenti normativi:

- ISRM (1979). Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake-Durability Index Properties, part 2.
- ASTM D4644-87 (1998). Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks.

3.9.4.15 Prova di costipamento di una terra per la determinazione della densità massima e dell'umidità ottimale mediante prova ASSTHO Standard o modificata eseguita su almeno 5 provini

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 4: Compaction related tests. Clause 3 "Determination of dry density/moisture content relationship"
- ASTM D1557-00. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³);
- ASTM D698-00a. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³);
- UNI EN 13286-2 (2010) Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2 - Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor.

3.9.4.16 Determinazione dell'indice "CBR" su un provino preparato in laboratorio mediante compattazione ed imbibizione in acqua per 4 giorni

Determinazione dell'indice CBR su un provino preparato in laboratorio mediante compattazione ed imbibizione in acqua per 4 giorni, compresa la preparazione del provino.

Riferimenti normativi:

- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes. Part 4: Compaction related tests. Clause 7 "Determination of California Bearing Ratio (CBR)"
- ASTM D1883-99. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.
- UNI EN 13286 -47 (2012) Miscele non legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento

3.9.4.17 Determinazione della resistenza al gelo di un aggregato

Riferimenti normativi:

- UNI EN 1367-1 (2007). Determinazione della resistenza al gelo e disgelo.
- UNI EN 14617 – 6 (2012) Metodi di prova - Parte 6: Determinazione della resistenza agli sbalzi termici

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 237 di 239

3.9.4.18 Determinazione della resistenza al gelo di pietre da costruzione, lastre da pavimentazione, da eseguire su 24 provini cubici di lato 71 mm per le rocce a grana fine e mm 100 per le rocce a grana grossa mediante prove di compressione su provini asciutti, provini saturi d'acqua e su provini sottoposti a cicli di gelo e disgelo

Riferimenti normativi:

- R.D. N.2232 DEL 16/11/1939. Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione
- UNI EN 12371 (2010) Metodo di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo
- UNI EN 14617 – 5 (2012) Lapidei agglomerati - Metodo di Prova 5: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo

3.9.5 DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE CHIMICHE, FISICHE E BIOLOGICHE DI ACQUE NATURALI

3.9.5.1 Prelievo di un campione d'acqua da pozzi, piezometri, corsi d'acqua ecc. raccolto in contenitore sterilizzato di vetro o di materiale plastico a chiusura ermetica

Riferimenti normativi:

- UNI-CHIM (1997), manuale n° 157.

3.9.5.2 Determinazione del contenuto in cloruri.

Riferimenti normativi:

- UNI ISO 9297 (2009) - Qualità dell'acqua - Determinazione dei cloruri - Titolazione con nitrato di argento ed indicatore cromato (Metodo di Mohr)
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.3 Determinazione del contenuto in solfati.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 932:95.
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.4 Determinazione del contenuto in solfuri.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 945:95 “Determinazione dei Solfuri solubili”
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.5 Determinazione del contenuto in carbonati.

Riferimenti normativi:

- Standard Methods for the examination of water and wastewater, n° 2320, 18a edizione, 1992.
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 238 di 239

3.9.5.6 Determinazione del contenuto in bicarbonati.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM (1995), metodo MU n° 1071:95
- Standard Methods for the examination of water and wastewater, n° 2320, 18a edizione, 1992.
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.7 Determinazione del contenuto in CO₂ libera.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10507 (1996). «Acque destinate al consumo umano – determinazione dell'anidride carbonica libera - Metodo elettrochimico a sonda»

3.9.5.8 Determinazione del contenuto in nitrati.

Riferimenti normativi:

- UNI EN ISO 13395 (2000). Qualità dell'acqua - Determinazione dell'azoto nitroso e dell'azoto nitrico e della somma dei due per analisi in flusso (CFA e FIA) e rivelazione spettrometrica
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.9 Determinazione del contenuto in nitriti.

Riferimenti normativi:

- UNI EN ISO 13395 (2000). Qualità dell'acqua - Determinazione dell'azoto nitroso e dell'azoto nitrico e della somma dei due per analisi in flusso (CFA e FIA) e rivelazione spettrometrica
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.10 Determinazione della durezza.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10505:96
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I

3.9.5.11 Determinazione del pH.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10501 (1996). «Acque destinate al consumo – misure del PH – Metodo potenziometrico»
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.12 Analisi batteriologica con determinazione di coliformi totali, coliformi fecali, streptococchi e salmonelle.

Riferimenti normativi:

- UNI EN ISO 9308-1 (2002). Qualità dell'acqua - Ricerca ed enumerazione di Escherichia coli e batteri coliformi - Metodo di filtrazione su membrana
- UNICHIM, metodo MU n° 959:94

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 3 RILIEVI GEOLOGICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 3	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>GE</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 239 di 239

- UNI 10675 (2010): “Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta dei coliformi totali - Tecnica del numero più probabile (MPN)”
- UNI 10677 (2011) “Acque destinate al consumo umano - Ricerca e conta degli enterococchi (streptococchi fecali) - Tecnica del numero più probabile (MPN)”

3.9.5.13 Determinazione della conducibilità e della temperatura.

Riferimenti normativi:

- UNICHIM, metodo MU n° 930/94
- UNI 10500 (1996) - Acque destinate al consumo umano-misure della temperatura
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. I – II

3.9.5.14 Determinazione del contenuto in calcio.

Riferimenti normativi:

- UNI EN ISO 7980 (2002) Qualità dell’acqua - Determinazione di calcio e magnesio - Metodo per spettrometria di assorbimento atomico
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.15 Determinazione del contenuto in magnesio.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10541 (1996). Acque destinate al consumo umano - Metodo 902 Magnesio
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II
- UNI 7980 (2002) Qualità dell’acqua - Determinazione di calcio e magnesio - Metodo per spettrometria di assorbimento atomico

3.9.5.16 Determinazione del contenuto in sodio.

Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10543 (1996). «Acque destinate al consumo umano - Determinazione del Sodio - Metodo AAS Fiamma»
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

3.9.5.17 Determinazione del contenuto in potassio.

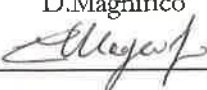
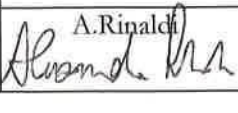
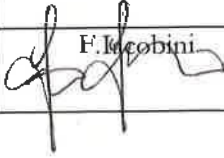
Riferimenti normativi:

- UNI-UNICHIM 10542 (1996). «Acque destinate al consumo umano- Determinazione del Potassio – Metodo AAS Fiamma»
- CNR-IRSA (1976). Metodi analitici per le acque. Vol. II

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 4
DEMOLIZIONI**

- 4.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 4.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 4.3. DEFINIZIONI
- 4.4. ABBREVIAZIONI
- 4.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI
- 4.6. CONTROLLI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per applicazione	D.Magnifico	A.Rinaldi	F.Jacobini
B	22/12/2017	Emissione per applicazione	D.Magnifico 	A.Rinaldi 	F.Jacobini 

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 4 DEMOLIZIONI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 4	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 003 B</u>	FOGLIO 2 di 6

INDICE

4.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	3
4.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	3
4.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	3
4.3	DEFINIZIONI.....	3
4.4	ABBREVIAZIONI	4
4.5	ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI	4
4.6	CONTROLLI	5
4.6.1	CONTROLLI PRELIMINARI.....	5
4.6.2	CONTROLLI FINALI.....	6
4.6.3	CONTROLLI RELATIVI A DANNI E RIPRISTINI.....	6

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 4 DEMOLIZIONI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 4	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 003 B</u>	FOGLIO 3 di 6

4.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 4 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 003 A - del 30/12/2016).

La presente sezione fa riferimento a tutte le demolizioni parziali o totali di opere civili, anche interrato, che si rendessero necessarie nel corso dell'esecuzione dei lavori qualunque siano il mezzo e la modalità utilizzati per eseguirle comprendendo anche le demolizioni di parti o strutture di acciaio o materiali simili.

4.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

4.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 27/03/1992, n. 257 “Norme relative alla cessazione dell’impiego dell’amianto” e relativa Circolare 17/02/1993, n. 124976 del Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato: “Modello unificato dello schema di relazione di cui all’art. 9, commi 1 e 3, della legge 27 marzo 1992, n. 257, concernente le imprese che utilizzano amianto nei processi produttivi o che svolgono attività di smaltimento o di bonifica dell’amianto”
- Decreto Ministeriale Sanità 06/09/1994 “Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto” e relativa Circolare Ministero Sanità 12/04/1995, n. 7 “Circolare esplicativa del decreto ministeriale 06/09/1994”
- Decreto Ministeriale Sanità 14/05/1996 “Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante “Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto”
- D.lgs. 03 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”
- D.lgs. 09 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e s.m.i.

4.3 DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 4 DEMOLIZIONI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 4	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>B</u>	FOGLIO 4 di 6

4.4 ABBREVIAZIONI

CE: Comunità Europea

CNR: Centro Nazionale delle Ricerche

DPI: Dispositivi di protezione individuale

DPR: Decreto Presidente della Repubblica

DUVRI: Documento unico valutazione dei rischi da interferenze

EN: Euro Norma

IEC: International Electro Technical Commission

ISO: International Organization for Standardization

POS: Piano operativo di sicurezza

PSC: Piano di sicurezza e coordinamento

SIGS: Sistema Integrato Gestione della Sicurezza

UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione

4.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

Per l'effettuazione dei lavori, l'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza, con particolare riferimento all'incolumità del personale addetto ai lavori. A tal fine dovrà osservare e far osservare scrupolosamente tutte le prescrizioni delle leggi vigenti.

Le attività di demolizione devono essere eseguite nel rispetto del Piano Operativo di Sicurezza (POS) dell'ESECUTORE, coordinato con il Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC).

Quando tale attività non rientra tra quelle previste, potrà essere eseguita, sempre nel rispetto del PSC, solo dopo che questo sia stato opportunamente aggiornato.

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE è tenuto a redigere ed a trasmettere per approvazione alle FERROVIE una relazione tecniche che riporti:

- Data e luogo della demolizione;
- Oggetto della demolizione;
- Mezzi e attrezzature principali da impiegare;
- Modalità di demolizione;
- Tempistica d'intervento;
- Allontanamento o reimpiego del materiale demolito.

Nel caso d'impiego di esplosivi, sono a carico dell'ESECUTORE gli oneri connessi con la richiesta e l'ottenimento di tutti i permessi necessari da parte delle competenti Autorità, la fornitura di tutti i materiali necessari e il loro trasporto, stoccaggio e impiego in linea con le misure di sicurezza fissate dalla legge.

Sempre nel caso di impiego di esplosivi, o comunque per attività che richiedono particolari qualifiche, l'ESECUTORE è tenuto ad utilizzare personale in possesso dei titoli di qualifica previsti dalla legge, documentandolo opportunamente.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 4 DEMOLIZIONI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 4	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 003 B</u>	FOGLIO 5 di 6

Le operazioni di rimozione e smaltimento di materiali contenenti amianto (MCA) dovranno essere condotte secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di Ambiente e Sicurezza e, in particolare, secondo quanto previsto al titolo IX capo III del D.lgs. 81/2008 e s.m.i. Le attività dovranno essere condotte da impresa specializzata iscritta alla categoria 10 dell'Albo Nazionale Gestori Ambientali, istituito ai sensi del D.lgs. 152/2006 e dovranno essere applicate le disposizioni e apprestamenti prescritti nei Piani di Lavoro e dalle ASL competenti.

Sono a carico dell'ESECUTORE le operazioni connesse all'eventuale interruzione e ripristino di servizi elettrici e telefonici, reti di distribuzione acqua, gas, reti e canalette di drenaggio, ecc.

L'ESECUTORE è tenuto al recupero con ordine e alla eventuale pulizia di tutti i materiali dei quali, secondo le indicazioni del progetto, si prevede il riutilizzo. Tali materiali devono essere trasportati ed immagazzinati o accatastati nei luoghi previsti dal progetto o, quando non previsti, in aree rese disponibili dall'ESECUTORE, con le modalità concordate con le FERROVIE.

E' a carico dell'ESECUTORE il carico, il trasporto, lo scarico e la sistemazione differenziata in linea con la normativa vigente di tutto il materiale di rifiuto. Gli impianti di smaltimento o di recupero, se non già individuati dal progetto, devono essere proposti dall'ESECUTORE e approvati dalle FERROVIE. All'ESECUTORE in questo caso spetta anche l'ottenimento di tutti i permessi necessari.

Tra gli oneri dell'ESECUTORE rientra anche, salvo diverse prescrizioni di progetto, la pulizia delle aree sulle quali sono eseguite le opere di demolizione nonché il riempimento di eventuali scavi fino ad ottenere un piano di lavoro adeguato allo svolgimento delle successive operazioni previste dal progetto. Tutte queste operazioni, ed in particolare gli eventuali rinterri, devono essere eseguite in linea con le prescrizioni delle pertinenti sezioni del capitolato.

Eventuali danni a terzi causati dalle operazioni di demolizione sono a carico dell'ESECUTORE.

Nel corso dei lavori deve, quindi, essere garantita la protezione delle installazioni circostanti. Spetta all'ESECUTORE la ricostruzione delle opere eventualmente danneggiate durante i lavori di demolizione, fino a riportarle nello stato in cui si trovavano prima dei lavori stessi, secondo quanto concordato nei Testimoniali di Stato.

L'ESECUTORE è, inoltre, tenuto a realizzare le opere provvisorie e/o a definire le modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e la propagazione della polvere eventualmente utilizzando anche convogliatori a terra (è vietato il getto dall'alto dei materiali di risulta).

L'ESECUTORE dovrà anche realizzare la recinzione provvisoria, apporre la necessaria segnaletica diurna e notturna e garantire la necessaria illuminazione nei luoghi soggetti alle demolizioni.

Tagli eventuali con fiamma ossidrica o con attrezzature elettromeccaniche e/o manuali rientrano nello scopo del lavoro dell'ESECUTORE.

In fase di demolizione si dovrà assolutamente evitare l'accumulo di materiali di risulta sulle strutture da demolire o sulle opere provvisorie in misura tale che si verifichino sovraccarichi o spinte pericolose.

Dove necessario la predisposizione di adeguati consolidamenti del terreno circostante, prima di ogni rimozione di elementi strutturali, secondo le procedure descritte nella Sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato, è a carico dell'ESECUTORE come anche il riempimento degli scavi residui secondo modalità concordate con le FERROVIE.

4.6 CONTROLLI

4.6.1 CONTROLLI PRELIMINARI

L'ESECUTORE dovrà predisporre la documentazione indicata di cui al paragrafo 4.5.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 4 DEMOLIZIONI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 4	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>003</u> <u>B</u>	FOGLIO 6 di 6

In particolare, prima dell'inizio delle attività, l'ESECUTORE dovrà eseguire le verifiche previste su tutte le attrezzature di protezione, segnalazione e sicurezza previste, nonché sulle predisposizioni necessarie a garantire la salvaguardia dei manufatti circostanti l'opera da demolire e sulle opere provvisorie finalizzate ad evitare lo spandimento delle polveri.

4.6.2 CONTROLLI FINALI

A demolizione avvenuta devono essere verificati:

- la corretta ed efficace effettuazione della demolizione prevista;
- nel caso di impiego di esplosivi, il regolare brillamento di tutte le cariche predisposte;
- gli eventuali danni alle opere esistenti da salvaguardare;
- la qualifica dei mezzi adibiti al trasporto dei detriti e, se previsto il conferimento ad impianto di smaltimento/recupero, verificando che esso abbia le necessarie qualificazioni richieste dalla legge, in funzione del materiale conferito;
- la pulizia dell'area e le condizioni della superficie finita dell'area secondo quanto richiesto al paragrafo 4.5.

4.6.3 CONTROLLI RELATIVI A DANNI E RIPRISTINI

Nel caso l'ESECUTORE accerti danni a manufatti esistenti egli dovrà procedere come segue:

- dovrà emettere una relazione tecnica da trasmettere alle FERROVIE, nella quale si descrivano i danni riscontrati, si illustrino i provvedimenti provvisori e di ripristino che si prevede di effettuare sull'opera danneggiata.
- Dovrà procedere alla verifica dei danni contestualmente alle FERROVIE, se da queste richiesto.

A valle del ricevimento della relazione e dell'eventuale verifica congiunta, le FERROVIE potranno formulare eventuali commenti alle operazioni di ripristino previste.

Sulla base di questa relazione, a valle degli eventuali commenti delle FERROVIE, l'ESECUTORE dovrà emettere un piano di controlli relativo alle verifiche e collaudi correlati all'intervento sul manufatto danneggiato. Saranno adottate, a tale fine, procedure e specifiche relative ai tipi di lavorazioni o realizzazioni d'opera implicate nello svolgimento dell'intervento.

Tale Piano di Controlli. sarà trasmesso alle FERROVIE per approvazione.

Successivamente alla suddetta approvazione, l'ESECUTORE procederà, in concomitanza alle fasi relative, alle verifiche previste dal Piano di Controlli approvato.

Tutta la suddetta documentazione costituirà il dossier del restauro dell'opera danneggiata.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 5
OPERE IN TERRA E SCAVI**

- 5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 5.3 DEFINIZIONI
- 5.4 ABBREVIAZIONI
- 5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI
- 5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI
- 5.7 CONTROLLI
- 5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI
- 5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI
- 5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A. Latorre	A. Rinaldi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A. Latorre G. Federico	A. Rinaldi	F. Iacobini
C	21/12/2018	Emissione per Applicazione	A. Latorre G. Federico	A. Rinaldi	F. Iacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>004</u> <u>C</u>	FOGLIO 2 di 28

INDICE

5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	4
5.1.1 SCOPO	4
5.1.2 CAMPO D'APPLICAZIONE.....	4
5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
5.2.1 NORMATIVA NAZIONALE	4
5.2.2 NORMATIVA TECNICA.....	5
5.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA.....	6
5.3 DEFINIZIONI	6
5.4 ABBREVIAZIONI	6
5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI.....	6
5.5.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO	6
5.5.2 SCAVI IN GENERE	7
5.5.3 RINTERRI	8
5.5.4 RILEVATI	9
5.5.4.1 Rilevato ferroviario	10
5.5.4.2 Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte.....	15
5.5.4.2.1 Rilevato-viadotto.....	15
5.5.4.2.2 Rilevato-scatolare.....	15
5.5.4.3 Rilevato stradale	16
5.5.5 DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI	16
5.5.6 TRINCEE.....	17
5.5.6.1 Trincee ferroviarie.....	17
5.5.6.2 Trincee stradali	17
5.5.7 STRATO “SUPERCOMPATTATO”.....	18
5.5.7.1 Strato “supercompattato” per rilevati e trincee ferroviarie	18
5.5.7.2 Strato di sottofondo per rilevati e trincee stradali	19
5.5.8 INERBIMENTO	20
5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	20
5.6.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN ESCLUSIONE DAL REGIME DEI RIFIUTI	21
5.6.2 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI.....	21
5.7 CONTROLLI	21
5.7.1 PRESCRIZIONI GENERALI	21
5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI	23

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>004</u> <u>C</u>	FOGLIO 3 di 28

5.8.1 SCAVI A MANO O A MACCHINA.....	23
5.8.1.1 Controllo della geometria	23
5.8.1.2 Controllo della densità secca.....	23
5.8.1.3 Controllo del modulo di deformazione.....	23
5.8.2 SCAVI CON ESPLOSIVI.....	23
5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI	24
5.9.1 CONTROLLI SUI MATERIALI	24
5.9.2 CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA.....	24
5.9.3 CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE.....	24
5.9.4 CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI.....	24
5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI.....	24
5.10.1 RILEVATI FERROVIARI.....	24
5.10.1.1 Controlli sui materiali	25
5.10.1.2 Corpo del rilevato	25
5.10.1.3 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali.....	25
5.10.1.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati	25
5.10.1.5 Controlli sulla densità secca	25
5.10.1.6 Controllo del modulo di deformazione.....	26
5.10.1.7 Controllo della geometria del rilevato	26
5.10.1.8 Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato	26
5.10.1.9 Monitoraggi.....	26
5.10.2 RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE.....	26
5.10.2.1 Controllo del materiale.....	26
5.10.2.2 Controllo della densità secca.....	26
5.10.2.3 Controllo del modulo di deformazione.....	26
5.10.2.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati	26
5.10.3 RILEVATI STRADALI.....	27
5.10.4 CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI	27
5.10.5 CONTROLLI SULLE TRINCEE	27
Trincee ferroviarie	27
5.10.5.1.....	27
5.10.5.1.1 Controlli sui materiali	27
5.10.5.1.2 Controlli sulla densità secca	27
5.10.5.1.3 Controllo del modulo di deformazione	27
5.10.5.1.4 Monitoraggi.....	27
5.10.5.2 Trincee stradali	28
5.10.6 CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO.....	28
5.10.6.1 Controlli sui materiali	28
5.10.6.2 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati	28
5.10.6.3 Controlli sulla densità secca	28
5.10.6.4 Controllo del modulo di deformazione.....	28

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 4 di 28

5.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 5 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 004 B - del 22/12/2017).

5.1.1 SCOPO

Lo scopo della presente sezione del Capitolato è quello di definire le prescrizioni e i requisiti richiesti per l'esecuzione degli scavi e delle opere in terra quali rinterri, rilevati, trincee e delle altre categorie di lavoro definite nel seguito.

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015, etc.).

5.1.2 CAMPO D'APPLICAZIONE

Le prescrizioni del presente Capitolato si applicano alle categorie di lavoro di seguito elencate:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati
- Trincee
- Dune, colline artificiali, ritombamenti

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale e i controlli da eseguire.

5.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

5.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.Lgs. 03 aprile 2006 n° 152 “Norme in materia ambientale”
- DM Ambiente 5 aprile 2006, n. 186 decreto di modifica del Decreto Ministeriale 5.2.98. “Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5.2.97, n. 22”
- D.M Infrastrutture 17 gennaio 2018 “AGGIORNAMENTO NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI”;
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018;
- Decreto Ministeriale 27 settembre 2010 “Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005” e aggiornamento D.M. 24/06/2015 e s.m.i.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 5 di 28

- D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”
- Legge del 9 agosto 2013, n. 98 - “Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 21 giugno 2013, n. 69, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia”

5.2.2 NORMATIVA TECNICA

- CNR BU n°29 “Norme sui misti cementati”
- CNR BU n.110/85 Norme sui geotessili: determinazione della massa per unità di superficie di un geotessile
- CNR BU n. 142/92 Norme sui geotessili: prova di trazione sui geotessili non tessuti
- CNR BU n. 143/92 Norme sui geotessili: determinazione della resistenza alla lacerazione
- CNR BU n° 146 “Determinazione del modulo Md e Md1 mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare”
- UNI 8279-13: 1985 “Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all'acqua”.
- UNI 8279-14: 1985 “Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione)”
- UNI 11531-1: 2014 – Criteri per l'impiego dei materiali – Parte 1 – Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI EN 933-8: 2015 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati –Parte8: Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia”
- UNI EN 933-9: 2013 “Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene”
- UNI EN 1097-2: 2010 “Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione”
- UNIEN 12224: 2001 “Geotessili e prodotti affini - Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici”
- UNIEN 12225: 2001 “Geotessili e prodotti affini - Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interrimento”
- UNI EN 13242:2008 “Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade”
- UNI EN 13250: 2016 “Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di ferrovie”
- UNI EN 13286-2: 2010 “Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor”
- UNI EN 13286-47: 2012 Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento”
- UNI EN ISO 9863-1: 2016 “Geosintetici - Determinazione dello spessore a pressioni specificate - Parte 1: Strati singoli”
- UNI EN ISO 9864: 2005 “Geosintetici - Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini”
- UNI EN ISO 10319: 2015 “Geosintetici - Prova di trazione a banda larga”
- UNI EN ISO 10320:2002 “Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito”
- UNI EN ISO 12236: 2006 “Geosintetici - Prova di punzonamento statico (metodo CBR)”
- UNI EN ISO 12956: 2010 “Geotessili e prodotti affini - Determinazione della dimensione di apertura

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 6 di 28

(opening size) caratteristica”

- UNI EN ISO 13433: 2006 “Geosintetici - Prova di punzonamento dinamico (prova di caduta del cono)”

5.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA

- Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II - Sezione 3
Codifica: RFI DTC SI CS MA IFS 001

5.3 DEFINIZIONI

- **Contratto:** contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;
- **Direzione lavori:** ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;
- **Direttore dei lavori:** soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.
- **ESECUTORE:** Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)
- **FERROVIE:** Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)
- **Prova:** forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

5.4 ABBREVIAZIONI

EN: Euronorma

UNI: Unificazione Nazionale Italiana

ISO: International Organization for Standardization

IEC: International Electrotechnical Commission

SISTRI: SIStema Tracciabilità Rifiuti

DL: Direzione Lavori

CER: Codice Europeo dei Rifiuti

5.5 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

Le terre da utilizzare per l'esecuzione delle opere in terra di seguito descritte, per essere ritenute idonee e quindi impiegabili, dovranno soddisfare i requisiti di idoneità e i criteri di classificazione delle terre indicati nella norma UNI 11531-1/2014.

Per le terre da trattare con calce dovranno essere applicate le prescrizioni riportate nella Sezione 18 del Capitolato.

5.5.1 DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 7 di 28

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

Nell'esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà attenersi a quanto segue:

- il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o formazione di rilevato secondo piani regolari individuati da livellette longitudinali come riportato nel progetto costruttivo.
- Dovrà indicare i limiti dell'area di costruzione e, dove necessario, la DIREZIONE LAVORI indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovrà essere lasciato sul posto.
- Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso.

5.5.2 SCAVI IN GENERE

Per scavo s'intende l'enucleazione, rimozione e trasporto di terreni di qualsiasi natura e di materiali litoidi che rientrino nelle seguenti categorie:

- terreni vegetali ed organici, suoli, riporti artificiali di varia natura;
- terreni sciolti e granulari anche se addensati o con modesta cementazione;
- terreni coesivi, a comportamento plastico, in formazioni spazialmente omogenee, o alternati a modesti livelli di materiale granulare cementato;
- materiali litoidi alterati nonché masse rocciose fessurate, con orientamento non preferenziale delle fessure con separazione della massa in blocchi di dimensione non superiore ad un metro cubo, non cementati.

Si intendono materiali litoidi quei materiali rocciosi coerenti e compatti che debbono necessariamente essere scavati con l'ausilio di macchine ad azione demolitrice, ripper, demolitori, fioretti, martelli pneumatici, cunei idraulici, miscele espansive, etc... Sono comprese anche le rocce in strati alternati nelle quali la presenza di fessurazioni e/o alterazioni non rechi pregiudizio alla compattezza dell'intera massa, ovvero con presenza di cemento di consistenza litoide nelle fessure.

Gli scavi possono essere:

- scavi di sbancamento: scavi interessanti superfici di dimensioni tali da consentire al mezzo di trasporto di raggiungere il fronte o il fondo di scavo;
- scavi di fondazione: scavi per i quali il fronte o il fondo di scavo è inaccessibile al mezzo di trasporto;
- scavi a sezione obbligata e/o ristretta: scavi continui (correnti o limitati) di sezione trasversale ristretta, da eseguirsi dal piano di campagna.

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi.

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'ESECUTORE dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

- Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto.

L'Esecutore avrà cura che il fondo dello scavo sia compattato secondo le indicazioni del progetto.

- Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della DIREZIONE LAVORI, ove previsto dal Piano dei Controlli, prima di procedere a fasi di lavoro successive.

Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata, la DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: RFI DTC SI CS SP IFS 004 C	FOGLIO 8 di 28

- c) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.
- d) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, scavi campione con prelievo di saggi e/o prove in sito ed analisi di laboratorio.
- e) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
- f) Provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, nel rispetto del piano di sicurezza ed in conformità alle norme di sicurezza.
- g) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrati di qualsiasi natura, inclusi, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.
- h) Provvedere ad un adeguato drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonché ad aggettamento dell'acqua ove si rendesse necessario. L'ESECUTORE dovrà mantenere durante i lavori tutti i drenaggi funzionanti in modo da assicurare la fuoriuscita dell'acqua. I danni al lavoro, conseguenti a infiltrazioni d'acqua dovute alla mancata realizzazione di idonei drenaggi, dovranno essere immediatamente rimediati dall'ESECUTORE a sue spese.
- i) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'ESECUTORE:
 - Il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
 - Polvere, micce, detonatori e tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
 - Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza.
 - Il Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

5.5.3 RINTERRI

Per rinterri si intendono:

- la sostituzione di zone di terreno non adeguato, di seguito detta sostituzione, al disotto del piano di posa di manufatti, delle trincee e dei rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni del sottosuolo con materiale idoneo o mediante il trattamento degli stessi con calce;
- il riempimento di scavi provvisori eseguiti per la realizzazione di fondazioni, cunicoli, pozzetti, e quanto altro;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nella effettuazione dei rinterri l'ESECUTORE dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- a) La sostituzione del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto, e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto o a prescrizioni contrattuali.
- b) La sostituzione dovrà essere eseguita utilizzando i seguenti materiali; con riferimento alla classificazione delle terre di cui alla norma UNI 11531-1/2014:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 9 di 28

- A1, A2, A3 se provenienti da cave di prestito;
- A1, A2, A3, A4 se provenienti dagli scavi.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto); per il materiale dei gruppi A2 e A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Qualora sia previsto in progetto, a causa della non disponibilità dei suddetti materiali ad una distanza dal sito di realizzazione dell'opera economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce o calcestruzzo riciclato (definito nel paragrafo 5.5.4), secondo le modalità indicate nella Sezione 18 del Capitolato. E' altresì possibile utilizzare il trattamento con calce, qualora ritenuto economicamente conveniente, nel caso in cui le terre provenienti dagli scavi non raggiungano valori di portanza adeguati, come indicato al punto h) del paragrafo 5.5.4.1.

Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata EN13286-2) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; infine il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

- c) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto 5.5.3.b) debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'ESECUTORE dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1, A2-4 ed A3 (di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014).

Qualora le caratteristiche del terreno richiedessero un trattamento profondo di miglioramento, un rinforzo o una stabilizzazione, questo dovrà essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto o in accordo con le metodologie descritte con maggiori dettagli nella Sezione 10 del Capitolato "OPERE DI MIGLIORAMENTO, RINFORZO E STABILIZZAZIONE".

- d) Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato, secondo le prescrizioni del progetto.
- e) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).
- f) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'ESECUTORE e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

5.5.4 RILEVATI

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere realizzate con terra, destinate a formare il rilevato ferroviario e stradale, ed i piazzali, con esclusione dei lavori inerenti alla sovrastruttura stradale o ferroviaria per i quali si rimanda ad altre Sezioni del presente Capitolato.

Al fine di individuare le diverse parti che costituiscono il rilevato si definisce:

- a) piano di posa del rilevato: la superficie del terreno naturale dopo lo scotico o del terreno di riporto dopo l'eventuale bonifica del terreno naturale;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 10 di 28

- b) primo strato di rilevato o strato anticapillare: primo strato di rilevato, al di sopra del piano di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità;
- c) corpo del rilevato: opera in terra, costituita dalla sovrapposizione di strati di terre compattate, necessaria per l'appoggio della sovrastruttura ferroviaria o stradale posta a quota superiore a quella del piano di campagna;
- d) ultimo strato del rilevato o strato supercompattato: ultimo strato del rilevato caratterizzato da un elevato grado di costipamento, che costituisce il piano posa del sub-ballast;
- e) sub-ballast: strato posto al di sopra del supercompattato avente la funzione di impermeabilizzare gli strati sottostanti e diffondere i carichi ferroviari;
- f) piattaforma ferroviaria: piano superiore del rilevato su cui poggia la massicciata.

Si definisce inoltre, come indicato nella Sezione 18 del Capitolato:

terra trattata con calce: miscela composta da terra, calce viva o idrata ed acqua, in quantità e rapporti tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche della terra stessa, al fine di ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo;

aggregato riciclato – Aggregato risultante dalla lavorazione di materiale inorganico precedentemente utilizzato nelle costruzioni (UNI EN 13242-2008);

calcestruzzo riciclato - costituito prevalentemente da aggregati riciclati derivanti dal recupero di frammenti di conglomerati cementizi anche armati provenienti da demolizione di opere in c.a., dagli scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in cemento anche armato, da traversine ferroviarie in c.a.v.p. ecc..

5.5.4.1 Rilevato ferroviario

Tutti i rilevati, sia che si impostino sul piano di campagna o che si addossino a rilevati esistenti, dovranno essere eseguiti tenendo conto delle seguenti modalità.

- a) Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel punto b) del presente paragrafo; se la quota di progetto è superiore a quella dello scotico, la stessa dovrà essere raggiunta con l'apporto di materiale selezionato, rispondente ai requisiti di cui al punto 5.5.3.b) (rinterri).
- b) Il piano di posa, che sia costituito dal terreno in sito o da materiale di rinterro, dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI-EN13286-2).

Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica, secondo quanto previsto al punto 5.5.3.b) (rinterri).
- c) Il primo strato di rilevato o strato anticapillare, posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato) e dovrà essere costituito da pietrischetto con dimensioni comprese tra 2 e 25 mm avente le seguenti caratteristiche granulometriche (UNI 11531-1/2014):

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 11 di 28

Tabella 5.5.1

Dimensione granuli	Passante
25 mm	100 %
2 mm	≤15%
0,063 mm	≤ 3 %

Equivalente in sabbia (SE) ≥ 70%.

Resistenza alla frammentazione LA ≤ 40%.

L'impiego di materiali di diversa granulometria è possibile solo nel caso in cui l'ESECUTORE, seguendo le indicazioni del DL che sentirà in proposito i progettisti, esegua una sperimentazione su campo prova volta a dimostrare che la massima risalita capillare non supera la metà dello strato anticapillare stesso.

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale sciolto) e costipato mediante rullatura. Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i).

Ove previsto dalle sezioni tipologiche tra il sottofondo e lo strato anticapillare sarà interposto un telo di geotessile non tessuto, in polipropilene e/o poliestere, non rigenerato, coesionato meccanicamente mediante agugliatura, esente da trattamenti chimici o termici, rispondente alla norma UNI EN 13250 e avente le caratteristiche minime riportate nella tabella 5.5.2.

Il geotessile dovrà essere marcato CE secondo la norma armonizzata UNI EN ISO 10320. Inoltre, il geotessile dovrà essere conforme alle UNI EN 12224 e 12225, relative rispettivamente ai metodi per la determinazione della resistenza microbiologica e agli agenti atmosferici.

I rotoli di geotessile dovranno essere opportunamente protetti durante il periodo di stoccaggio del materiale ed i tempi di copertura dopo la posa in opera dovranno essere inferiori a quelli indicati dal produttore; in caso di stoccaggio non conforme o di posa in opera successiva alla data indicata, l'Esecutore dovrà effettuare tutte le prove e i controlli atti a garantire i requisiti richiesti dal presente Capitolato. Il geotessile dovrà essere risvoltato per almeno 3 m da entrambi i lati sulla faccia superiore dello strato, qualora lo strato di rilevato che sormonta l'anticapillare abbia contenuto in fino (0.063 mm) minore del 35%. Se invece tale strato avesse contenuto in fino maggiore o uguale al 35%, il geotessile ricoprirà completamente l'anticapillare.

Si precisa inoltre che la prova di piastra andrà eseguita sul piano di posa del rilevato definito come estradosso del riempimento di spessore non inferiore a 50 cm (materiale compattato) realizzato al di sotto del piano campagna.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 12 di 28

Tabella 5.5.2

CARATTERISTICHE	VALORI LIMITE	NORME DI RIF. UNI
Massa areica	$\geq 250 \text{ g/m}^2$	UNI EN ISO 9864
Spessore: a 2 KPa	$\geq 2 \text{ mm}$	UNI EN ISO 9863-1
Resistenza a trazione: valor medio valor minimo*	$\geq 18 \text{ kN/m}$ $\geq 16 \text{ kN/m}$	EN ISO 10319
Allungamento a rottura longitudinale e trasversale	50÷85 %	EN ISO 10319
Resistenza al punzonamento statico: valor medio valor minimo*	$\geq 2,6 \text{ kN}$ $\geq 2,2 \text{ kN}$	EN ISO 12236
Resistenza al punzonamento dinamico: diametro del foro	$\leq 10 \text{ mm}$	UNI EN ISO 13433
Permeabilità radiale: a 2 KPa a 200 KPa	$\geq 3 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$ $\geq 3 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	UNI EN ISO 8279/13
Apertura caratteristica O	90 μm	EN ISO 12956

*definito come valore limite inferiore con probabilità di superamento del 95%.

Se i terreni sovrastanti appartengono alle classi A2 e A4 il geotessile dovrà ricoprire completamente lo strato anticapillare.

- d) Nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla classificazione delle terre della norma UNI 11531-1/2014, e inoltre terre provenienti da cave di prestito, appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità minore o uguale a 7, inteso quale rapporto tra i passanti ai setacci 0,4 mm e 0,063 mm.

Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce o aggregati riciclati secondo le modalità indicate nella Sezione 18 del Capitolato. E' altresì possibile utilizzare il trattamento con calce, qualora ritenuto economicamente conveniente, nel caso in cui le terre provenienti dagli scavi non raggiungano valori di portanza adeguati, come indicato al successivo punto h).

L'utilizzo di terre piroclastiche dovrà essere esplicitamente autorizzato dalla DIREZIONE LAVORI.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 13 di 28

Lo spessore dello strato (materiale soffice/sciolto) deve essere adeguato ai mezzi di compattazione, in maniera da ottenere un'omogeneità di compattazione per tutta l'altezza dello strato finito. Qualora il materiale presenti un trattenuto al setaccio 31.5 mm maggiore del 35%, si dovrà adottare per la determinazione della densità in sito la norma UNI EN 13286-2.

- e) Per la formazione del corpo dei rilevati potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 125 mm (UNI 11531-1/2014) così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da marne, argilliti, filladi e micascisti o da rocce soggette a fenomeni di alterazione.
- f) In ogni caso, sia che si tratti di terre, sia che si tratti di rocce frantumate, il grado di uniformità dei materiali utilizzati, definito come il rapporto tra il passante al setaccio D60 e il passante al setaccio D10 ($G.U. = D60 / D10$) dovrà essere ≥ 15 .
- g) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di $\pm 2\%$ dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione, aerando il terreno mediante erpici, aratri a dischi o altri metodi meccanici adeguati alla tipologia del terreno ed allo spessore dello strato da aerare.
- h) Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere steso in strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A1, A2-4 e non superiore a 30 cm (materiale sciolto) per il materiale dei gruppi A2-5, A2-6, A2-7, A3 ed A4.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo o sottogruppo.

Prima di porre in opera uno strato, il precedente dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto un valore di densità secca almeno pari al 95% della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi della densità AASHTO modificata e del modulo di deformazione come più avanti prescritto, l'ESECUTORE, prima di usare terre dei gruppi A2-5, A2-7 e A4, dovrà effettuare opportune prove (in situ e in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la DIREZIONE LAVORI.

Nel caso di impiego di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro $D = 600$ mm.

La densità AASHTO modificata sarà determinata secondo i metodi delle prove di cui alla norma UNI EN 13286-2 in relazione alla massima dimensione degli elementi.

- i) Per ciascuno strato del corpo del rilevato, il valore del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra, secondo CNR-BU n° 146, dovrà risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso e a 40 MPa per la restante zona centrale. Tali valori dei moduli andranno determinati al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa; in entrambi i casi, il rapporto(K) tra i moduli del 1° e 2° ciclo non dovrà essere inferiore a 0.45. Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli del primo e del secondo ciclo di carico risultasse inferiore a 0.45, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 14 di 28

Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

- le caratteristiche dei rulli (tipo, peso);
- la loro velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, la frequenza delle vibrazioni;
- il numero delle passate;
- lo spessore massimo di ciascuno strato.

Sulla scorta del valore del coefficiente K, così ottenuto, verrà individuato un rango con indice minore, – 10% del suddetto K che definirà il campo di accettabilità delle lavorazioni.

Ogniquale volta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.45, siano esterni al campo di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.

Al termine del campo prova dovrà essere consegnata alla DIREZIONE LAVORI una relazione contenente tutti i dati relativi al campo prova stesso.

- l) La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.
- m) Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.
- n) Le eventuali banche laterali antirifiuto dovranno essere realizzate con gli stessi materiali e le stesse modalità costruttive del corpo del rilevato.
- o) Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale umifero, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali la scarpa del corpo del rilevato su cui andrà addossato il nuovo materiale, avendo cura di procedere per fasi, facendo immediatamente seguire ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stessa del relativo nuovo strato (tale da coprire la gradonatura stessa) ed il suo costipamento, in modo da assicurare comunque la viabilità del rilevato esistente.
- p) Nel caso di interruzione e/o sospensione delle lavorazioni sul corpo del rilevato e ogni volta che la stessa dello strato di terreno successivo venga effettuata oltre le 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante, è necessario spargere, subito dopo la compattazione e per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali o anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che eventualmente vi si fosse insediata, dovrà essere aerata, praticandovi, inoltre dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni.
- q) L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al par. 5.5.7.1.
- r) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.
- s) In base alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati vanno rispettati i programmi previsti in progetto per la costruzione dei rilevati stessi in modo che gli eventuali provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui, a far data dal completamento del piano di posa del ballast (compreso l'eventuale strato di sub-ballast), siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e siano comunque inferiori a 5 cm.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: RFI DTC SI CS SP IFS 004 C	FOGLIO 15 di 28

5.5.4.2 Rilevato ferroviario a ridosso delle opere d'arte

5.5.4.2.1 Rilevato-viadotto

Qualora non diversamente previsto dal progetto, a ridosso delle spalle dei viadotti, per graduare con continuità la rigidezza del sottofondo dal rilevato all'opera d'arte al di sotto del piano di piattaforma longitudinalmente all'asse della ferrovia, il rilevato dovrà essere costituito, a partire dalla spalla, come nel seguito indicato:

- gli strati di sub-ballast e supercompattato saranno continui fino al muro paraghiaia;
- la zona di rilevato che insiste sulla zattera di fondazione sarà costituita da misto cementato avente le caratteristiche indicate sotto;
- dalla proiezione del filo più interno della zattera, al livello dell'intradosso dello strato supercompattato, il misto cementato sarà proseguito per 1 m all'interno del rilevato e quindi degraderà a 45° per un'altezza di 3 m quando le spalle sono più alte di 4 m e fino alla quota di estradosso della fondazione della spalla quando la stessa è più bassa di 4 m;
- per le spalle più alte di 4 m, al di sotto del volume di misto cementato il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1 fino all'estradosso dello strato anticapillare;
- successivamente per una lunghezza di 4 m al livello di intradosso del supercompattato e degradando all'interno del corpo del rilevato con pendenza 3/2 (3 orizzontale / 2 verticale) il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1;
- oltre tale volume sarà previsto rilevato standard.

Il misto cementato sarà costituito da inerte calcareo di frantoio rispondente alle norme CNR BU N.29 con fuso di tipo A1 e cemento in ragione del 3% e 4% in massa dell'inerte secco. L'acqua di impasto sarà in ragione del 6% circa della massa secca dell'inerte. La resistenza a compressione con provini cilindrici compattati a 7 gg di stagionatura, come previsto dalla norma CNR citata dovrà essere compresa tra 3 e 7 MPa; per ottenere tali risultati potranno essere usati opportuni additivi. L'inerte da impiegare dovrà provenire da frantumazione di rocce calcaree con preferenza per i calcari teneri con esclusione dei misti calcarei di fiume. Il misto cementato dovrà essere costipato alla densità non inferiore al 95% di quella ottenuta in laboratorio, con le modalità previste al punto 2 della normativa CNR citata. La resistenza a trazione determinata con il metodo brasiliano non dovrà essere inferiore a 0.2 MPa su provini cilindrici stagionati a 7 giorni. Il misto dovrà essere confezionato in cantiere di betonaggio e trasportato sul posto con autobetoniere.

Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore finito di norma di 30 cm. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

5.5.4.2.2 Rilevato-scatolare

Quando le strutture scatolari hanno copertura inferiore a 2.50 m (distanza piano ferro-estradosso soletta superiore) andranno trattate le zone di rilevato adiacenti alle strutture scatolari nel modo descritto nel seguito:

- immediatamente a ridosso della struttura sarà prevista una zona costituita da misto cementato, delle caratteristiche sopra definite, per la lunghezza di un metro a partire dall'estradosso della soletta superiore e successivamente degradando a 45° all'interno del corpo del rilevato. Tale volume di misto cementato sarà realizzato fino alla quota del piano di campagna quando l'estradosso della soletta superiore si trova a quota inferiore a + 4.00 m dal p.c., mentre avrà un'altezza di 3.00 m quando la soletta si trova a quota maggiore a 4.00 m;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 16 di 28

- successivamente sarà previsto un volume di rilevato costituito da materiale del gruppo A1 fino a 5 m oltre il filo della struttura misurati a livello del supercompattato. La scarpa di tale zona di rilevato avrà pendenza 3/2 all'interno del corpo del rilevato. Nella zona sovrastante la soletta superiore dello scatolare fino all'intradosso del supercompattato il rilevato sarà costituito da materiale del gruppo A1;
- oltre tale zona sarà prevista la realizzazione di un rilevato così come prescritto al par. 5.5.4.1.

Quando la distanza fra intradosso supercompattato ed estradosso soletta è inferiore a 20 cm, nella zona sovrastante lo scatolare sarà aumentato lo spessore di supercompattato fino ad appoggiarsi sullo scatolare. Quando invece non è possibile garantire la continuità del supercompattato a causa di bassi ricoprimenti, il misto cementato andrà a coprire lo scatolare ed il supercompattato sarà interrotto ad un metro di distanza dai piedritti.

Il misto cementato dovrà essere posto in opera in strati di spessore massimo (materiale sciolto) di 30 cm. La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

Il materiale A1 deve essere steso per strati con le stesse modalità e requisiti degli strati di rilevato.

5.5.4.3 Rilevato stradale

I rilevati stradali saranno eseguiti con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (par.5.5.4.1) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2).
- Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20MPa al primo ciclo di carico;
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- il modulo di deformazione di ciascuno strato del corpo del rilevato, misurato mediante prova di carico su piastra, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa.

5.5.5 DUNE, RITOMBAMENTI, COLLINE ARTIFICIALI

Con i termini dune, colline artificiali e ritombamenti si definiscono tutte le opere in terra non rientranti nei rilevati (par. 5.5.4) e che non siano opere di presidio idraulico. Esse verranno realizzate con le stesse modalità dei rilevati ferroviari (punto 5.5.4.1) con le eccezioni di seguito elencate:

- il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 10MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i);
- lo strato di anticapillare verrà realizzato solo se previsto in progetto;
- non verrà realizzato lo strato di terreno supercompattato; l'ultimo strato dell'opera in terra avrà le stesse caratteristiche degli strati sottostanti;
- è consentito l'utilizzo di terre trattate a calce per la formazione dell'intera opera in terra;

- dopo la compattazione, la densità secca di ciascuno strato dell'opera in terra dovrà risultare non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2);
- il modulo di deformazione dell'opera in terra, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile, si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i;
- gli strati verranno stesi e costipati con la pendenza indicata in progetto.

Per ritombamenti non destinati a sostenere il corpo stradale, possono essere utilizzate tutte le terre, nel rispetto dei requisiti di portanza, indeformabilità e durabilità definiti in progetto e compatibili con il particolare impiego e con le disposizioni in materia ambientale.

5.5.6 TRINCEE

5.5.6.1 Trincee ferroviarie

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa dello strato supercompattato unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) o A2-4, della classifica UNI 11531-1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 80MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.25 MPa - 0.35MPa e un rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.5.3.b), con valore minimo del modulo di 20 MPa, per tutti gli strati che costituiscono la bonifica, ad eccezione dell'ultimo strato, e cioè quello che costituisce la superficie di appoggio del supercompattato, per il quale il valore minimo del modulo, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, deve essere di 40 MPa; inoltre il rapporto tra i moduli del 1° e il 2° ciclo non inferiore a 0.45.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.

5.5.6.2 Trincee stradali

Gli scavi in trincea saranno eseguiti con le modalità di cui al punto 5.5.2.

Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa della sovrastruttura stradale unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A2, A3 della classificazione di cui alla norma UNI 11531-1/2014.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 18 di 28

5.5.4.1.i). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato di sottofondo, un modulo di 50MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa.

Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito secondo le modalità di cui al punto 5.5.3.b), con valore minimo del modulo di 20 MPa.

Le scarpate dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel par. 5.5.8.

5.5.7 STRATO “SUPERCOMPATTATO”

5.5.7.1 Strato “supercompattato” per rilevati e trincee ferroviarie

La superficie costituente il piano di posa del sub-ballast, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- a) Dovranno essere impiegate terreni delle categorie A1, A2-4 e A3, queste ultime se corrette con aggiunta di finopassante al setaccio 0.4 UNI.
- b) Il terreno utilizzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:
 - dimensione non superiore a 63 mm, con forma non appiattita, allungata o lenticolare;
 - granulometria compresa in uno dei due fusi (A o B) di cui alla norma UNI 11531-1/2014 – Prospetto 2;
 - perdita in massa, determinata con la prova Los Angeles (UNI EN 1097-2), eseguita, ove possibile, sulle singole pezzature, non superiore al 50%;
 - equivalente in sabbia, per i terreni di tipo A3 $\geq 25\%$, con un coefficiente di disuniformità maggiore di 7;
 - indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47), all'umidità ottima di costipamento, dopo quattro giorni di imbibizione di acqua eseguito sul materiale passante al setaccio 31.5, non minore di 50;
 - la miscelazione del materiale e la posa in opera dovranno essere eseguite in maniera da garantire l'omogeneità della granulometria che deve sempre rientrare nel fuso scelto (UNI 11531-1/2014 – Fuso A o B).
- c) Se le miscele contengono oltre il 60% in massa di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione dovrà avvenire sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti punti.
- d) Dovranno comunque essere esclusi terreni di natura pozzolanica od altri materiali piroclastici.
- e) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI EN 13286-2) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di $\pm 2\%$ dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione.
- f) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.
- g) Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti semoventi. L'idoneità delle attrezzature e delle tecniche di costipamento verranno verificate con una prova sperimentale in situ impiegando i materiali risultanti dagli studi preliminari in un campo prova sul quale si eseguiranno le determinazioni del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra e della densità. Se la misura in situ riguarda materiale contenente fino al 25% in massa di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità di riferimento (AASHTO modificata), ottenuta in laboratorio, dovrà essere aumentata in base alla formula:

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 19 di 28

$$dc = \frac{100}{\frac{100-x}{d_a} + \frac{x}{p_c}}$$

dove:

d_c = densità corretta;

d_a = densità AASHTO modificata;

x = percentuale in massa degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

p_c = massa volumica reale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

Rispetto al valore della densità così aumentata si applicherà la prescrizione del 98%.

Se la percentuale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm e' compresa tra il 25 % ed il 40 %, al termine x dovrà sempre essere assegnato il valore 25.

- h) Dopo il costipamento, in ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione M_d , misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 80MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.45 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al punto 5.5.4.1.i). Sulla sommità dello strato supercompattato, per l'intera larghezza della piattaforma, subito dopo la compattazione, si dovrà intervenire con fitociti, antigerminali o anche taletossici.

5.5.7.2 Strato di sottofondo per rilevati e trincee stradali

La superficie costituente il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- Dovranno impiegarsi terreni appartenenti alle categorie A1, A2-4, A2-5 e A3, con un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore di 7. Inoltre (UNI 11531-1/2014 – punto 4.1.4) è richiesto che:
 - non vi siano granuli di dimensioni > 63 mm;
 - il passante a 0.063 mm sia ≤ 15 %;
 - l'indice di plasticità sia ≤ 6 , meglio se N.P.;
 - il passante al setaccio da 16 mm sia almeno del 50 %.
- In ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (UNI EN 13286-2). Il modulo di deformazione M_d , misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 50 MPa al primo ciclo di carico.
- L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità ottima in funzione della densità secondo la prova AASHTO modificata avverrà mediante dispositivi spruzzatori.
- Le operazioni anzidette non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello stesso strato supercompattato. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Esecutore.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>004</u> <u>C</u>	FOGLIO 20 di 28

5.5.8 INERBIMENTO

Sulle scarpate del rilevato dovrà essere posato uno strato di terreno vegetale unifero dello spessore di 20 cm da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo d'appresso la costituzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio, salvo che il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, nel qual caso detti gradoni non sono necessari.

La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, sì da ottenere i migliori risultati. La semina dovrà, se necessario, essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Si potrà anche provvedere all'inerbimento mediante altri sistemi, con specifiche approvate dalla DL.

Per le scarpate dei rilevati ferroviari e stradali, l'inerbimento verrà effettuato seguendo dappresso la costruzione del rilevato.

5.6 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- a) In merito alla individuazione dei materiali provenienti dagli scavi e riutilizzabili per la costruzione delle opere in terra, sarà cura ed onere dell'ESECUTORE, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla DIREZIONE LAVORI un'esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori.

Qualora i quantitativi dei materiali individuati fossero insufficienti alle esigenze di costruzione, sarà cura dell'ESECUTORE presentare anche un'analoga documentazione relativa alle cave di prestito.

- b) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla DIREZIONE LAVORI.
- c) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati.
- d) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino ad una distanza inferiore a 1.5 m. da opere preesistenti.

A ridosso dei manufatti l'ESECUTORE dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

- e) Sarà cura dell'ESECUTORE fare effettuare le prove in sito e di laboratorio previste dalla "Specifiche di Controllo", così come quelle integrative che la DIREZIONE LAVORI ritenesse necessarie per accertare la qualità del lavoro.
- f) Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'ESECUTORE dovrà garantire la presenza in cantiere temporanea o permanente di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste dalle "Specifiche di Controllo".

Tale laboratorio dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire.

- g) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali,

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: RFI DTC SI CS SP IFS 004 C	FOGLIO 21 di 28

provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio definitive ed alla realizzazione di tutte le opere provvisorie (well-point, palancole, deviazioni, aggettamenti, etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.

- h) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito così come di quelli provenienti dagli scavi.
- i) Nel caso in cui, in qualsiasi fase di lavoro, siano rinvenuti oggetti o materiali di valore od oggetti tutelati dalle leggi vigenti, l'ESECUTORE dovrà scrupolosamente attenersi a quanto prescritto dal Contratto.
- l) Sarà onere dell'ESECUTORE provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli, se previsti, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevati per tener conto dell'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle previste nel progetto costruttivo.
- m) Sarà onere dell'ESECUTORE il trasporto e lo smaltimento a discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo.
- n) Sarà cura dell'ESECUTORE, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.
- o) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi dell'ESECUTORE e di garantire costantemente la percorribilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza.
- p) Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere a programmare i lavori conformemente alle fasi costruttive previste in progetto e verificare che i dati provenienti dal monitoraggio in corso d'opera siano rispondenti a quelli previsti in progetto. Nel caso in cui si verificano delle differenze, dovrà essere tempestivamente informata la DIREZIONE DEI LAVORI. Sarà inoltre onere dell'ESECUTORE raccogliere e consegnare alla DIREZIONE DEI LAVORI i dati del monitoraggio, con cadenza almeno mensile.

5.6.1 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN ESCLUSIONE DAL REGIME DEI RIFIUTI

Si rimanda a quanto disciplinato nella sezione 20 del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

5.6.2 PRESCRIZIONI ED ONERI PARTICOLARI PER LA GESTIONE DEI MATERIALI IN REGIME DEI RIFIUTI

Si rimanda a quanto disciplinato nella sezione 20 del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

5.7 CONTROLLI

5.7.1 PRESCRIZIONI GENERALI

L'incidenza delle prove definite nelle specifiche di Controllo deve ritenersi come livello minimo; tale incidenza dovrà essere incrementata in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato o rinterro e della variabilità nelle procedure di compattazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 004 C</u>	FOGLIO 22 di 28

L'ESECUTORE potrà eseguire le prove di controllo in proprio o tramite un laboratorio qualificato dall'ESECUTORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI.

Il personale addetto dovrà essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili dovrà essere tale da poter esperire le prove in sito ed in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite in una sede adeguatamente attrezzata e capiente distaccata presso il cantiere dell'ESECUTORE ed accessibile alla DIREZIONE LAVORI.

Prima di iniziare i lavori l'ESECUTORE dovrà trasmettere alla DIREZIONE LAVORI l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove dovrà essere trasmesso tempestivamente su appositi moduli.

Tutti gli oneri conseguenti all'effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente articolo devono intendersi a totale carico dell'ESECUTORE.

Prima di iniziare i lavori in oggetto, l'ESECUTORE dovrà disporre di un Piano dei Controlli approvato dalla DL, per ogni opera da eseguire.

Le prove saranno eseguite presso il laboratorio, accettato dalla DIREZIONE LAVORI o in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato ed allegato al Piano dei Controlli.

Per le prove in situ, su ciascun rapporto di prova certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- le caratteristiche identificative del lotto testato
- la data di esecuzione del test
- i risultati ottenuti
- il nome e firma del controllore

Per le prove di piastra su ciascun rapporto di prova certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- la provenienza del materiale testato, con indicazione del lotto o qualsiasi altro elemento identificativo;
- il nominativo dell'operatore che ha eseguito la prova;
- data e luogo della prova;
- visto di chi ha approvato l'emissione del rapporto di prova certificato.

L'esito di tutte le prove e di tutti i controlli effettuati dovrà essere trasmesso alla DIREZIONE LAVORI.

La DIREZIONE LAVORI potrà indicare, a sua discrezione, i punti per il campionamento dei materiali e per l'esecuzione delle prove in situ.

Per quanto concerne i controlli inerenti le tematiche ambientali si rimanda a quanto riportato nei paragrafi precedenti nonché a quanto disciplinato dalla normativa di settore vigente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>004</u> <u>C</u>	FOGLIO 23 di 28

5.8 CONTROLLI SUGLI SCAVI

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il Piano dei Controlli completo delle relative schede per il controllo delle attività.

5.8.1 SCAVI A MANO O A MACCHINA

Sono richiesti i seguenti controlli.

5.8.1.1 Controllo della geometria

Questo controllo sarà eseguito dall'ESECUTORE durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee e piani di posa delle opere in terra) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni, lo stato delle superfici e le quote di progetto.

I risultati delle verifiche finali saranno annotati con la data e la firma del verificatore sull'apposita scheda prevista dal Piano dei Controlli.

5.8.1.2 Controllo della densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'ESECUTORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m² o su lotti di scavo di 1000 m².

5.8.1.3 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'ESECUTORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m². o su lotti di scavo di 1000 m².

5.8.2 SCAVI CON ESPLOSIVI

Lo scavo con uso di esplosivi dovrà essere eseguito secondo quanto riportato negli elaborati grafici, dove sono indicati il posizionamento delle cariche, la quantità di carica in ogni foro e completati con una relazione esplicativa in cui sia chiaramente documentata la necessità dell'uso dell'esplosivo, la quantità previste e le modalità esecutive.

Per questo tipo di scavi sono richiesti:

- la verifica del rilascio dei permessi da parte delle autorità competenti;
- la verifica della qualifica del personale addetto al maneggio degli esplosivi.

Entrambe queste documentazioni, in copia, saranno conservate dall'ESECUTORE in prossimità dei luoghi di lavoro a disposizione della DIREZIONE LAVORI e delle Autorità preposte.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>004</u> <u>C</u>	FOGLIO 24 di 28

5.9 CONTROLLI SUI RINTERRI

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il Piano dei Controlli completo delle relative schede per il controllo delle attività.

5.9.1 CONTROLLI SUI MATERIALI

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare (par.5.5.3.b). Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

- materiale proveniente da scavo: una prova ogni 3.000 mc;
- materiale proveniente da cava: non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava provvista di apposita certificazione e accompagnato da relativo certificato (per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

5.9.2 CONTROLLO DELLA DENSITÀ SECCA

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra (par. 5.5.3.b)

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.9.3 CONTROLLO DEL MODULO DI DEFORMAZIONE

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

Per ciascuno strato di bonifica dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m³ e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento dello scavo dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m³ e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

5.9.4 CONTROLLO DELLO SPESSORE DEGLI STRATI

Si dovrà misurare lo spessore dello strato di materiale da compattare (materiale sciolto) e controllare che siano rispettati i valori previsti nei paragrafi precedenti.

Il controllo dovrà essere effettuato per ogni strato steso e almeno ogni 200 m.

5.10 CONTROLLI SUI RILEVATI

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il Piano dei Controlli completo delle relative schede per il controllo delle attività.

5.10.1 RILEVATI FERROVIARI

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità, di cui al par.5.5.2, ed i controlli di cui al par. 5.8.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>004</u> <u>C</u>	FOGLIO 25 di 28

5.10.1.1 Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa del rilevato (par. 5.5.4.1.a/b) o di riempimento, per raggiungere la quota del piano di posa del rilevato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par. 5.9.1.

5.10.1.2 Corpo del rilevato

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati per il primo strato del corpo del rilevato (anticapillare- par. 5.5.4.1.c) e per tutto il corpo del rilevato, i controlli verranno effettuati come di seguito indicato.

Per i materiali provenienti da cave certificate, l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso il controllo per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurrà quindi al controllo del certificato.

Nel caso di impiego di materiali di natura diversa di quelli approvati in sede di qualificazione del materiale, la DIREZIONE LAVORI deciderà sul tipo e quantità di prove da effettuare.

Per materiali provenienti da scavo le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di n.2 campionamenti per ogni lotto e volume non maggiore di 3000 m³ (UNI 11531-1/2014) di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.1.3 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali

Per il corpo del rilevato, prima della compattazione, dovrà essere determinato (UNI EN 13286-2) il contenuto d'acqua del materiale da utilizzare, e confrontato con i limiti stabiliti (par.5.5.4.1.g). Nel caso ci sia la necessità di variarlo, mediante l'aggiunta di acqua o mediante evaporazione, la determinazione del contenuto d'acqua verrà ripetuta anche dopo le suddette operazioni.

La frequenza dei controlli sarà di 1 ogni 10000 m³ e comunque almeno 1 ogni strato da compattare.

5.10.1.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopracitati controlli saranno effettuate per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 m².

5.10.1.5 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta rispettivamente per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Nel caso di utilizzo, preventivamente approvato, di frammenti di roccia, non verrà effettuata la prova per la determinazione della densità secca.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>004</u> <u>C</u>	FOGLIO 26 di 28

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

5.10.1.6 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato (par. 5.5.4.1.b; 5.5.4.1.c; 5.5.4.1.i).

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6

5.10.1.7 Controllo della geometria del rilevato

Dovranno essere misurate, su tutta la lunghezza dei rilevati, l'altezza del rilevato, la larghezza delle banchine (se presenti) e la differenza di quota banchina-ciglio del rilevato o altra banchina, e verificare che siano conformi al progetto.

5.10.1.8 Controllo dell'inerbimento delle scarpate del rilevato

Dovrà essere controllato lo spessore dello strato di terreno vegetale umifero, l'eventuale realizzazione di gradoni di ancoraggio e l'uniformità dell'inerbimento.

I controlli dovranno essere effettuati su entrambe le scarpate con una frequenza di 1 ogni 2000 m².

5.10.1.9 Monitoraggi

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della relazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

5.10.2 RILEVATI A RIDOSSO DI OPERE D'ARTE

5.10.2.1 Controllo del materiale

Il misto cementato impiegato (par. 5.5.4.2.1) sarà accompagnato da certificazioni controllato mediante prova di resistenza a compressione su provini cilindrici compattati a 7 giorni di stagionatura, secondo norme CNR. B.U. n°29.

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera.

5.10.2.2 Controllo della densità secca

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

5.10.2.3 Controllo del modulo di deformazione

La frequenza delle prove sarà in ragione di una prova ogni strato posto in opera di misto cementato e di A1.

5.10.2.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>004</u> <u>C</u>	FOGLIO 27 di 28

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto.

I sopraccitati controlli saranno effettuati per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 m².

5.10.3 RILEVATI STRADALI

Per i rilevati stradali valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par. 5.10.1.

5.10.4 CONTROLLI SULLE DUNE, RITOMBAMENTI E COLLINE ARTIFICIALI

Per le opere che ricadono in questa categoria valgono le stesse prescrizioni previste per il controllo dei rilevati ferroviari di cui al par. 5.10.1.

5.10.5 CONTROLLI SULLE TRINCEE

5.10.5.1 Trincee ferroviarie

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità ed i controlli di cui al par. 5.8.

5.10.5.1.1 Controlli sui materiali

Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa dello strato supercompattato, verranno controllati secondo quanto previsto nel par. 5.9.1.

5.10.5.1.2 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica (par. 5.5.3.b) si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dello strato supercompattato si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.5.1.3 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione del piano di posa o di ciascuno strato di terra che costituisce la bonifica si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per questo tipo di opera.

I controlli dovranno essere eseguiti con una frequenza di almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato(supercompattato) si rinvia al successivo par. 5.10.6.

5.10.5.1.4 Monitoraggi

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI, mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della relazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 5 OPERE IN TERRA E SCAVI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 5	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>004</u> <u>C</u>	FOGLIO 28 di 28

frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

5.10.5.2 Trincee stradali

Per le trincee stradali valgono le stesse prescrizioni delle trincee ferroviarie di cui al par. 5.10.5.1.

5.10.6 CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO

5.10.6.1 Controlli sui materiali

Il materiale in opera dovrà presentarsi uniformemente miscelato, privo di segregazione dei suoi costituenti.

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati, i controlli (5.5.7.1.a) della granulometria del materiale, della determinazione del C.B.R., della prova Los Angeles, del coefficiente di disuniformità e dell'equivalente in sabbia, verranno effettuati in cave certificate precedentemente selezionate dall'ESECUTORE; l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di accettazione della cava, completo dei certificati del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso i controlli in corso d'opera per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurranno al controllo del certificato.

L'equivalente in sabbia dovrà essere determinato anche dopo il costipamento, presso il laboratorio accettato dalla DIREZIONE LAVORI, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato. Queste prove verranno effettuate con una frequenza minima di 1 prova ogni 1000 m³.

5.10.6.2 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati

Si dovrà misurare lo spessore massimo dello strato e verificare che non sia inferiore a quelli di progetto, con una tolleranza di più o meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm controllato con un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

I sopracitati controlli saranno effettuati con una frequenza di almeno 1 per ogni 1000 m².

5.10.6.3 Controlli sulla densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.5.7.1.h) che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta.

La frequenza dei controlli dovrà essere almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

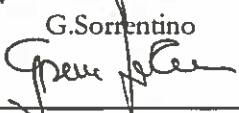
5.10.6.4 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare (5.5.7.1.h) che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato.

Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m², e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 1 di 157

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI	
PARTI II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
6.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 6.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 6.3 DEFINIZIONI 6.4 ABBREVIAZIONI 6.5 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO 6.6 OPERE IN ACCIAIO ALLEGATO 1 – OMOLOGAZIONE E RINNOVO DI CICLI DI VERNICIATURA ALLEGATO 2 – SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEI PRODOTTI VERNICIANTI ALLEGATO 3 – ELEMENTO CAMPIONE PER LE PROVE DI APPLICAZIONE PRATICA	

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	F.Carmona D.Faraldi G.Sorrentino	M.Tisalvi	F.Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	F.Carmona D.Faraldi G.Sorrentino	M.Tisalvi	F.Iacobini
C	21/12/2018	Emissione per Applicazione	F.Carmona  D.Faraldi  G.Sorrentino 	M.Tisalvi 	F.Iacobini 

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 2 di 157

INDICE

	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	4
	6.1.1 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO.....	4
	6.1.2 OPERE IN ACCIAIO.....	4
	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
6.1	6.2.1 NORMATIVA NAZIONALE.....	5
	6.2.2 NORMATIVA EUROPEA	5
6.2	6.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA	11
	6.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA	12
	DEFINIZIONI.....	12
	ABBREVIAZIONI.....	13
6.3	OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	13
6.4	6.5.1 PRESCRIZIONI GENERALI	13
6.5	6.5.2 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO	14
	6.5.3 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO	16
	6.5.4 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO	18
	6.5.5 REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO.....	20
	6.5.6 REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE	25
	6.5.7 PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO	26
	6.5.8 QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	29
	6.5.9 CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA.....	32
	6.5.10 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.	35
	6.5.11 NORME E REGOLE DI ESECUZIONE	38
	6.5.12 ELEMENTI PRECOMPRESSI	47
	6.5.13 ELEMENTI PREFABBRICATI.....	51
	6.5.14 CALCESTRUZZI SPECIALI.....	54
	6.5.15 TOLLERANZE COSTRUTTIVE.....	61
	6.5.16 INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O RINFORZO DI STRUTTURE DEGRADATE IN CALCESTRUZZO	63
6.6	6.5.17 PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO.....	82
	6.5.18 ANCORAGGI E INGHISAGGI.....	85
	6.5.19 INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA.....	89
	OPERE IN ACCIAIO	98
	6.6.1 CLASSI DI ESECUZIONE.....	98
	6.6.2 REQUISITI E OBBLIGHI DELL'ESECUTORE.....	98
	6.6.3 QUALITÀ DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	100
	6.6.4 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI	106
	6.6.5 LAVORAZIONI D'OFFICINA E PRESCRIZIONI.....	109
	6.6.6 BULLONATURE.....	111
	6.6.7 SALDATURE	115
	6.6.8 PREMONTAGGIO IN OFFICINA DELLE STRUTTURE PER PONTI FERROVIARI.....	137
	6.6.9 MONTAGGIO IN OPERA	138
	6.6.10 TRATTAMENTI SUPERFICIALI.....	140
	ALLEGATO 1 – OMOLOGAZIONE E RINNOVO DI CICLI DI VERNICIATURA.....	148
	1.1 ITER DI OMOLOGAZIONE.....	148
	1.2 CLASSI DI CORROSIVITÀ ATMOSFERICA E REQUISITI MINIMI	149

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 3 di 157

1.3	PROVE DI PREQUALIFICAZIONE DELLA VERNICIATURA	149
1.3.1	CAMPIONI E PROVINI.....	149
1.3.2	ANALISI CHIMICHE	150
1.3.3	INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE IN NEBBIA SALINA.....	150
1.3.4	INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE PER ESPOSIZIONE AI RAGGI UV	151
1.3.5	PROVA DI RESISTENZA ALL'URTO	151
1.3.6	RESISTENZA ALLE ATMOSFERE UMIDE CONTENENTI ANIDRIDE SOLFOROSA	152
1.4	PROVE DI APPLICAZIONE DEL CICLO.....	152
1.5	DOSSIER DI OMOLOGAZIONE	153
1.6	RINNOVO DEI CICLI DI VERNICIATURA.....	153
1.7	DISPOSIZIONI TRANSITORIE	154
	ALLEGATO 2 – SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEI PRODOTTI VERNICIANTI	155
	DATI DEL PRODOTTO VERNICIANTE (PARTE 1).....	155
	IDENTIFICAZIONE CHIMICA DEL PRODOTTO (PARTE 2).....	156
	ALLEGATO 3 – ELEMENTO CAMPIONE PER LE PROVE DI APPLICAZIONE PRATICA DEL CICLO DI VERNICIATURA.....	157

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 4 di 157

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (cod. RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la sezione 6 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SICS SP IFS 001 B).

6.1

6.1.1 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Le prescrizioni contenute al par. 6.5 si applicano al conglomerato cementizio per usi strutturali, armato e non, ordinario e precompresso, gettato in opera o prefabbricato.

Nel seguito sono definite:

- le caratteristiche d'idoneità per le miscele di calcestruzzo e i loro componenti,
- le caratteristiche d'idoneità per gli acciai d'armatura e di precompressione,
- le prescrizioni relative alla produzione e al trasporto dei materiali impiegati,
- le modalità esecutive applicabili al fine di ottenere le migliori caratteristiche prestazionali per i materiali richieste dal progetto approvato e di garantire la qualità e durabilità delle opere.

Sono altresì indicati i requisiti riguardo alle malte cementizie per iniezione delle guaine nella post-tensione delle travi e alle malte da utilizzare per i ripristini strutturali e per le rasature delle superfici.

Salvo quanto diversamente indicato nel contratto d'appalto, i controlli, i requisiti e le prescrizioni descritti nel seguito devono integralmente applicarsi a tutte le opere appaltate dalle FERROVIE per la cui realizzazione è previsto l'impiego di almeno 300 m³ di calcestruzzo e comunque sempre nel caso di realizzazione di opere sotto binario e cavalcaferrovia.

Per opere che prevedano l'impiego di quantità complessive di calcestruzzo minori di tale limite, si rimanda alle prescrizioni e ai controlli previsti dalle norme di legge vigenti.

6.1.2 OPERE IN ACCIAIO

Le prescrizioni contenute al par. 6.6, si applicano all'acciaio per carpenteria metallica destinato alla realizzazione delle seguenti tipologie di opere:

- ponti e viadotti ferroviari;
- cavalcavia, passerelle pedonali e altre strutture interferenti con la sede ferroviaria di proprietà di FERROVIE;
- barriere antirumore;
- fabbricati e pensiline.

Nel seguito sono definiti i requisiti per l'esecuzione di costruzioni in acciaio e in particolare:

- le proprietà meccaniche e chimiche del materiale;
- le procedure di controllo dei materiali e delle lavorazioni;
- le caratteristiche dimensionali e di impiego;
- i controlli da eseguire in fase di premontaggio e/o montaggio
- le caratteristiche del trattamento protettivo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 5 di 157

Limitatamente ai cavalcavia e alle passerelle pedonali interferenti la sede ferroviaria realizzati da altri Enti, la presente potrà essere applicata:

- alla sola campata sovrastante la sede ferroviaria nel caso di impalcati semplicemente appoggiati;
- alla campata sovrastante la sede ferroviaria e alle due adiacenti sia nel caso di impalcati continui che per i controlli sui dispositivi di vincolo.

Per le altre campate le FERROVIE potranno acquisire la documentazione prodotta dal Direttore dei Lavori in ottemperanza agli obblighi di legge e contrattuali.

DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- 6.2 I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elenca di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

6.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 5/11/1071 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."
- DM Infrastrutture 17/1/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.I.L.P.P. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»;
- DM 9/5/2003 n. 156 "Criteri e modalità per il rilascio dell'abilitazione degli organismi di certificazione, ispezione e prova nel settore dei prodotti da costruzione";
- Legge 26/5/1965 n.595 "Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici";
- DPR 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida sul calcestruzzo strutturale - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee guida per la produzione, il trasporto ed il controllo del calcestruzzo preconfezionato - del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;

6.2.2 NORMATIVA EUROPEA

Calcestruzzo:

- UNI EN 206:2014 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI EN 12350-2:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 2: Prova di abbassamento al cono;
- UNI EN 12350-5:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 5: Prova di spandimento alla tavola a scosse;
- UNI EN 12350-7:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 7: Contenuto d'aria - Metodo per pressione;
- UNI EN 12350-6:2009 Prova sul calcestruzzo fresco - Parte 6: Massa volumica;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 6 di 157

- UNI EN 12390-2:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 2: Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza;
- UNI EN 12390-3:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini;
- UNI EN 12390-5:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 5: Resistenza a flessione dei provini;
- UNI EN 12390-6:2010 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 6: Resistenza a trazione indiretta dei provini;
- UNI EN 12390-7:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 7: Massa volumica del calcestruzzo indurito;
- UNI EN 12390-8:2009 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 8: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione;
- UNI EN 12390-13:2013 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 13: Determinazione del modulo di elasticità secante in compressione;
- UNI EN 12504-1:2009 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione;
- UNI EN 12504-2:2012 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive – Determinazione dell'indice sclerometrico;
- UNI EN 12504-3:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione;
- UNI EN 12504-4:2005 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici;
- UNI EN 13670:2010 Esecuzione di strutture di calcestruzzo.

Acciaio:

- UNI EN 10080:2005 Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità;
- UNI EN ISO 15630-2:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti saldate;
- UNI EN ISO 15630-3:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 3: Acciaio per calcestruzzo armato precompresso;
- UNI EN ISO 15630-1:2010 Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili;
- UNI EN 1090-2 - Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio;
- UNI EN ISO 3834 “Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici;
- UNI EN ISO 3834-2 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici - Parte 2: Requisiti di qualità estesi;
- UNI EN 10210 Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 7 di 157

- UNI EN 10219-1:2006 Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura;
- UNI EN 10163-2:2005 Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo - Parte 2: Lamiera e larghi piatti;
- UNI EN 10163-3:2005 Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati e a caldo. Parte 3: Profilati;
- UNI EN 10025-1:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10025-2:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10025-3:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato;
- UNI EN 10025-5:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica;
- UNI EN 10160:2001 Controllo con ultrasuoni di prodotti piani di acciaio con spessore maggiore o uguale a 6 mm (metodo per riflessione);
- UNI EN ISO 1461:2009 Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova;
- UNI EN 14399-4:2015 Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 4: Sistema HV - Assiemi vite e dado esagonali;
- UNI EN 14399-10:2009 Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 10: Sistema HRC - Assiemi vite e dado con serraggio calibrato;
- UNI EN 14399-6:2015 Assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico - Parte 6: Rondelle piane bisellate;
UNI EN ISO 7090:2001 Rondelle piane, smussate - Serie normale - Categoria A;
- UNI EN ISO 898 -1:2013 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine;
- UNI EN ISO 898-2:2012 Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine;
- UNI EN ISO 4759-1:2001 Tolleranze per elementi di collegamento - Viti, viti prigioniere e dadi - Categorie A, B e C;
- UNI EN ISO 8501 Preparazione di substrati di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti correlati - Valutazione visiva del grado di pulitura della superficie;
- UNI EN ISO 8503 Preparazione di supporti di acciaio prima dell'applicazione di prodotti vernicianti e prodotti simili - Caratteristiche di rugosità superficiale di supporti di acciaio puliti mediante sabbiatura;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 8 di 157

- UNI EN ISO 2808:2007 Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film;
- UNI EN ISO 9117-3:2010 Pitture e vernici - Prove di essiccamento - Parte 3: Prova di essiccamento superficiale mediante il metodo delle perline di vetro;
- UNI EN ISO 6504-1:2006 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 1: Metodo di Kubelka-Munk per pitture bianche e chiare;
- UNI EN ISO 6504-3:2007 Pitture e vernici - Determinazione del potere coprente - Parte 3: Determinazione del rapporto di contrasto di pitture di colore chiaro a una resa fissata;
- UNI EN ISO 3251:2008 Pitture, vernici e materie plastiche - Determinazione del contenuto di sostanze volatili;
- UNI EN ISO 2811-1:2016 Pitture e vernici – Determinazione della densità – Parte 1: Metodo col picnometro;
- UNI EN ISO 4624:2016 Pitture e vernici – Test di trazione (pull-off test) per adesione;
- UNI EN ISO 2409:2013 Pitture e vernici - Prova di quadrettatura;
- UNI EN ISO 12944 - Pitture e vernici – Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura;
- UNI EN ISO 9227:2012 Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
- UNI EN ISO 10025 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali;
- UNI EN ISO 10025-2:2005 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN ISO 15528:2014 Pitture, vernici e materie prime per pitture e vernici - Campionamento
- UNI EN ISO 1513:2010 Pitture e vernici - Controllo e preparazione dei campioni di prova;
- UNI EN ISO 1514:2005 Pitture e vernici - Pannelli unificati per le prove;
- EN ISO 1514:2016 Paints and varnishes - Standard panels for testing (ISO 1514:2016);
- UNI EN ISO 4628 Pitture e vernici – Valutazione della degradazione dei rivestimenti;
- UNI EN ISO 16474-3:2014 Pitture e vernici - Metodi per l'esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade UV fluorescenti;
- UNI EN ISO 3231:1999 Pitture e vernici - Determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti diossido di zolfo;
- UNI EN ISO 6272 - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto).

Aggregati:

- UNI EN 932-3:2004 Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata;
- UNI EN 1097-5:2008 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 5: Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 9 di 157

- UNI EN 1097-6:2013 Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua;
- UNI EN 12620:2008 Aggregati per calcestruzzo.

Aggiunte:

- UNI EN 450-1:2012 Ceneri volanti per calcestruzzo - Parte 1: Definizione, specifiche e criteri di conformità;
- UNI EN 13263-1:2009 Fumi di silice per calcestruzzo - Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;
- UNI EN 15167-1:2006 Loppa d'altoforno granulata macinata per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 1: Definizioni, specifiche e criteri di conformità.
- UNI EN 12878:2014 Pigmenti per la colorazione dei materiali da costruzione a base di cemento e/o calce - Requisiti e metodi di prova.

Additivi:

- UNI EN 480-4:2006 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Metodi di prova - Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;
- UNI EN 934-2:2012 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 2: Additivi per calcestruzzo - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;
- UNI EN 934-4:2009 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione - Parte 4: Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione - Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

Acqua di impasto:

- UNI EN 1008:2003 Acqua d'impasto per il calcestruzzo - Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua, incluse le acque di ricupero dei processi dell'industria del calcestruzzo, come acqua d'impasto del calcestruzzo.

Cemento:

- UNI EN 196-9:2010 Metodi di prova dei cementi - Parte 9: Calore d'idratazione - Metodo semiadiabatico;
- UNI EN 197-1:2011 Cemento - Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni.

Calcestruzzi precompressi e prefabbricati:

- UNI EN 445:2007 Boiacca per cavi di precompressione - Metodi di prova;
- UNI EN 523:2005 Guaine in fogli di acciaio per cavi di precompressione - Terminologia, prescrizioni, controllo della qualità;
- UNI EN 13369:2013 Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo.

Calcestruzzo proiettato:

- UNI EN 14487-1:2006 Calcestruzzo proiettato - Parte 1: Definizioni, specifiche e conformità;
- UNI EN 14487-2:2007 Calcestruzzo proiettato - Parte 2: Esecuzione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 10 di 157

- UNI EN 14488-1:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 1: Campionamento sul calcestruzzo fresco e sul calcestruzzo indutito;
- UNI EN 14488-2:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 2: Resistenza alla compressione del calcestruzzo spruzzato giovane;
- UNI EN 14488-4:2005 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 4: Aderenza per trazione diretta sulle carote;
- UNI EN 14488-6:2006 Prove sul calcestruzzo proiettato – Parte 6: Spessore del calcestruzzo su un supporto;

Malte di cemento:

- UNI EN 1504-2:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Sistemi di protezione delle superfici di calcestruzzo;
- UNI EN 1504-3:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 3: Protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo;
- UNI EN 1504-6:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 6: Ancoraggio dell'armatura di acciaio;
- UNI EN 1504-10:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 10: Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori;
- UNI EN 1015-17:2008 Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 17: Determinazione del contenuto di cloruro solubile in acqua delle malte fresche;
- UNI EN 12190:2000 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza a compressione delle malte da riparazione;
- UNI EN 196-1:2016 Metodi di prova dei cementi - Parte 1: Determinazione delle resistenze meccaniche;
- UNI EN 13412:2007 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione del modulo elastico in compressione;
- UNI EN 1542:2000 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Misurazione dell'aderenza per trazione diretta;
- UNI EN 13687-1:2003 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della compatibilità termica - Cicli di gelo-disgelo con immersione in sali disgelanti;
- UNI EN 12615:2001 Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza al taglio;
- UNI EN 13057:2003 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione dell'assorbimento capillare.
- UNI EN 13295:2005 Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Metodi di prova - Determinazione della resistenza alla carbonatazione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 11 di 157

Pitture e vernici:

- UNI EN 1062-3:2008 Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Parte 3: Determinazione della permeabilità all'acqua liquida;
- UNI EN 1062-6:2003 Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Determinazione della permeabilità all'anidride carbonica
- UNI EN 1062-7:2005 Pitture e vernici - Prodotti e sistemi di verniciatura per muratura e calcestruzzo esterni - Parte 7: Determinazione delle proprietà di resistenza alla screpolatura;
- UNI EN 1062-11:2003 Pitture e vernici - Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo - Metodi di condizionamento prima delle prove;
- UNI EN ISO 7783 Pitture e vernici - Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo - Metodo della capsula.

Altro:

- UNI EN ISO 9001:2015 Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti;
- UNI CEI EN ISO /IEC 17021 del 2011: Valutazione della conformità -Requisiti per gli organismi che forniscono audit e certificazione di sistemi di gestione.

6.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- UNI 11201:2007 Prove sul calcestruzzo fresco - Determinazione del contenuto di acqua;
- UNI 7087:2002 Calcestruzzo - Determinazione della resistenza al degrado per cicli di gelo e disgelo;
- UNI 7123:1972 Calcestruzzo. Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione;
- UNI 8147:2008 Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi - Determinazione dell'espansione contrastata della malta;
- UNI 8520-1:2015 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Parte 1: Designazione e criteri di conformità;
- UNI 8520-2:2016 Aggregati per calcestruzzo - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 - Parte 2: Requisiti;
- UNI 8520-22:2002 Aggregati per confezioni di calcestruzzi - Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;
- UNI 8866-1:2009 Prodotti disarmanti - Definizioni e classificazione;
- UNI 8866-2:1986 Prodotti disarmanti - Prova dell'effetto disarmante alle temperature di 20 e 80 gradi C. su superfici di acciaio e legno trattato;
- UNI 9156:1997 Classifica e definisce i requisiti dei cementi resistenti all'azione aggressiva (espansiva) dei solfati contenuti nelle acque e nei terreni;
- UNI 9156:2015 Cementi resistenti ai solfati - Classificazione e composizione;
- UNI 9606:1997 Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 12 di 157

- UNI 9944:1992 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo;
- UNI 10622:1997 Barre e vergella (rotoli) di acciaio d armatura per cemento armato, zincati a caldo;
- UNI 11039-1:2003 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio - Definizioni, classificazione e designazione;
- UNI 11104:2016 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206;
- UNI 11307:2008 Prove sul calcestruzzo indurito – Determinazione del ritiro;
- UNI 11417-2:2014 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Parte 2: Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice;
- UNI 11417-1:2012 Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Parte 1: Istruzioni per ottenere la resistenza alle azioni aggressive;
- UNI 11530:2014 Determinazione della potenziale reattività agli alcali degli aggregati per calcestruzzo – esame petrografico di dettaglio per la determinazione dei costituenti potenzialmente reattivi agli alcali
- UNI 8998:1987 Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della quantità d' acqua d' impasto essudata;
- ETAG 001:1997 Linee guida per il B.T.E di ancoranti metallici da utilizzare nel calcestruzzo.
- ISO 14001:2015 Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso;
- Istruzione CNR UNI 10011 - "Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".
- ASTM D714 - 02:2009 Standard test method for evaluating degree of blistering of paints;
- UNI 136 "Chiodi da ribadire. Chiodi a testa tonda stretta".
- UNI 139 “Chiodi da ribadire. Chiodi a testa svasata piana”
- UNI 5715:2002 Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi IPN (inclinazione 14%).
- UNI 5716:2002 Piastrine per carpenteria per appoggio su ali di travi UPN (inclinazione 8%).

6.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA

- COp n. 332/RFI del 12 feb. 2016 - Procedura Operativa “ La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 021 A;

6.3 • Manuale di progettazione delle opere civili di RFI – RFI DTC SI MA IFS 001.

- Condizioni Generali di Contratto per gli Appalti di lavori delle Società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane approvate dal Consiglio di Amministrazione di Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A.

DEFINIZIONI

Di seguito sono indicate le seguenti definizioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 13 di 157

- **ESECUTORE:** soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore/Costruttore/General Contractor/Contraente Generale);
- **FERROVIE:** RFI S.p.A o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione Lavori /Alta Sorveglianza).
- **PRODUTTORE:** soggetto incaricato della fornitura dei materiali da costruzione o degli elementi accessori.

Si rappresenta che essendo l'ESECUTORE responsabile della qualità del materiale impiegato, e quindi del rispetto delle prescrizioni di legge e di quelle contenute nella presente sezione del capitolato, nel testo ci si riferisce a detta figura anche nel caso si prescrivano attività o controlli che esegue lo stabilimento di produzione.

ABBREVIAZIONI

6.4 Di seguito sono indicati i simboli utilizzati all'interno della presente sezione di capitolato.

- c.a.: cemento armato;
- c.a.p.: cemento armato precompresso;
- C: classe di resistenza;
- S.T.C.: Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- CE: Comunità Europea
- D.M.: Decreto Ministeriale

6.5

OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.5.1 PRESCRIZIONI GENERALI

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli di legge, quelli previsti dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo. I controlli in fase di qualifica, di accettazione ed eventualmente, a discrezione delle FERROVIE, le prove complementari di cui al DM 17.01.2018, devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale/Autorizzato (nel seguito, U/A) di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001. I relativi certificati devono essere registrati dall'ESECUTORE su apposita documentazione di controllo specifica per l'esecuzione di ciascuna opera.

Per tutti i tipi di prova l'ESECUTORE deve fornire la manodopera, le attrezzature, predisporre le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove fisiche-chimiche-meccaniche, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso i Laboratori Ufficiali/Autorizzati, si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Nel caso d'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o comunque

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 14 di 157

non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive, l'ESECUTORE deve darne informazione alle FERROVIE nei tempi previsti contrattualmente per l'effettuazione del controllo. Nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperi a quanto sopra, per eseguire le constatazioni previste contrattualmente e dalla normativa, le FERROVIE potranno richiedere, a cura e spese dell'ESECUTORE, la messa a nudo delle parti non più visibili o che siano rese comunque accessibili le porzioni d'opera preventivamente non ispezionate.

Nel caso in cui la progettazione sia in carico all'ESECUTORE, lo stesso è tenuto a presentare alle FERROVIE, in tre copie, i calcoli di stabilità e i disegni esecutivi, completi in ogni dettaglio, di tutte le strutture in cemento armato normale e precompresso. Il progetto dovrà contenere le indicazioni relative alla classe di resistenza, classe di consistenza, diametro massimo degli inerti e classi di esposizione dei calcestruzzi da impiegare per le diverse parti d'opera, nel rispetto delle prescrizioni nel seguito riportate. Le FERROVIE esamineranno i calcoli ed i disegni presentati e ne restituiranno un esemplare all'ESECUTORE medesimo per l'esecuzione dei lavori con le eventuali osservazioni e con la richiesta delle modifiche, se ritenute necessarie. Queste saranno introdotte nei progetti a cura e spese dell'ESECUTORE senza che questi possa, per conseguenti eventuali intralci o ritardi sullo sviluppo dei lavori, avanzare pretese d'indennizzi o rimborsi. Senza l'approvazione da parte delle FERROVIE non potrà essere dato inizio ai lavori di costruzione.

L'approvazione da parte delle FERROVIE dei calcoli e dei disegni presentati dall'ESECUTORE e l'introduzione in essi di qualsiasi modifica non esclude né attenua la responsabilità che deriva all'ESECUTORE dalle vigenti leggi.

6.5.2 REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con processo industrializzato, tenendo conto che, ai sensi del citato DM 17.01.2018, per "calcestruzzo confezionato con processo industrializzato" s'intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzative sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso. Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo devono essere idonei a una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e mantenere la qualità del prodotto. Gli impianti devono dotarsi di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto risponda ai requisiti di legge e che tale rispondenza sia mantenuta fino all'impiego.

Il sistema di controllo della produzione del calcestruzzo confezionato con processo industrializzato (FPC), predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle "Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato" elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Detto sistema deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021, autorizzati dal suddetto Servizio Tecnico Centrale sulla base dei criteri di cui al DM 9/5/2003 n.156. Ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato deve indicare gli estremi di tale certificazione.

Il Direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi.

Il sistema automatico di gestione e controllo dell'impianto deve permettere la stampa delle informazioni relative ad ogni carico; la relativa bolla di accompagnamento deve contenere le seguenti informazioni:

- nome dell'impianto di betonaggio;
- n° identificativo del mix prodotto;
- classe di resistenza caratteristica;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 15 di 157

- classe di esposizione ambientale;
- classe di consistenza;
- metri cubi caricati/trasportati;
- riferimenti delle FERROVIE e dell'ESECUTORE richiedente la fornitura;
- cantiere di destinazione;
- opera e parte d'opera cui si riferisce la fornitura;
- data e ora di fine carico del mix prodotto, di arrivo in cantiere, d'inizio scarico e di fine scarico;
- identificazione (targa) del mezzo di trasporto;
- materiali componenti il mix con indicati:
 - per gli aggregati: la pezzatura nominale e la cava di provenienza;
 - per i cementi: tipo, classe, produttore e cementificio;
 - per le aggiunte (ceneri volanti e microsilice): tipo e provenienza;
 - per gli additivi: marca e tipo;
 - per l'acqua: se proveniente da acquedotto, pozzo, cisterna.
- ricetta, per un mc, del mix in fase di produzione;
- ricetta del mix per gli *n* mc in fase di produzione;
- umidità totale delle singole classi di aggregati (rilevata automaticamente con le sonde almeno per gli aggregati fini);
- assorbimento delle singole classi granulometriche, misurato e dichiarato in fase di qualifica del materiale;
- ricetta per gli *n* m³ in produzione, corretta in funzione dell'umidità delle varie classi degli aggregati;
- effettivo carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- differenza (+/-) tra quanto effettivamente caricato e il teorico corretto;
- errore percentuale di carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- rapporto acqua/cemento di progetto del mix (considerando gli aggregati saturi con superficie asciutta) e quello effettivamente ottenuto dopo il carico (dosaggio);

Si deve inoltre avere evidenza di ogni qual volta che:

- l'errore di dosaggio supera la tolleranza ammessa ($\pm 2\%$ per cemento, acqua, additivi, aggiunte; $\pm 3\%$ singola classe di aggregato, $\pm 1\%$ fibre);
- si passa dal funzionamento automatico a quello manuale dell'impianto;
- vengono modificati in manuale i valori di lettura delle sonde.

Al fine di garantire un migliore controllo del rapporto acqua/cemento e una corretta miscelazione dell'impasto, si raccomanda l'impiego di impianti di betonaggio provvisti di miscelatore. Nel caso di confezionamento di calcestruzzi con $R_{ck} \geq 50$ MPa l'impianto deve prevedere la premiscelazione, salvo quanto diversamente indicato dai documenti di appalto.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 16 di 157

6.5.3 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.5.3.1 Cemento

Per i manufatti strutturali devono essere impiegati unicamente i cementi richiamati nella L. 26/5/1965 n. 595 provvisti di certificato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197/1 e provenienti da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della fornitura del tipo di cemento richiesto.

E' escluso l'impiego del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.

Il cemento deve essere scelto, tra quelli considerati idonei, tenendo in considerazione i seguenti aspetti:

- le modalità esecutive dell'opera;
- le condizioni di maturazione;
- le dimensioni della struttura (sviluppo di calore);
- le condizioni ambientali di esposizione della struttura;
- la potenziale reattività degli aggregati agli alcali presenti nel cemento.

Per i cementi da impiegare deve essere disponibile l'analisi chimica completa, compresa la determinazione del contenuto di K_2O e Na_2O (alcali di potassio e di sodio) potenzialmente pericolosi nei riguardi della reazione alcali-aggregati.

La classificazione dei cementi in funzione della loro resistenza ai solfati ed alle acque dilavanti è riportata al prospetto 1 delle norme rispettivamente UNI 9156 e 9606.

La temperatura del cemento all'atto del confezionamento del calcestruzzo non può superare il valore di 55°C.

6.5.3.2 Aggiunte: ceneri volanti, microsilice e loppa d'altoforno

Allo scopo di migliorare la durabilità e la lavorabilità del calcestruzzo, possono essere impiegate nella composizione della miscela, aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente) ai sensi delle norme UNI EN 206 e UNI 11104. I prodotti utilizzabili sono i fumi di silice, le ceneri volanti e la loppa d'altoforno granulata macinata, tutti provvisti di marcatura CE.

In caso di loro utilizzo, comunque da concordarsi con le FERROVIE in sede di qualifica della miscela, devono essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti.

Particolare attenzione deve essere prestata al corretto dosaggio di acqua nella miscela e al controllo del rapporto a/c poiché tali aggiunte alterano la richiesta d'acqua d'impasto.

Le caratteristiche delle aggiunte di tipo II di cui sopra devono soddisfare i requisiti delle seguenti norme:

- cenere volante UNI EN 450-1;
- fumo di silice UNI EN 13263-1;
- loppa d'altoforno granulata e macinata UNI EN 15167-1.

In caso di utilizzo di pigmenti (aggiunta tipo I), comunque da concordarsi con le FERROVIE in sede di qualifica della miscela, i requisiti e i metodi di prova degli stessi devono essere conformi alla UNI EN 12878.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 17 di 157

6.5.3.3 Aggregati

Possono utilizzarsi solamente aggregati provvisti di marcatura CE (sistema di attestazione della conformità 2+) ai sensi dei D.P.R. 21 aprile 1993 n. 246 e successivi decreti attuativi; il certificato di attestazione deve accompagnare la fornitura e copia dello stesso dovrà essere custodita dall'ESECUTORE e dalle FERROVIE. Gli aggregati devono essere conformi ai requisiti della UNI EN 12620 e della UNI 8520-1 (prospetti 1 e 2 rispettivamente).

E' richiesta una granulometria composta di almeno tre classi granulometriche diverse in definite percentuali così da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i migliori requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata.

Il diametro massimo dell'aggregato costituente la miscela, se non previsto dal progetto approvato, deve essere scelto dall'ESECUTORE in funzione delle:

- caratteristiche geometriche della sezione minima dell'opera,
- degli elementi strutturali da realizzare,
- dei valori di copriferro e interferro,
- delle modalità di posa in opera e del tipo di mezzi d'opera utilizzati.

E' fatto obbligo di procedere in fase di qualifica delle miscele alla valutazione della potenziale reattività degli aggregati secondo quanto di seguito indicato al par. 6.5.5.4.

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di giacimenti di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, devono avere caratteristiche conformi a quelle previste nella norma UNI 8520-2 e devono soddisfare i requisiti di classificazione granulometrica e produzione specificati nella norma UNI EN 12620 (prospetto 2).

Se gli aggregati derivano da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente), devono essere eseguite in aggiunta le seguenti prove:

- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi petrografica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, secondo quanto indicato al successivo par. 6.5.5.4 della presente sezione di Capitolato.

E' escluso l'utilizzo di aggregati provenienti da demolizioni o da frantumazione di calcestruzzo per il confezionamento di calcestruzzi strutturali.

6.5.3.4 Acqua d'impasto

L'acqua d'impasto deve soddisfare i requisiti e le caratteristiche indicate prescritte dalla norma UNI EN 1008.

L'acqua di riciclo proveniente dalla produzione del calcestruzzo può essere utilizzata rispettando le condizioni specificate per il suo impiego nella stessa norma UNI EN 1008. In questo caso la frequenza dei controlli da parte del produttore del calcestruzzo è settimanale.

6.5.3.5 Additivi

L'ESECUTORE deve preventivamente sperimentare e dichiarare l'impiego di additivi nel mix design della miscela di conglomerato cementizio.

Tutti gli additivi impiegati devono essere conformi alle norme UNI EN 934 (parti 2 e 4).

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 18 di 157

Salvo diverse indicazioni di DL/FERROVIE,;

- la quantità totale di additivo non deve superare il dosaggio massimo raccomandato dal produttore e non deve superare i 50 g per kg di cemento, a meno di verificare l'influenza di un dosaggio più alto sulle prestazioni e sulla durabilità del calcestruzzo in fase di prequalifica. Nel caso di quantità minori di 2 g per kg di cemento l'utilizzo di additivo è consentito solo se disperso in parte dell'acqua d'impasto;
- qualora la quantità totale di additivi liquidi superi i 3 litri/m³ di calcestruzzo, il suo contenuto deve essere considerato nel calcolo del rapporto a/c.

A titolo non esaustivo, si riportano le presenti prescrizioni sui seguenti additivi.

Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Il dosaggio di tali additivi deve essere conforme a quello dichiarato nelle schede tecniche del produttore. Nel caso in cui una miscela, per garantire le prestazioni richieste, necessiti di un dosaggio superiore al limite indicato, si deve passare all'impiego di un additivo con prestazioni superiori, per evitare problemi di segregazione e di tempo di presa del calcestruzzo.

Additivi aeranti

Si utilizzano per la realizzazione di conglomerati cementizi di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo al fine di garantire il contenuto minimo di aria occlusa, come indicato nel par.6.5.5.1.

Additivi ritardanti

Specifici additivi ritardanti possono essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte delle FERROVIE, per:

- particolari opere (ad esempio pali, paratie, diaframmi) che richiedono getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche e in presenza di temperature elevate;
- opere singolari ubicate in zone lontane dall'impianto di betonaggio o per le quali si preveda un tempo di percorrenza della betoniera elevato.

6.5.4 CARATTERISTICHE E REQUISITI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

6.5.4.1 Classi di resistenza

La classe di resistenza a compressione $C(f_{ck}/R_{ck})$ è rappresentata da un valore di f_{ck} e da un valore di R_{ck} indicanti rispettivamente la resistenza caratteristica cilindrica e la resistenza caratteristica cubica (entrambi espressi in MPa) a 28 giorni di maturazione.

Le classi sono definite dalle norme UNI EN 206 (prospetto 12) e UNI 11104 (prospetto 2). Il valore della resistenza caratteristica cilindrica si assume pari a $0.83 \times R_{ck}$ per provini normalizzati e cioè cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm e cubi di lato 150 mm.

6.5.4.2 Copriferro

Per il valore del copriferro da adottare, se non previsto dal progetto approvato, l'ESECUTORE deve adottare per realizzazioni in cemento armato normale e precompresso le indicazioni riportate nel Manuale di Progettazione di FERROVIE (parte 2 – sezione II), e, per quanto non già prescritto dalla suddetta specifica, nel DM 17.01.2018 e nella Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. – “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»”. In ogni caso, però, deve essere verificato che i valori prescritti siano adeguati alla classe di esposizione ambientale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 19 di 157

6.5.4.3 Rapporto acqua/cemento

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto deve essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati per la cui determinazione si deve fare riferimento alla norma UNI EN 1097-5. Per l'eventuale controllo in corso d'opera del rapporto acqua-cemento della miscela è possibile utilizzare la norma UNI 11201:2007 "Prove sul calcestruzzo fresco - Determinazione del contenuto di acqua" per quanto attiene al contenuto di acqua mentre il contenuto di cemento effettivo si può ricavare dal documento di trasporto (DDT) tenendo conto che ai sensi della UNI EN 206 non è ammesso uno scostamento maggiore di 0.02 rispetto al valore dichiarato.

6.5.4.4 Consistenza

Se non diversamente indicato in progetto, il metodo di misura della consistenza cui l'ESECUTORE deve fare riferimento è il metodo di abbassamento del cono (UNI EN 12350-2).

Si riportano nel seguito i risultati prescritti dalla prova di abbassamento al cono per le diverse classi di consistenza, rispetto ai quali è ammessa una tolleranza di ± 10 mm per tutte le classi:

- S1 da 1 a 4 cm
- S2 da 5 a 9 cm
- S3 da 10 a 15 cm
- S4 da 16 a 21 cm
- S5 da 22 a 25 cm

E' considerato quale limite superiore della classe S5 un abbassamento al cono di 250 mm.

Qualora prescritto dagli elaborati tecnici di progetto, è consentita una tolleranza di ± 20 mm sul valore target di abbassamento al cono.

6.5.4.5 Acqua essudata

La quantità di acqua essudata dalla miscela di calcestruzzo, misurata secondo la Norma UNI EN 480/4, non deve risultare maggiore dello 0.1% del volume iniziale della porzione di calcestruzzo in prova.

6.5.4.6 Contenuto in cloruri

Il massimo contenuto in cloruri di un calcestruzzo, espresso come percentuale di ioni cloruro rispetto alla massa del cemento, è definito dalla norma UNI EN 206 (prospetto 15) in funzione del campo d'impiego, nonché della quantità e della tipologia di armatura prevista per l'opera, come di seguito riportato.

- per calcestruzzo non armato: $\leq 1.0 \%$
- per calcestruzzo armato: $\leq 0.4 \%$
- per calcestruzzo precompresso: $\leq 0.2\%$

In sede di qualifica della miscela l'ESECUTORE deve procedere alla verifica del contenuto massimo di cloruri.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 20 di 157

6.5.4.7 Temperatura

In accordo alla norma UNI EN 206 p. 5.2.9 e se non diversamente previsto nel seguito della presente sezione di Capitolato, la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna in cantiere non deve essere minore di 5 °C o maggiore di 35 °C.

Qualunque procedura di raffreddamento o di riscaldamento artificiale del calcestruzzo prima della consegna deve essere concordata e approvata dalle FERROVIE.

6.5.4.8 Aria occlusa

Per calcestruzzi ordinari il contenuto di aria deve essere verificato ogni giorno di produzione secondo UNI EN 12350-7.

6.5.5 REQUISITI MINIMI DELLE MISCELE IN RELAZIONE ALL'IMPIEGO

Ai fini di una corretta scelta del tipo e della classe di resistenza di calcestruzzo è fondamentale stabilire l'ambiente nel quale ciascun elemento strutturale deve essere inserito.

Per “ambiente”, in questo contesto, si intende l'insieme di tutte le azioni chimiche e fisiche alle quali si presume che il calcestruzzo possa essere esposto durante il periodo di vita utile previsto delle opere e che causano effetti che non possono essere classificati come azioni dirette (carichi) o indirette (deformazioni impresse, cedimenti, variazioni termiche) nella progettazione strutturale.

Ciascuna miscela di calcestruzzo (*mix-design*) deve essere definita con riferimento alle proprietà richieste (calcestruzzo “a prestazione garantita”, secondo le norme UNI EN 206 e UNI 11104) e sottoposta ad approvazione da parte delle FERROVIE.

Le classi di esposizione riferite alle azioni dell'ambiente sono indicate nelle norme UNI EN 206 – prospetto 1 e UNI 11104 – prospetto 1; nella tabella 6.5.5.1 seguente sono associati ad ogni tipo di calcestruzzo i campi di impiego e le relative classi di esposizione ai quali l'ESECUTORE deve fare riferimento al fine di giungere alla determinazione della più opportuna miscela da utilizzare, salvo diverse e più severe indicazioni riportate nel progetto approvato.

Tabella 6.5.5.1 – Requisiti minimi delle miscele

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo		Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
A	1*	Impalcati ed Elementi in c.a.p. prefabbricati	[XC3]	0.45	C35/45	S4-S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Impalcati ed Elementi in c.a.p. gettati in opera	[XC3]	0.45	C35/45	S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
B*	1	Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra	[XC3]	0.45	C35/45	S4	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Conci prefabbricati in c.a. per rivestimento di gallerie	[XA2]	0.45	C35/45	S2-S3-S4	CEM III,IV,V	Rck

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 21 di 157

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo		Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
	3	Canalette portacavi prefabbricate Cunette prefabbricate Elementi prefabbricati senza funzioni strutturali	XC1	0.55	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
C**	1	Impalcati in c.a. ordinari Solette in c.a. in elevazione	XC3	0.55	C30/37	S4,S5	CEM I,II,III,IV,V	Rck
	2	Pile e spalle Baggioli e pulvini Strutture in c.a. in elevazione	XC4	0.50	C32/40	S3,S4	CEM III,IV,V	Rck
D**		Lastre in cls per pavimentazioni esterne Manufatti estrusi	XC3	0.55	C30/37	S1	CEM III,IV,V	Rck
E**		Tombini a struttura scatolare e circolare	XA1	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck
F**	1	Arco rovescio di gallerie (getti orizzontali)	XA1	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III, IV, V	30
	2	Arco rovescio di gallerie (getti tradizionali a superficie inclinata)	XA1	0.55	C30/37	S3	CEM III,IV,V	30
	3.1	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate non armate	[X0]	0.60	C25/30	S3-S4	CEM III,IV,V	30
	3.2	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni impermeabilizzate armate	XC2	0.60	C25/30	S4	CEM III,IV,V	30
	3.3	Piedritti e calotta di gallerie – sezioni non impermeabilizzate	XA1	0.55	C30/37	S4	CEM III,IV,V	30
G**	1	Muri di controripa/sottoscarpa in c.a. (armatura ≥ 30 Kg/mc)	XC3	0.55	C30/37	S3, S4	CEM III,IV,V	Rck

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 22 di 157

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tipo di calcestruzzo	Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206) ¹	Rapporto a/c max	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck) _{min}]	Classe di consistenza	Tipo di cemento	Classe di resistenza di calcolo (MPa)
	2	Muri di controripa/sottoscarpa debolmente armati (armatura < 30 kg/mc) o non armati Solettoni di fondazione Fondazioni armate Rivestimenti di tubazioni	XC2	0.60	C25/30	S3, S4	CEM III,IV,V 30
	3	Fondazioni non armate (pozzi, sottopinti, prismi per difese spondali, ecc....)	XC2	0.60	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V 30
	4	Cunette, canalette e cordoli	XC1	0.60	C25/30	S3,S4	CEM III,IV,V Rck
H**	1	Pali (di paratie o opere di sostegno), diaframmi e relativi cordoli di collegamento gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V 30
	2	Pali di fondazione gettati in opera	XC2	0.60	C25/30	S4, S5	CEM III,IV,V 30
	3	Pali di fondazione prefabbricati	[XA1]	0.50	C32/40	S4, S5	CEM III,IV,V Rck
I	Magrone di riempimento o livellamento	X0	-	C12/15	-	CEM I,II,III,IV,V	Rck

* vedi punto 6.5.7.2 “Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi da prefabbricazione”;

** vedi punto 6.5.7.1 “Caratteristiche aggiuntive per calcestruzzi gettati in opera”;

1 di norma, la classe di esposizione ambientale indicata individua le caratteristiche della miscela; nei casi in cui la classe di esposizione ambientale è scritta tra parentesi quadre (es. per i calcestruzzi di tipologia A1 e A2 si ha [XC3]), la classe di resistenza minima è stata determinata in considerazione di fattori diversi e, comunque, più vincolanti.

Legenda tabella 6.5.5.1

Colonna I - Tipo di calcestruzzo: le miscele di calcestruzzo sono suddivise in nove tipologie (da A a I) in funzione dell'impiego a cui sono destinate, come specificato nella successiva Colonna II.

Colonna II – Campi di impiego: per ogni tipo di calcestruzzo indicato in Colonna I vi è una ulteriore suddivisione che tiene conto della parte d'opera e/o della particolare tipologia costruttiva da adottare. Gli esempi indicati nella tabella non sono esaustivi per l'ESECUTORE.

Colonna III - Classe di esposizione ambientale: è indicata la classe minima da adottare in funzione del campo d'impiego; l'ESECUTORE, di concerto con le FERROVIE, è tenuto a verificare, con riferimento al prospetto 4 della norma UNI 11104 che la classe di esposizione ambientale effettiva non sia più severa di quella prevista nella tabella.

Colonna IV - Massimo rapporto acqua/cemento [a/c max]: il valore del rapporto a/c indicato corrisponde ad una classe di resistenza minima di progetto che soddisfa sia i requisiti di durabilità della classe di esposizione ambientale associata a ciascun campo di impiego, sia i requisiti di calcolo strutturale, che possono richiedere resistenze inferiori.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 23 di 157

Colonna V - Classe di resistenza minima $[C(fck/Rck)_{min}]$: una classe è rappresentata da un valore di f_{ckmin} e da un valore di R_{ckmin} (entrambi espressi in MPa) per ciascun tipo di opera, in relazione alla classe minima di esposizione.

Colonna VI - Classe di consistenza: vengono definite le classi di consistenza (da S1 a S5) secondo il metodo di misura dell'abbassamento al cono (norma UNI EN 12350-2).

Colonna VII - Tipo di cemento: sono indicati i tipi di cemento che possono essere impiegati per ciascun campo d'impiego o parte d'opera; si distinguono in cinque tipi principali secondo la norma UNI EN 197-1:

CEM I: Cemento Portland;

CEM II: Cemento Portland composito;

CEM III: Cemento d'altoforno;

CEM IV: Cemento pozzolanico;

CEM V: Cemento composito.

Colonna VIII - Resistenza di calcolo: con R_{ck} si indica il valore della resistenza caratteristica a 28 gg di progetto come il maggiore tra i valori richiesti dal calcolo strutturale o derivanti dalla classe di esposizione. Nella tabella sono inoltre riportati, nel caso di progettazione a carico dell'ESECUTORE, per alcune opere, il massimo valore da utilizzare come resistenza di calcolo.

Per tutti i tipi di calcestruzzo il dosaggio di cemento non deve risultare inferiore a 300 kg/m³, ad esclusione del calcestruzzo tipo I, e non maggiore di 400 kg/m³. Eventuali deroghe possono essere concesse all'ESECUTORE dalle FERROVIE in sede di qualifica delle miscele, mediante preventiva definizione e successivo controllo delle caratteristiche che devono risultare conformi a quanto previsto dalla presente sezione di Capitolato. Ad esempio, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive (elementi di spessore superiore o uguale a 70cm), al fine di limitare la fessurazione per gradiente termico così da garantire la durabilità, potrebbe rendersi necessario derogare ai limiti sul dosaggio minimo di cemento, previa approvazione da parte di FERROVIE, nel rispetto di quanto previsto dalla UNI 11104 p.6.1.

Le prescrizioni di base riportate in tabella 6.5.5.1 sono corredate da specifici requisiti aggiuntivi riportati ai punti successivi del presente paragrafo e in 6.5.6 e 6.5.7, associati a ciascun tipo di calcestruzzo, requisiti che l'ESECUTORE deve rispettare nel confezionamento delle miscele da sottoporre ad approvazione delle FERROVIE.

Di seguito sono indicate ulteriori prescrizioni per la garanzia alla durabilità delle opere valide per le diverse tipologie di calcestruzzo e alle quali l'ESECUTORE deve attenersi.

6.5.5.1 Calcestruzzi soggetti a cicli di gelo - disgelo

I calcestruzzi in classe di esposizione XF2, XF3 e XF4 devono prevedere un contenuto minimo di aria aggiunta del 4 % secondo i valori riportati nel prospetto 5 della norma UNI 11104 e nel prospetto F.1 della UNI EN 206, da verificare mediante norma UNI EN 12350 parte 7. La presenza di micro bolle di aria uniformemente distribuite facilita, infatti, l'espansione dell'acqua durante il congelamento.

Per una corretta valutazione del contenuto di aria necessario, l'ESECUTORE deve tenere in considerazione i fenomeni che inducono perdita d'aria, quali il pompaggio, la posa in opera, la compattazione.

Per la resistenza ai cicli di gelo e disgelo l'ESECUTORE deve fare riferimento alle istruzioni per la prevenzione degli effetti contenute nella norma UNI 11417-1 e alla norma UNI 7087, per quanto riguarda le modalità di prova per la determinazione della resistenza ai cicli di gelo/disgelo.

L'ESECUTORE deve evitare che la disomogenea distribuzione delle micro bolle d'aria nell'impasto determini nella struttura volumi di calcestruzzo aventi caratteristiche estremamente variabili con conseguenti negative ripercussioni sulla resistenza e sulla durabilità dell'opera.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 24 di 157

6.5.5.2 Calcestruzzi soggetti ad attacco chimico

Al fine di valutare l'eventuale attacco chimico cui potrebbero essere sottoposti i calcestruzzi, l'ESECUTORE ha l'onere del preventivo accertamento della presenza e della concentrazione nei terreni e nelle acque di agenti aggressivi di cui alla norma UNI EN 206 (prospetto 2).

Gli agenti aggressivi di cui tener conto sono, per i terreni, gli ioni solfato ($\text{SO}_4^{=}$), per le acque, gli ioni solfato, magnesio (Mg^{++}) e ammonio (NH_4^{+}), secondo quanto riportato anche nella norma UNI 11417 -1.

Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo, l'ESECUTORE deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3, sulla base della concentrazione di agenti aggressivi presenti e utilizzare conseguentemente cementi a moderata, alta o altissima resistenza ai solfati, secondo UNI 9156, come indicato nella norma UNI 11417 -1 (Prospetto A.9).

6.5.5.3 Calcestruzzi soggetti a dilavamento e penetrazione all'acqua

Nel caso di calcestruzzi immersi in acqua, l'ESECUTORE deve valutare il grado di attacco chimico in funzione del contenuto di CO_2 aggressiva nelle acque e del relativo ph, secondo quanto riportato nella norma UNI 11417-1. Nel caso di accertamento di ambiente chimicamente aggressivo deve individuare la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3 e conseguentemente deve utilizzare cementi a moderata, alta o altissima resistenza al dilavamento, secondo UNI 9606, come indicato nella medesima norma UNI 11417-1 (punto A.4.2).

6.5.5.4 Calcestruzzi soggetti a reazione alcali- aggregati

Solamente a livello di informativa per l'ESECUTORE si descrivono le tipologie di aggregato reattivo che sono quelle contenenti minerali reattivi nei confronti degli alcali (K_2O , Na_2O), quali la silice amorfa, la silice criptocristallina e fibrosa (calcedonio), il quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione con cristalli che presentano angolo di estinzione ondulata maggiore di 15° o contengono inclusioni di miche, ossidi e solfuri metallici.

Le rocce, nelle quali sono stati riscontrati di norma minerali reattivi, sono:

- diaspri, ftaniti e simili nei quali il minerale reattivo è rappresentato da selce, costituita da quarzo microcristallino associato a calcedonio fibroso e silice opalina;
- calcari arenacei (calcareniti e biocalcareniti) costituiti da calcite accompagnata da lenti di selce, gusci fossili, gusci fossili silicei e da granuli di quarzo con estinzione ondulata;
- calcari silicizzati, costituiti da materiale di natura calcarea associati a gusci fossili calcitici parzialmente o totalmente silicizzati, oltre a quarzo e calcedonio.

L'ESECUTORE in sede di qualifica delle miscele da utilizzare, deve valutare il rischio di pericolosità causato dalla reazione alcali-aggregato sulla base delle indicazioni e dei metodi di prova suggeriti nella norma UNI 11417 - 2. Si precisa a riguardo che tutte le parti d'opere che svolgono funzioni strutturali sono da considerare in categoria III non essendo per esse assolutamente accettabile il rischio di degrado per reazione alcali-aggregato. Per il livello di protezione, salvo il caso di strutture in ambienti X0 e XC1/secco si deve assumere il "C" in base al quale devono utilizzarsi aggregati classificati non reattivi, sulla base della metodologia descritta nel seguito, e adottare un valore del SET (sodio equivalente totale per m^3 di calcestruzzo) non superiore a $3 \text{ kg Na}_2\text{O}_{\text{eq}}/\text{m}^3$. E' possibile adottare un Set non superiore a 5.0 kg se l'aggregato è classificato non reattivo con ciascuno dei tre metodi di prova che costituiscono la metodologia di prova.

La norma prescrive la seguente metodologia di prova:

1. esame petrografico (secondo UNI EN 932-3);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 25 di 157

2. prova ultra accelerata di espansione in malta (secondo UNI 8520-22);
3. prova accelerata di espansione del calcestruzzo (secondo UNI 8520-22);

precisando che se i risultati delle prove 1 e 2 sono concordi nel diagnosticare l'aggregato come non reattivo (non sono identificate fasi reattive agli alcali nell'esame petrografico e l'espansione in malta è inferiore allo 0.10% dopo 14 giorni), l'aggregato può non essere sottoposto alla prova 3 e venire classificato non reattivo. Se invece esiste discordanza diagnostica tra gli esami 1 e 2, allora l'aggregato deve essere sottoposto alla prova 3 il cui risultato è decisivo ai fini della diagnosi di reattività o non reattività.

6.5.5.5 Calcestruzzi soggetti all'attacco di cloruri presenti nell'acqua di mare

L'ESECUTORE, in sede di qualifica delle miscele da utilizzare, deve valutare il rischio di corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare, determinando la classe di esposizione secondo quanto previsto dai prospetti 1 delle UNI EN 206 e UNI 11104. In conformità alla norma UNI 11417-1, in presenza di attacco di cloruri in condizioni aggressive, al fine di prevenire la corrosione dei ferri di armatura, si raccomanda l'impiego di cementi pozzolanici alla loppa.

6.5.6 REQUISITI AGGIUNTIVI DELLE MISCELE

Di seguito sono indicate ulteriori prove per le miscele di calcestruzzo da eseguire in fase di qualifica che l'ESECUTORE deve verificare nei casi in cui esistano specifici requisiti progettuali e/o quando prescritto in 6.5.7 per i singoli tipi di calcestruzzo.

6.5.6.1 Modulo elastico

La prova con cui effettuare la determinazione del modulo elastico secante è definita dalla norma UNI EN 12390-13; i valori delle tensioni che l'ESECUTORE deve prendere a riferimento, se non diversamente previsto da indicazioni progettuali, sono quella nulla e quella cui corrisponde un valore pari a metà del valore medio della resistenza a compressione.

6.5.6.2 Ritiro idraulico

Il ritiro idraulico deve essere valutato tenendo a riferimento, oltre il tipo di calcestruzzo e la condizione ambientale di getto e di prima stagionatura, anche la dimensione e la geometria dell'elemento.

Per la determinazione del ritiro in direzione uniassiale in funzione della dimensione massima dell'aggregato costituente la miscela di calcestruzzo, si fa riferimento alle norme UNI 11307. Le scadenze temporali per la misurazione sono quelle indicate nella norma sopra citata. In mancanza di specifiche indicazioni progettuali può essere preso a riferimento come limite di accettabilità di ritiro il valore di 400 µm/m a 60 giorni e 500µm/m a 90 giorni.

6.5.6.3 Ritiro termico

Per la prevenzione delle fessure da ritiro termico occorre limitare lo sviluppo del calore d'idratazione del calcestruzzo; per tale motivo la scelta del tipo e del dosaggio di cemento deve essere tale da minimizzare il seguente valore:

$$\Delta T_{\max} = q.c / Mv.cs < \Delta T_{\max} (i)$$

dove:

$\Delta T_{\max}$: massimo incremento termico del calcestruzzo fresco rispetto alla temperatura ambiente;

c: dosaggio di cemento (kg/m³);

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 26 di 157

q: calore di idratazione del cemento (kJ/kg) a 2gg;

Mv: massa volumica del calcestruzzo (kg/m³);

cs: calore specifico del calcestruzzo, mediamente pari a 1,10 kJ/kg.C°;

ΔT_{max} (i) : valore soglia stabilito secondo il tipo di calcestruzzo (i) considerato.

La determinazione del ΔT_{max} , deve essere effettuata con i seguenti controlli:

- in laboratorio mediante una prova adiabatica su un campione di calcestruzzo tale da poter essere ritenuto rappresentativo per strutture massive (elementi con spessore superiore o uguale a 70 cm), o quando richiesto dalla Direzione Lavori/ FERROVIE;
- in sito, nel caso di singole parti d'opera significative (qualora prescritto o richiesto dal DL/ FERROVIE) o di parti previste in serie, mediante la realizzazione di un prototipo, opportunamente dimensionato, da eseguire in condizioni ambientali più prossime a quelle previste in fase di getto e comunque da concordare con le FERROVIE, come indicato nel par. 6.5.11.4.

Per la scelta del cemento più idoneo, a parità di rapporto a/c, l'ESECUTORE deve procedere in fase di prequalifica ad una prova di confronto in calcestruzzo, utilizzando diversi tipi di cementi ed eventuali aggiunte (cenere volante, micro silice). Si può intervenire sul tipo di cemento, anche in relazione ai tempi previsti per lo scassero. Evidenza di tale attività deve risultare dalla relazione di prequalifica che l'ESECUTORE è tenuto a presentare a FERROVIE.

Per il rispetto del ΔT_{max} si prescrive l'impiego di casseri (parte a contatto del calcestruzzo) in legno multistrato o altro materiale delle stesse capacità di coibentazione.

6.5.7 PRESCRIZIONI PER I SINGOLI TIPI DI CALCESTRUZZO

Durante la fase di studio di qualifica della miscela di calcestruzzo l'ESECUTORE deve rispettare, per le tipologie di calcestruzzo indicate nella tabella 6.5.5.1 in funzione dei diversi campi d'impiego, sia i requisiti minimi precedentemente prescritti, sia le ulteriori caratteristiche di seguito riportate.

6.5.7.1 Calcestruzzo armato gettato in opera

Calcestruzzi di tipo C

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C1 sono caratterizzati dalla proprietà comune di avere notevoli superfici esposte all'aria, perché le loro dimensioni si sviluppano per lunghezze elevate e spessore limitato.

Gli elementi strutturali per i quali è previsto l'impiego di calcestruzzi tipo C2 sono caratterizzati da dimensioni massicce e, pertanto, la miscela deve essere definita per tenere conto soprattutto dei fenomeni di fessurazione connessi all'elevato gradiente termico tra nucleo e periferia del manufatto.

I valori soglia prescritti per ΔT_{max} (come definito al punto 6.10.3) sono 40°C per i calcestruzzi di tipo C1 e 50°C per quelli di tipo C2. Tali valori sono comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto. Per i calcestruzzi di tipo C1 è prevista la valutazione del ritiro idraulico in sede di qualifica della miscela.

Calcestruzzi di tipo D

I calcestruzzi in tipologia D sono destinati alla realizzazione di pavimentazioni rigide e di manufatti estrusi, dove è necessario garantire requisiti di resistenza meccanica a trazione per flessione unitamente a caratteristiche di lavorabilità proprie di miscele da porre in opera mediante macchine (es. vibrofinitrici per le

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 27 di 157

lastre in cls) che richiedono consistenza molto asciutta.

Deve essere verificata in fase di qualifica la resistenza caratteristica a trazione per flessione secondo norma UNI EN 12390-5, il cui valore deve essere ≥ 4 MPa a 7gg e ≥ 5 MPa a 28gg.

Calcestruzzi di tipo E

I calcestruzzi in tipologia E sono destinati alla realizzazione di tombini scatolari o circolari per la canalizzazione e l'allontanamento delle acque meteoriche.

Allo scopo di ottenere un buon grado di finitura superficiale, una buona resistenza all'abrasione e una bassa permeabilità del manufatto, si deve prevedere nella formulazione della miscela l'impiego di aggiunta tipo II in adeguato dosaggio da dichiarare nello studio di pre-qualifica e da verificare in fase di qualifica della miscela in impianto.

Deve essere altresì verificata in fase di qualifica la penetrazione all'acqua secondo norma UNI EN 12390-8.

Calcestruzzi di tipo F

Questo tipo di calcestruzzo è destinato alle applicazioni in galleria.

- Calcestruzzi di tipo F1 e F2

I calcestruzzi di tipologia F1 e F2 sono destinati alla realizzazione degli archi rovesci delle gallerie. In virtù dell'assenza di cassatura, e quindi della maggiore dispersione di temperatura, nonché dell'assenza di vincoli della struttura, per il getto dell'arco rovescio l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di calore interno per evitare la formazione di fessure.

Il valore soglia prescritto per $\Delta T_{\max}$ (come definito al punto 6.5.6.3) è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

- Calcestruzzi di tipo F3

I calcestruzzi di tipologia F3 è destinato alla realizzazione dei piedritti e della calotta delle gallerie. Per tali getti l'ESECUTORE deve fare in modo di limitare lo sviluppo di temperatura all'interno del getto ed il gradiente termico tra il calcestruzzo all'intradosso della calotta e l'ambiente esterno.

Il valore soglia prescritto per $\Delta T_{\max}$ (come definito al punto 6.5.6.3) è 35°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

Calcestruzzi di tipo G

I calcestruzzi di tipologia G sono destinati alla realizzazione di muri, solettoni di fondazione, fondazioni, cumette e canalette. Il valore soglia prescritto per $\Delta T_{\max}$ (come definito al punto 6.5.6.3) è 40°C. Tale valore è comunque da rapportarsi all'effettiva geometria, dimensione, costituzione e grado di vincolo della parte d'opera in oggetto.

Calcestruzzi di tipo H

I calcestruzzi tipo H sono destinati alla realizzazione di pali, paratie e diaframmi.

Il calcestruzzo deve presentare caratteristiche di prolungato mantenimento della lavorabilità e di prolungati tempi di presa, anche al fine di conseguire un getto omogeneo e privo di segregazione.

A questo fine deve essere verificata la corretta granulometria dell'aggregato, il possibile utilizzo di aggiunte di cenere volante o fumi di silice, o di specifici coesivizzanti e la possibilità d'impiego di ritardanti finalizzato al mantenimento della classe di consistenza per il tempo intercorrente dal confezionamento all'impianto al completamento del getto.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 28 di 157

Devono inoltre essere verificati i seguenti punti:

- l'opportunità di utilizzo di specifici additivi superfluidificanti con forte effetto ritardante o di combinazioni di additivi superfluidificanti e additivi ritardanti, comunque conformi alla norma UNI EN 934/2;
- la non segregazione della miscela, mediante test di spandimento immediatamente prima del getto (UNI EN 12350-5);

6.5.7.2 Calcestruzzo armato da prefabbricazione

Calcestruzzi di tipo A1

Per i calcestruzzi di tipo A1, destinati alla realizzazione di impalcati ed elementi in c.a.p. prefabbricati in stabilimento o a piè d'opera, devono essere rispettate, salvo diverse indicazioni di progetto, le seguenti prescrizioni:

- controllo del passante % granulometrico ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- dimensione massima dell'aggregato non maggiore di 20 mm;
- resistenza a compressione R_{ck} a 28gg ≥ 45 MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-2 su provini maturati con ciclo termico a vapore predefinito e stagionati a 20°C e U.R. $\geq 95\%$;
- determinazione e dichiarazione del valore di R_{ckj} a fine ciclo di maturazione termica (14-16-18 ore), misurato mediante stagionatura dei provini in vasca di maturazione accelerata con il ciclo di maturazione prescelto;
- resistenza caratteristica a trazione indiretta a fine ciclo di maturazione termica, f_{ctkj} , superiore a 4,5 MPa, misurata secondo le indicazioni della norma UNI EN 12390-6;
- verifica del modulo di elasticità del calcestruzzo secondo norma UNI 12390-13 che deve risultare ≥ 37.000 N/mm² alla fine del ciclo di maturazione termica;
- verifica del ritiro idraulico, secondo quanto indicato al punto 6.5.6.2, che deve risultare ≤ 400 μ m/m a 180 giorni.

Calcestruzzi di tipo B

I calcestruzzi di tipo B sono distinti in base all'utilizzo come di seguito indicato:

- calcestruzzi tipo B1: elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra;
- calcestruzzi tipo B2: conci prefabbricati in c.a. di rivestimento definitivo di gallerie;
- calcestruzzi tipo B3: canalette portacavi, cunette, manufatti senza funzioni strutturali.

I calcestruzzi di tipo B1 sono destinati alla realizzazione manufatti ad armatura lenta caratterizzati generalmente da sezioni sottili e da notevoli superfici espositive (ad es. pannelli prefabbricati o pilastri prefabbricati).

I calcestruzzi tipo B2 sono destinati alla realizzazione di conci di rivestimento definitivo per la costruzione di gallerie per i quali la problematica principale è la tenuta all'acqua e, quindi, la durabilità in ambiente potenzialmente aggressivo.

I calcestruzzi di tipo B3 sono destinati alla realizzazione di manufatti minori per i quali devono essere

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 29 di 157

rispettati i requisiti della tabella 6.5.5.1.

Per i calcestruzzi di tipo B1 e B2, salvo diverse indicazioni di progetto, devono essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- controllo dei passanti % granulometrici ai vagli 0,25 mm e 0,5 mm, ai quali devono corrispondere valori superiori rispettivamente a 6% e 12%;
- valore della resistenza a compressione a fine ciclo di maturazione termica R_{ck} allo scasso ≥ 15 MPa,
- misurato in accordo alla norma UNI EN 12390-2;
- verifica della penetrazione all'acqua a 28 gg secondo norma UNI EN 12390-8.

6.5.8 QUALIFICA DEI MIX DESIGN PER CONGLOMERATI CEMENTIZI

E' obbligo dell'ESECUTORE conseguire, preliminarmente a qualsiasi getto, la qualifica del mix design dei calcestruzzi da utilizzare. E' possibile non procedere a dette qualifiche ma utilizzare miscele già testate dal produttore del calcestruzzo e che rispondano ai requisiti richiesti dalla presente sezione del Capitolato, solamente negli appalti di lavori che prevedono un quantitativo complessivo di calcestruzzo inferiore a 1500 m³. In tal caso l'ESECUTORE deve presentare alle FERROVIE, per la preventiva approvazione, tutta la certificazione acquisita dall'impianto di produzione relativa alle miscele di calcestruzzo che intende utilizzare.

Si precisa che l'ESECUTORE ha l'obbligo di procedere dopo un anno a nuova qualifica delle miscele destinate alla realizzazione di quantitativi di calcestruzzo maggiori di 1500 m³. L'ESECUTORE, in tal caso, deve comunicare alle FERROVIE la data di inizio dell'attività di riqualifica, restando inteso che qualora le FERROVIE non possano assistere, lo stesso dovrà comunque fornire tutte le risultanze delle prove effettuate in quel giorno/per quella attività.

Si definiscono di seguito le attività che l'ESECUTORE deve eseguire al fine di conseguire la qualifica del conglomerato cementizio.

6.5.8.1 Studi preliminari di prequalifica

Preliminarmente alla fornitura del calcestruzzo l'ESECUTORE deve presentare per approvazione alle FERROVIE, nei modi e nei tempi previsti contrattualmente, i dossier di qualifica degli impasti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo da utilizzare per la costruzione delle opere.

A tal fine l'ESECUTORE deve presentare, allegato al suddetto dossier, un documento preliminare di prequalifica atto ad attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate sia nel progetto approvato che nel presente documento, basato su studi preliminari ed eventuali verifiche condotte direttamente presso l'impianto di betonaggio.

In particolare, nella relazione di prequalifica l'ESECUTORE deve fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nel presente Capitolato;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la norma UNI EN 1097 parte 6;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 30 di 157

- rapporto acqua-cemento;
- peso specifico del calcestruzzo fresco e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza, secondo la norma UNI EN 12350, parti 2 e 5;
- risultati delle prove di resistenza a compressione e determinazione del valore caratteristico, secondo UNI EN 12390-3;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2÷28 giorni);

Preliminarmente alla fornitura di calcestruzzo l'ESECUTORE deve redigere e presentare a FERROVIE per la necessaria approvazione, dossier di qualifica di ciascun impianto di betonaggio che il medesimo intende utilizzare contenente la descrizione dello stesso, copia delle certificazioni di legge e dei rapporti di taratura delle strumentazioni presenti.

L'ESECUTORE dovrà presentare altresì apposite procedure di trasporto del calcestruzzo.

6.5.8.2 Qualifica all'impianto di betonaggio

In questa fase l'ESECUTORE deve realizzare alla presenza delle FERROVIE gli impasti di verifica all'impianto di produzione, in base ai seguenti requisiti:

1. il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su almeno 3 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini), ognuno dei quali confezionato da un impasto distinto, deve essere:

$$\text{per } R_{ck} \leq 30 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,25 R_{ck}$$

$$\text{per } R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2 \quad R_m \geq 1,20 R_{ck}$$

con valore minimo di ogni singolo provino $R_i \geq R_{ck}$;

2. il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata e mantenersi entro i limiti della stessa per almeno 60 minuti;
3. il rapporto acqua/cemento non si discosti di + 0.02 da quello dichiarato nella prequalifica;
4. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco deve essere tale che la resa volumetrica del calcestruzzo (rapporto tra la massa volumica impostata e la massa volumica misurata) sia contenuta in un intervallo di +/- 3% del valore unitario.

Più precisamente, le prove da eseguire in fase di qualifica delle miscele all'impianto di betonaggio devono essere le seguenti:

Calcestruzzo fresco:

- rapporto acqua/cemento, da verificare mediante essiccazione di un campione di calcestruzzo fresco, come specificato al precedente punto 6.5.4.3.;
- classe di consistenza, da verificare secondo UNI EN 12350 parte 2 o UNI EN 12350 parte 5, con mantenimento della classe fino a 60 minuti;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 31 di 157

- determinazione acqua essudata, da misurare secondo UNI EN 480/4;
- contenuto di cloruri nell'impasto come definito in UNI EN 206;
- percentuale di aria occlusa nel getto, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 7 (per i calcestruzzi areati);
- massa volumica, da misurare secondo UNI EN 12350 parte 6;
- controllo acqua di impasto secondo UNI EN 1008;
- ritiro termico (per i calcestruzzi tipo C1, C2, F1, F2, F3, G).

Per getti da effettuarsi in clima caldo dove la temperatura ambiente non sia tale da garantire una temperatura massima del calcestruzzo come indicato al punto 6.5.4.7, deve essere prevista l'idoneità della miscela anche per temperature superiori, mediante qualifica comprensiva di additivi ritardanti o superfluidificanti del tipo di cui al punto 6.5.2 al fine di garantire il mantenimento dei tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

Calcestruzzo indurito:

- determinazione della resistenza a compressione a 1, 3, 7, 14, 28 e 60 giorni di stagionatura, in conformità alla norma UNI EN 12390 parte 3;
- determinazione della massa volumica, da verificare secondo UNI EN 12390-7;
- determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione secondo la norma UNI EN 12390-8;

ulteriori prove ove prescritto in progetto o richiesto da DL/FERROVIE (a solo titolo esemplificativo, non esaustivo):

- determinazione del modulo elastico statico a compressione, secondo UNI 6556;
- determinazione della resistenza a trazione indiretta secondo UNI EN 12390-6;
- determinazione della resistenza ai cicli di gelo disgelo, secondo norma UNI 7087;
- ritiro idraulico secondo UNI 11307 (per i calcestruzzi tipo C1 e A1);

La prova della profondità di penetrazione all'acqua (secondo UNI EN 12390-8), da eseguirsi su almeno 3 provini per i calcestruzzi di tutte le classi di esposizione ambientale, dovrà fornire un valore massimo, ottenuto dalla media delle medie dei provini, inferiore al copriferro di progetto.

Possono essere richieste dalle FERROVIE prove allo scopo di definire un'apposita correlazione per la stima della resistenza mediante metodi non distruttivi (secondo UNI EN 12504-2/4), in modo da avere un ulteriore parametro di confronto in caso di non conformità in opera.

Devono essere verificati, in aggiunta alle specifiche sopra riportate, anche i requisiti aggiuntivi per le miscele di calcestruzzo definiti al punto 6.5.6 e quelle per i singoli tipi di calcestruzzo riportate al par. 6.5.7 della presente sezione di Capitolato.

L'ESECUTORE deve verificare la rispondenza dei dosaggi impostati con i dosaggi realmente effettuati durante il caricamento all'impianto mediante esame della stampa della ricetta.

Nel caso in cui la miscelazione del calcestruzzo da gettare in opera venga affidata ad autobetoniera, in fase di qualifica non può utilizzarsi il miscelatore ma solamente l'autobetoniera.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 32 di 157

Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'ESECUTORE.

Le prove di qualifica delle miscele di calcestruzzo (così come quelle delle miscele cementizie e del calcestruzzo proiettato), devono essere effettuate esclusivamente da laboratori U/A di cui all'art. 59 del DPR 380/2001.

L'approvazione delle miscele di calcestruzzo da parte delle FERROVIE non libera in alcun modo l'ESECUTORE dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

La qualifica delle miscele deve essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi i componenti o i dosaggi dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento delle miscele stesse.

6.5.9 CONTROLLI DI CONFORMITÀ IN CORSO D'OPERA E FREQUENZE DI PROVA

Ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da documenti che indichino gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica FPC (factory production control) in conformità al DM 17.01.2018.

Le FERROVIE effettueranno controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza dei materiali e degli impasti impiegati con quelle garantite in sede di qualifica.

Resistenze

Per ciascun tipo di calcestruzzo, le resistenze di prelievo determinate in laboratorio a 28 gg in corso d'opera (vedi p.to 6.5.9.1) non dovranno discostarsi del $\pm 15\%$ del valore della resistenza media determinata in fase di qualifica della miscela e riportata nel medesimo dossier.

Aria aggiunta

In corso d'opera il contenuto di aria aggiunta dovrà essere verificato secondo UNI EN 12350-7 con la frequenza minima per ciascun giorno di getto, di 2 determinazioni per ciascun elemento da realizzare.

Rapporto acqua cemento

In corso d'opera il rapp. a/c dovrà essere determinato per ciascuna miscela di calcestruzzo con frequenza mensile o ogni 2000 mc in relazione all'effettivo utilizzo.

Acqua essutata

La quantità di acqua essudata deve essere determinata in corso d'opera con frequenza mensile o ogni 1000 mc per ciascuna miscela utilizzata.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'ESECUTORE dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati all'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o presso l'impianto di confezionamento, ad eccezione delle eventuali determinazioni chimiche e delle prove necessarie ad ottemperare agli obblighi di legge che dovranno essere eseguite presso laboratori di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001.

Non è amessa l'esecuzione delle prove contrattuali di capitolato a cura di laboratori di cantiere di proprietà o anche solo gestiti dal fornitore (di calcestruzzo, di aggregato, di additivi, etc.).

6.5.9.1 Controlli di accettazione della resistenza a compressione

Per il controllo di conformità della resistenza a compressione da parte delle FERROVIE, valgono le prescrizioni contenute nel DM 17.01.2018 e nella relativa Circolare esplicativa. I controlli saranno classificati come segue:

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 33 di 157

- di tipo A: controllo di accettazione ogni 300 m³ massimo di getto;
- di tipo B: controllo di accettazione impiegato quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea uguali o superiori ai 1500 m³.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m³ di conglomerato e possibilmente a metà del carico). I campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2.

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'etichetta riportante gli estremi per l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalle FERROVIE al momento del confezionamento dei provini.

L'esecuzione del campionamento deve essere accompagnata dalla stesura di un verbale di prelievo che riporti le seguenti indicazioni:

- identificazione del campione;
- tipo di calcestruzzo;
- numero di provini effettuati;
- codice del prelievo;
- metodo di compattazione adottato;
- numero del documento di trasporto;
- ubicazione del getto per il puntuale riferimento del calcestruzzo messo in opera (es. muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.);
- identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice;
- data e ora di confezionamento dei provini;
- firma della D.L.

Al termine del prelievo i provini verranno conservati in adeguate strutture predisposte dall'ESECUTORE, appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 h (in ogni caso non oltre i 3 giorni). Trascorso questo termine i provini dovranno essere consegnati al Laboratorio incaricato di eseguire le prove di schiacciamento, ove si provvederà alla loro conservazione, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura costante di 20±2 °C oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20±2 °C e umidità relativa superiore al 95%.

Nel caso in cui i provini vengano conservati immersi nell'acqua, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

L'ESECUTORE sarà responsabile della corretta conservazione e custodia dei provini campionati, mentre

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 34 di 157

sarà responsabilità del DL assicurare la consegna degli stessi al Laboratorio incaricato. Alla consegna deve essere prodotta una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale indicherà la posizione e il tipo di strutture interessate da ciascun prelievo.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al par. 11.2.5.3 del DM 17.01.2018.

6.5.9.2 Controllo di accettazione dei valori di consistenza

La lavorabilità al momento del getto sarà sempre controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione. L'ESECUTORE è tenuto comunque a verificare la consistenza del calcestruzzo di ogni autobetoniera e a darne evidenza alle FERROVIE. La misura della lavorabilità sarà condotta in accordo alla UNI-EN 206 dopo aver scaricato dalla betoniera almeno 0,3 m³ di calcestruzzo e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

Sarà cura dell'ESECUTORE garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che è assolutamente vietata qualsiasi aggiunta di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. L'ESECUTORE deve garantire che tra fine confezionamento del calcestruzzo e fine getto non intercorra un tempo superiore a 90 minuti.

Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dall'impianto al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione purché esso possenga i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti. Di ciò si deve dare evidenza mediante apposita specifica della miscela approvata dalle FERROVIE.

Il calcestruzzo con lavorabilità inferiore potrà essere a discrezione delle FERROVIE:

- respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'ESECUTORE);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione; tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'ESECUTORE.

6.5.9.3 Controlli di conformità della resistenza sulle opere finite

In caso di controllo su elementi strutturali già realizzati dove si possono essere evidenziate problematiche tali da richiedere la verifica della qualità del materiale, il prelievo, da eseguire da parte dell'ESECUTORE in contraddittorio con le FERROVIE, deve avvenire eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici con operazioni di taglio e rettifica delle basi, in accordo alla norma UNI EN 12504-1.

Si riportano le prescrizioni e raccomandazioni che devono essere seguite dall'ESECUTORE nell'applicare il criterio di seguito esposto per la valutazione dei risultati:

- l'estrazione e la prova devono essere preferibilmente effettuate non oltre due mesi dopo la posa in opera del calcestruzzo; per tempi più lunghi gli effetti di maturazione e carbonatazione superficiale possono portare a sovrastima delle resistenze di cui si deve tenere conto;
- l'estrazione dei provini da strutture in elevazione deve essere effettuata nella parte mediana delle strutture perché l'effetto di autocompattazione porta a incrementi della massa volumica e della resistenza nella parte inferiore;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 35 di 157

- i provini ricavati dai prelievi non devono contenere al loro interno più di un elemento di armatura normale alla direzione di prova, preferibilmente nessuno, in caso contrario il provino deve essere scartato; inoltre i provini non devono contenere alcuna armatura in direzione parallela al loro asse longitudinale.
- La stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo si baserà sui risultati ottenuti nelle prove a compressione su un numero n di provini estratti dalla porzione di struttura in esame tenuto conto che per ogni lotto di 100 m³ di calcestruzzo indagato o frazione, il numero di provini n non deve risultare minore di quattro.
- Il diametro delle carote deve essere maggiore di almeno 3 volte la dimensione massima effettiva dell'aggregato e comunque maggiore di 100 mm. Il rapporto tra lunghezza e diametro dei provini deve essere possibilmente pari a 2 o comunque compreso tra 1 e 2.

Le carote una volta estratte, e i provini da esse successivamente ricavati, devono essere mantenuti umidi mediante idonei sistemi di protezione (teli umidi, sacchi chiusi, immersione in acqua, ecc.) fino alla prova di compressione; nelle lavorazioni di taglio e spianatura si deve evitare ogni essiccazione della superficie.

L'ESECUTORE deve eseguire le prove di compressione sulle carote esclusivamente presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati come indicato al punto 6.5.1 della presente sezione di Capitolato, alla presenza del FERROVIE.

I dati riscontrati devono essere registrati dall'ESECUTORE con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura delle FERROVIE.

Deve essere eseguita la misura della massa volumica media delle carote estratte dalla struttura (m_v). Il confronto con la massa volumica determinata in sede di prelievo di accettazione dei provini cubici (m_{vo}), compattati a rifiuto, porterà alla valutazione del grado di compattazione del calcestruzzo nella struttura: $G_c = m_v/m_{vo}$

Tale rapporto deve risultare maggiore di 0,95, ed in questo caso si procederà alla misura delle resistenze a compressione sulle carote, altrimenti l'elemento strutturale non può essere accettato.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale e per i criteri di accettabilità si rimanda al par. 11.2.8 della Circolare 2/2/09 n. 617/C.S.LL.PP.

Controlli integrativi

Ad insindacabile giudizio delle FERROVIE, possono essere richiesti ulteriori controlli sul calcestruzzo di cui alle norme UNI EN 12504-2/3/4.

6.5.10 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.

6.5.10.1 Prescrizioni comuni alle tipologie di acciaio

L'ESECUTORE deve utilizzare acciai prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento, mediante un sistema di gestione della qualità del prodotto certificato da parte di un organismo terzo indipendente che operi in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO /IEC17021:2006.

La valutazione e il mantenimento della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito avviene mediante marcatura CE ai sensi del Regolamento EU n.311/11 di recepimento della direttiva 89/106/CEE o, quando non applicabile, come nel caso delle armature per cemento armato, attraverso la procedura di qualificazione indicata nel DM 17.01.2018 p. 11.3.1.2, con rilascio di apposito Attestato di Qualificazione da parte del Servizio Tecnico Centrale (S.T.C.) della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che deve accompagnare tutte le forniture di acciaio.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 36 di 157

Deve essere garantita l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti qualificati mediante apposita marchiatura, secondo quanto indicato nel suddetto DM 17.01.2018 p. 11.3.1.4, inserita nel Catalogo Ufficiale degli acciai qualificati depositato presso il S.T.C..

La marchiatura deve specificare in modo inequivocabile il riferimento all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

La stessa deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. La sua mancanza, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rende il prodotto non impiegabile.

Le forniture devono inoltre essere provviste dell'apposito cartellino indicante la designazione del prodotto come indicato, ad esempio, nella norma UNI EN 10080.

Le FERROVIE, prima della messa in opera, verificheranno che tutte le forniture provenienti dallo stabilimento di produzione siano accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione e la corrispondenza del marchio riportato sulle armature con quello riportato sull'attestato stesso. Si precisa che per le barre ordinarie e per i rotoli è ammessa solamente la marchiatura di laminazione. Il documento di trasporto deve riportare altresì:

- la data di spedizione e le indicazioni relative alla quantità, al tipo, alla colata, al destinatario e all'opera per cui l'acciaio è destinato.
- l'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione (come indicato al par. 11.3.1.7 del DM).

Nel caso di fornitura effettuata da un centro di trasformazione (es. sagomatori o assemblatori) le FERROVIE verificheranno preliminarmente il possesso dei requisiti di cui al par. 11.3.1.7 del DM 17.01.2018; in particolare acquisiranno gli estremi dell'attestato di Denuncia dell'attività di Centro di trasformazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del C.S. dei Lavori Pubblici in quanto un centro di trasformazione privo di tale attestato non può fornire acciaio presagomato.

Sul documento di trasporto delle forniture in cantiere devono essere indicati gli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione e il logo o il marchio del centro di trasformazione con indicazione dell'utilizzazione prevista secondo il progetto approvato (opera, parte d'opera, posizione, numero totale dei ferri per posizione).

6.5.10.2 Acciaio per cemento armato

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciaio saldabile e ad aderenza migliorata, delle seguenti tipologie:

Acciaio per c.a. B450C

- Barre di acciaio ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$);
- Rotoli ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
- Reti elettrosaldate ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
- Tralicci elettrosaldati ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$).

Acciaio per c.a. B450A

- Barre di acciaio ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
- Rotoli ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
- Reti elettrosaldate ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 37 di 157

- Tralicci elettrosaldati ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$).

Tali prodotti possono essere utilizzati direttamente o come elementi di base per successive trasformazioni (saldature, sagomature ecc.). Le loro caratteristiche meccaniche devono rispettare i requisiti previsti dal DM 17.01.2018 - p. 11.3.2.1 e 11.3.2.2.

L'idoneità alla saldatura è condizionata dal non superamento dei valori di composizione chimica indicati nella tabella 11.3.II del DM 17.01.2018.

Se previsti da progetto possono impiegarsi altri tipi di acciaio quali gli inossidabili o gli zincati; per entrambi è richiesto il soddisfacimento dei requisiti indicati rispettivamente nei paragrafi 11.3.2.8.1. e 11.3.2.8.2. del medesimo DM.

Per gli zincati debbono essere eseguiti specifici controlli sullo spessore e sulla continuità del rivestimento, nonché sull'aderenza acciaio-rivestimento in osservanza della norma UNI 10622.

6.5.10.2.1 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli sull'acciaio consegnato in cantiere sono disposti dalle FERROVIE sotto il proprio controllo diretto e devono eseguirsi prima della messa in opera del prodotto e comunque entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere.

Le modalità di prelievo e di valutazione della conformità del prodotto sono quelle indicate al paragrafo 11.3.2.12, per barre e rotoli e per reti e tralicci elettrosaldati, del DM 17.01.2018.

Su ciascun lotto di spedizione consegnato, formato da massimo 30 t, si dovranno prelevare n. 3 spezzoni di lunghezza non inferiore a 120 cm o n. 3 saggi ricavati da tre diversi pannelli (reti e tralicci elettrosaldati), marchiati, dello stesso diametro e provenienti dallo stesso stabilimento di produzione. Qualora il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino una diversa provenienza, i controlli debbono essere estesi a ciascun lotto di provenienza.

Nel caso di armature provenienti da un Centro di Trasformazione, le FERROVIE potranno effettuare i controlli di accettazione anche recandosi presso il medesimo Centro.

In tal caso i prelievi verranno effettuati dal Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione, secondo le disposizioni impartite dalle FERROVIE lì presenti, che si assicureranno mediante sigle, etichettature, ecc., che i campioni inviati al laboratorio incaricato siano quelli da lui prelevati e che sottoscriverà la richiesta specificando la struttura interessata dal prelievo.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere tutte le indicazioni elencate nel par. 11.3.2.12 del DM 17.01.2018 e la verifica delle tolleranze dimensionali riportate al par. 11.3.2.7 del DM 17.01.2018.

Le FERROVIE acquisiranno tali certificati di prova e confronteranno i valori riscontrati con quelli di accettazione riportati sulla tabella 11.3.VIIa del suddetto paragrafo.

Se i risultati delle prove sono maggiori o uguali al valore prescritto, il lotto consegnato deve essere considerato conforme altrimenti si dovrà procedere a ulteriori prelievi e prove secondo quanto stabilito nel par. 11.3.2.12 del DM 17.01.2018.

Per quanto riguarda la verifica delle tolleranze dimensionali, si precisa che per valori della sezione misurata compresa fra il 98% e il 100% della sezione teorica, il materiale sarà contabilizzato sulla base della sezione teorica stessa. Per valori della sezione misurata inferiori al 98%, ma superiori al valore limite ammesso per la tolleranza dal DM 17.01.2018, l'ESECUTORE dovrà procedere al reintegro della sezione mancante negli elementi strutturali ai quali l'armatura è destinata, o, in alternativa, potrà produrre, a sua cura e spese, calcoli

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 38 di 157

di resistenza che giustificano l'impiego del minor quantitativo di armatura. Quest'ultimo, nel caso di esito positivo delle verifiche, verrà contabilmente detratto dall'importo contrattuale.

Le FERROVIE, oltre alle prove previste dalla normativa, potranno disporre l'effettuazione di ulteriori controlli con le modalità che verranno a riguardo indicate.

Il materiale non ritenuto idoneo deve essere stoccato dall'ESECUTORE in apposita area.

L'ESECUTORE deve acquisire la documentazione su indicata e ne deve riportare gli estremi all'interno del "Registro dei ferri e prelievi" atto a consentire la rintracciabilità tra i singoli documenti di trasporto degli acciai, parte dell'opera dove lo stesso è stato impiegato e i relativi certificati di prova.

Tale documento deve formare oggetto di controllo da parte delle FERROVIE e del Collaudatore delle strutture.

6.5.10.3 Acciaio per cemento armato precompresso

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al par. 11.3.1.2 del DM 17.01.2018 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate al par. 11.3.3.5.4 dello stesso DM come di seguito indicato.

6.5.10.3.1 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli in cantiere che le FERROVIE devono far eseguire sono regolati dal DM e devono avvenire secondo le modalità indicate dalla norma UNI EN ISO 15630-3 presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 tonnellate, va eseguito un prelievo di tre saggi sui quali effettuare le prove per la determinazione dei corrispondenti valori minimi di:

- tensione di rottura (f_{pt});
- tensione di snervamento (f_{py});
- limite elastico allo 0.1% ($f_{p0.1}$);
- tensione corrispondente al 1% della deformazione totale (f_{p1}).

I risultati delle prove sono ritenuti compatibili se nessuno dei valori risulta inferiore ai corrispondenti valori dichiarati dal produttore.

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti questa condizione devono eseguirsi prove supplementari secondo la procedura indicata al par. 11.3.3.5.3 del DM.

Qualora la fornitura delle armature provenga da un centro di trasformazione, le FERROVIE, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso dei requisiti che lo stabilimento è tenuto a trasmettergli, in analogia a quanto già indicato per le barre da cemento armato, potranno recarsi presso il medesimo centro ed effettuare tutti i controlli di legge.

6.5.11 NORME E REGOLE DI ESECUZIONE

6.5.11.1 Impiego di magrone o malta di livellamento

L'ESECUTORE, prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, deve predisporre sul fondo dello scavo già adeguato, uno strato di calcestruzzo magro (Tipo I della tabella 6.9.1) avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore minimo dello strato, se non diversamente previsto dai documenti di progetto, è 10 cm.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 39 di 157

L'ESECUTORE deve verificare che, prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici siano accuratamente pulite.

6.5.11.2 Posa in opera delle casseforme

L'ESECUTORE deve comunicare preventivamente alle FERROVIE il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per l'esecuzione dei getti, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'ESECUTORE stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione delle opere provvisoriale e della loro rispondenza a tutte le norme di legge e ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto deve essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto.

Nella progettazione e nell'esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'ESECUTORE è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni e i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata dall'intervento e in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, FERROVIE, tranvie;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature devono essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare e uniforme.

Caratteristiche delle casseforme

E' consentito l'uso di casseforme di tipo metallico, in legno o costituite da materiali fibrocompressi.

Dimensioni e spessori devono essere tali da garantire la stabilità del posizionamento, eventualmente ricorrendo a opportuni irrigidimenti o controventature.

Per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo, l'ESECUTORE deve verificare che siano adottate specifiche matrici in conformità a quanto previsto dal progetto approvato.

Nel caso di getti all'aperto in condizioni di temperatura sfavorevole (prossime ai limiti di accettabilità previsti per il calcestruzzo) l'ESECUTORE deve utilizzare casseforme di legno per la loro minore conducibilità termica, e deve curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto.

Nel caso di cassetteria a perdere inglobata nell'opera, l'ESECUTORE deve verificarne la funzionalità se è elemento portante e la non dannosità se è elemento accessorio.

Pulizia e trattamento

L'ESECUTORE deve avere cura che i casseri siano sempre puliti e privi di elementi che possano pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito e, quando necessario, prima di ogni getto, facendo uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. Non è consentito l'utilizzo di prodotti potenzialmente macchianti o in grado di alterare la superficie di calcestruzzo in faccia vista.

L'ESECUTORE deve accertarsi che su tutte le casseforme di una stessa opera sia utilizzato lo stesso prodotto disarmante.

L'ESECUTORE per l'impiego e le prove sui prodotti disarmanti deve fare riferimento a quanto indicato nelle norme UNI 8866 parti 1 e 2.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 40 di 157

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto l'ESECUTORE deve fare uso di disarmante con agente tensioattivo secondo le modalità, tempistiche e quantità indicate dal produttore, o secondo le disposizioni di DL/AS, garantendo la vibrazione contemporaneamente al getto.

Per conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, nel caso di uso di disarmanti, l'ESECUTORE deve eseguire prove preliminari alla presenza delle FERROVIE per dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi che mantengono in posizione le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non siano dannosi a quest'ultimo; ove possibile, gli elementi delle casseforme devono essere fissati nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, l'ESECUTORE può adottare altri sistemi da concordare con le FERROVIE.

Non è consentito l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono ammessi distanziatori di plastica o in malta di cemento di forma cilindrica, semicilindrica o emisferica.

L'ESECUTORE deve verificare che la superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma sia ridotta al minimo.

Giunti tra gli elementi di cassaforma

L'ESECUTORE deve verificare che i giunti tra gli elementi di cassaforma siano realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia, irregolarità e sbavature; può essere richiesto da progetto che tali giunti debbano essere evidenziati.

L'ESECUTORE deve verificare che le riprese di getto in corrispondenza dei giunti di cassaforma sulla faccia vista siano delle linee rette e, qualora richiesto dalle FERROVIE, siano marcate con gole o risalti in profondità, da sigillare opportunamente all'occorrenza.

Controlli sulle casseforme

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, deve verificare la conformità delle casseforme riguardo ai seguenti punti:

- caratteristiche costruttive e strutturali;
- pulizia e trattamento;
- legature;
- giunti, in particolare nei punti di ripresa del getto;
- predisposizioni dei fori, delle tracce, delle cavità, ecc., previste nei disegni costruttivi;
- copriferro;
- prodotti disarmanti.

6.5.11.2.1 Posizionamento e realizzazione di gabbie di armatura e giunzioni

L'ESECUTORE deve, per quanto possibile, assicurare che siano garantite le seguenti condizioni:

- composizione fuori opera delle gabbie di armatura;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 41 di 157

- in corrispondenza di tutti i nodi devono essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto;
- posizione delle armature metalliche entro i casseri, utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori di cui al punto 6.5.11.2;
- adozione di tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura, la stessa, se eseguita in cantiere, deve essere autorizzata dalle FERROVIE dietro preventiva presentazione di un'ideale procedura di lavoro che espliciti le modalità di esecuzione, i materiali e le attrezzature, nonché le qualifiche dei saldatori.

In questo caso l'ESECUTORE deve effettuare prelievi di barre con elementi di staffa saldati da sottoporre a prove di trazione e di resistenza al distacco presso laboratori di cui al punto 6.5, allo scopo di verificare anche che la saldatura non abbia provocato una riduzione di resistenza nelle barre.

Nel corso dei lavori le FERROVIE possono comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

Nel caso d'impiego di manicotti filettati per la giunzione delle barre, l'ESECUTORE deve consegnare preventivamente alle FERROVIE, per accettazione, le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

Devono essere eseguiti i controlli previsti per le forniture di acciaio indicati al capitolo 6.5.10 della presente sezione di Capitolato.

In fase di posa e messa in opera deve essere eseguito prima del getto, il controllo, da parte delle FERROVIE, della conformità ai disegni e alle specifiche relativamente a:

- dimensioni e sagome delle barre;
- posizionamento e regolarità delle maglie;
- valore delle sovrapposizioni;
- legature e distanziatori (secondo quanto indicato al punto 6.5.11.2);
- maglia o terminale di messa a terra (se previsto);
- il controllo della pulizia dei ferri e degli eventuali inserti.

Le tolleranze relativamente alle armature da cemento armato sono indicate nel par. 6.5.15.

6.5.11.3 Posa in opera del calcestruzzo

6.5.11.3.1 Attività preliminari alla fase di getto

L'ESECUTORE è tenuto a presentare a FERROVIE, nei modi e nei tempi previsti dal Contratto, un programma dei getti che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva, con indicazione di:

- data e ora di esecuzione del getto;
- ubicazione del getto (opera e parte d'opera);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio, in accordo a quanto previsto dal progetto;
- metri cubi di calcestruzzo previsti;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 42 di 157

- impianto di betonaggio di provenienza;
- riferimenti alla specifica documentazione di controllo approvata dalle FERROVIE.

Ogni variazione al programma deve essere comunicata (salvo casi dovuti a documentati motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre l'ESECUTORE deve prevedere l'elaborazione di una procedura che specifichi le modalità di getto e di stagionatura delle opere/parti d'opera da realizzare, da trasmettere preventivamente per informazione a FERROVIE.

6.5.11.3.2 Esecuzione dei getti

L'ESECUTORE può iniziare le attività di getto solo dopo che le FERROVIE abbiano eseguito la verifica di conformità relativamente a piani di posa, casseforme, armatura, copriferro, inserti e quant'altro previsto dal progetto approvato. Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di un responsabile tecnico dell'ESECUTORE.

Nel caso di getti contro terra l'ESECUTORE deve controllare che siano state eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto e/o alle disposizioni delle FERROVIE:

- la pulizia delle superfici a contatto con il getto;
- la verifica del posizionamento di eventuali drenaggi, nonché la predisposizione dei mezzi per allontanamento/aggettamento delle eventuali acque d'infiltrazione;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

Resta inteso che l'ESECUTORE deve provvedere al ripristino di eventuali cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

L'ESECUTORE deve accertarsi che lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme avvenga con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza massima di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, è pari a 100 cm.

Il calcestruzzo deve essere posto in opera e vibrato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze.

Se non sia altrimenti stabilito in progetto, il calcestruzzo deve essere vibrato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso; la durata della vibrazione è determinata dal tempo intercorso dall'immersione totale del vibratore fino all'affioramento in superficie della boiaccia. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione devono penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore.

Deve essere garantita la continuità del funzionamento delle attrezzature, anche mediante apparecchiature di riserva allo scopo di evitare rallentamenti e/o interruzioni delle operazioni di costipamento.

Per getti in pendenza devono essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrare efficacemente.

La posa in opera deve essere eseguita mediante tubi-getto di ferro costituiti da segmenti di diametro fino a 25-30 cm e lunghezza fino a 3 m, aventi nella parte superiore una tramoggia a imbuto per il calcestruzzo. La bocca inferiore del tubo così realizzato deve restare costantemente sotto il livello del calcestruzzo già gettato,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 43 di 157

in modo da favorirne la risalita. Per i getti di pali e micropali e per quelli di paratie di pali e diaframmi si rimanda alle prescrizioni indicate rispettivamente nelle sezioni 7 e 8 del capitolato.

L'ESECUTORE, nel caso di riprese di getto, previste da progetto o concordate con le FERROVIE, al fine di assicurare un'adeguata continuità sia tra elementi strutturali contigui che tra parti di uno stesso elemento strutturale realizzate in tempi differenti, deve rispettare le prescrizioni di seguito riportate.

Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco

L'ESECUTORE deve accertare in fase di qualifica che le caratteristiche della miscela possiedano requisiti tali da rendere compatibili i due getti, tenendo presente il tempo necessario per il ricoprimento del primo getto, il mantenimento della lavorabilità nel tempo, il tempo di presa del calcestruzzo già gettato. All'atto del getto dello strato successivo, la consistenza dello strato di primo getto deve essere almeno tale da permettere la penetrazione della vibrazione per uno spessore di qualche centimetro.

Per ottenere questi risultati l'ESECUTORE deve garantire tempi massimi per le interruzioni senza compromettere le caratteristiche di monolicità.

Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito

L'ESECUTORE deve predisporre una superficie di ripresa, realizzando una scarifica meccanica del calcestruzzo indurito, procedendo, prima del nuovo getto, al lavaggio della superficie di ripresa con acqua in pressione in modo da eliminare la malta e lasciare esposto l'aggregato grosso.

L'eventuale utilizzo di prodotti filmogeni antievaporanti deve rispondere alla norma UNI 8656. L'ESECUTORE deve sottoporre all'approvazione delle FERROVIE la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione, deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette); viceversa, prima di eseguire il successivo getto, si deve ravvivare la superficie.

Per strutture sotto falda e, comunque, ogni volta che sia prescritto dal progetto e/o richiesto dalle FERROVIE, dopo aver reso scabra la superficie di ripresa, l'ESECUTORE deve posare una malta o un betoncino di collegamento con caratteristiche, preliminarmente verificate e approvate dalle FERROVIE in qualifica, di tenuta all'acqua e di ritiro compensato e realizzare il nuovo getto sulla malta ancora fresca.

L'ESECUTORE deve verificare che tra le successive riprese di getto non vi siano distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario deve applicare adeguati trattamenti superficiali concordati con le FERROVIE.

Getti in clima freddo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.8.7 l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura del calcestruzzo fresco al momento della consegna non sia minore di 5 °C. In condizioni di temperatura ambientale inferiore il getto può essere eseguito dietro il rispetto delle seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0° C e 5° C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio devono essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto durante la fase di getto non inferiore a 10°C; l'ESECUTORE può ottenere il rispetto di tale limite di temperatura anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua d'impasto all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25° C.
- per temperature comprese fra -4° C e 0° C l'ESECUTORE può eseguire esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al punto precedente.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 44 di 157

- salvo specifiche prescrizioni di progetto, da sottoporre comunque a preventiva approvazione del FERROVIE, non si deve procedere all'esecuzione di getti quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4°C .

L'ESECUTORE deve inoltre adottare le seguenti ulteriori precauzioni:

- eseguire opportune protezioni dei getti, concordate preventivamente con le FERROVIE, per permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- eseguire una valutazione del tempo necessario al mantenimento delle cassaforme in relazione all'effettivo valore di temperatura ambientale;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata;
- in caso di presenza di neve e/o ghiaccio, prima del getto si deve accertarne l'avvenuta rimozione dai casseri, dalle armature e dal sottofondo.

Getti in clima caldo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.5.4.7, l'ESECUTORE deve verificare che la temperatura dell'impasto fresco, misurata all'arrivo in cantiere, non deve eccedere i 30°C ; tale limite può essere superato qualora all'atto della qualifica della miscela sia stata prevista l'idoneità anche per temperature dell'ambiente superiori, mediante l'utilizzo di appositi additivi - come indicato al punto 6.5.8.2 - al fine di garantire il mantenimento dei tempi di presa e della classe di consistenza di progetto.

La temperatura delle casseforme metalliche, se maggiore di 30°C , deve essere ricondotta a tale valore con tolleranza di 5°C mediante preventivi getti esterni di acqua fredda.

Per realizzare una miscela di calcestruzzo entro i limiti di temperatura sopra indicati l'ESECUTORE deve procedere al raffreddamento degli aggregati stoccati con getti di acqua fredda di cui si deve evitare il ristagno, prevedendo un adeguato drenaggio, già in fase di qualifica, tenendo conto nel dosaggio della miscela dell'eventuale assorbimento di acqua negli aggregati.

Riguardo al mantenimento della classe di consistenza del calcestruzzo si deve fare riferimento a quanto indicato ai punti 6.5.3.5 e 6.5.4 in funzione del tipo di calcestruzzo come definito al punto 6.5.5.

L'ESECUTORE per i getti in clima caldo, asciutto e ventilato deve:

- eseguire i getti al mattino, alla sera o di notte;
- impiegare cementi a basso calore d'idratazione;
- impiegare additivi superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- a fine getto mantenere bagnate le superfici del calcestruzzo per almeno due giorni.

Per quanto non esplicitato o non in contrasto con le specifiche di cui sopra, si deve fare riferimento alla norma UNI EN 13670.

6.5.11.3.3 Controllo termico del calcestruzzo

Conformemente a quanto indicato al punto 6.5.6.3, l'ESECUTORE deve eseguire il controllo termico dei getti in corso d'opera secondo le modalità di seguito indicate.

Calcestruzzi di tipo C1 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 45 di 157

- verificare che, sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1\max} < 40^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, i tempi di cassetatura in modo che risulti: $\Delta T_{2\max} < 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente).

Calcestruzzi di tipo C2 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che, sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1\max} < 50^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di cassetatura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni: $\Delta T_{2\max} < 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e $\Delta T_{3\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione delle FERROVIE particolari accorgimenti da adottare per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

Calcestruzzi di tipo F1 ed F2 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1\max} < 40^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata).

Calcestruzzi di tipo F3 (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di:

- verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1\max} < 35^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata);
- definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di cassetatura in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano verificate entrambe le seguenti condizioni: $\Delta T_{2\max} < 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la massima temperatura registrata con la sonda posizionata all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero e la temperatura ambiente) e $\Delta T_{3\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del nucleo e la massima temperatura all'estradosso della gabbia di armatura o, in assenza di armatura, a 3 cm dal cassero).

Calcestruzzi di tipo G (tabella 6.5.5.1)

L'ESECUTORE deve predisporre idonea strumentazione (termocoppie) al fine di verificare che sul primo manufatto/parte d'opera/getto realizzato con miscela omogenea, risulti: $\Delta T_{1\max} < 40^{\circ}\text{C}$ (differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura considerata).

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 46 di 157

Qualora si rendesse necessario, in mancanza di specifiche indicazioni progettuali, l'ESECUTORE deve sottoporre ad approvazione del FERROVIE particolari accorgimenti per il rispetto delle suddette condizioni di temperatura (es. serpentine di raffreddamento o altro sistema).

6.5.11.4 Stagionatura del calcestruzzo

L'ESECUTORE deve verificare che i metodi e la durata della stagionatura siano conformi a quanto stabilito dal progetto approvato, in modo da garantire:

- a) la prescritta resistenza;
- b) l'assenza di fessure o cavillature in conseguenza del ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

L'ESECUTORE deve quindi prevedere per il periodo di stagionatura adeguati sistemi di protezione al fine di garantire al calcestruzzo il raggiungimento delle migliori caratteristiche sia al suo interno che in superficie.

Le protezioni messe in atto dall'ESECUTORE hanno lo scopo di impedire o quantomeno ridurre sensibilmente:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, evitando la minore idratazione del cemento che, in corrispondenza della zona del copriferro, è fonte di potenziale permeabilità di sostanze esterne;
- il rischio di fessurazione per effetto del ritiro igrometrico che comporta un'accelerata carbonatazione dello strato di copriferro cui può corrispondere un rischio di corrosione delle armature e comunque una minore resistenza meccanica locale;
- nel caso di basse temperature (punto 6.5.11.4.) il congelamento dell'acqua d'impasto e il rapido raffreddamento del getto, dovuti alla differenza di temperatura tra il manufatto e l'ambiente e quindi possibili cause di generazione di stati fessurativi.

La durata di una corretta stagionatura può essere ricondotta allo sviluppo della resistenza del calcestruzzo. A questo riguardo l'ESECUTORE può fare riferimento alla tabella 16 della norma UNI EN 206 in cui è indicata una classificazione in funzione del rapporto tra la resistenza media a compressione a 2 gg e quella a 28 gg, da intendersi determinato sulla base dei risultati di qualifica della miscela. A questo riguardo, sulla base dei medesimi dati di qualifica, l'ESECUTORE determinerà un tempo minimo per le operazioni di scassero (esulante dalle comunque prioritarie considerazioni di natura statica), analizzando, tra gli altri parametri, la curva di sviluppo della resistenza in funzione del tempo.

I metodi di stagionatura previsti dall'ESECUTORE devono essere preventivamente sottoposti all'esame delle FERROVIE che può richiedere apposite verifiche sperimentali.

Nel caso si prevedano nelle 24 ore successive al getto temperature dell'aria minori di 5°C o maggiori di 35°C l'ESECUTORE deve utilizzare esclusivamente casseri in legno o coibentati sull'intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti.

I materiali coibenti di cui l'ESECUTORE può fare utilizzo sono:

- fogli di polistirolo o poliuretano espanso, tagliati e fissati ai casseri;
- fogli di lana di roccia ricoperti da fodere di polietilene;
- fogli di schiuma vinilica;
- schiume poliuretaniche spruzzate sull'esterno della cassaforma.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 47 di 157

Per un più efficace utilizzo, tali materiali devono essere sempre protetti dall'umidità con teloni impermeabili.

Si deve provvedere al mantenimento del corretto grado di umidità delle superfici per almeno le prime 48 ore dopo il getto, mediante utilizzo di prodotti filmogeni di cui al punto 6.5.11.4 applicati a spruzzo, ovvero mediante continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi.

Per la verifica della corretta e migliore stagionatura le FERROVIE potranno richiedere all'ESECUTORE l'utilizzo di apposite termocoppie in grado di rilevare la temperatura del calcestruzzo in prestabilite differenti parti della struttura (nucleo, periferia, copriferro interno), secondo le indicazioni del precedente punto 6.5.11.4.

L'ESECUTORE durante il periodo di stagionatura deve evitare che i getti subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Per quanto non previsto dal presente Capitolato si può fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670.

6.5.11.5 Operazioni di disarmo

L'ESECUTORE può procedere alla rimozione delle casseforme quando siano stati raggiunti i tempi di maturazione preventivamente determinati in funzione della minima resistenza ottenuta per la struttura e dal sufficiente grado d'idratazione raggiunto dal calcestruzzo, o secondo quanto indicato nel progetto approvato.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette, che dovessero sporgere dai getti, devono essere tagliati almeno 1 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

6.5.11.6 Caratteristiche superficiali dei getti

Per le superfici a faccia-vista, affinché il colore superficiale del calcestruzzo risulti il più possibile uniforme, l'ESECUTORE deve verificare e garantire che il cemento utilizzato in ciascuna opera provenga dallo stesso cementificio e sia dello stesso tipo e classe, che la sabbia provenga dalla stessa cava e abbia granulometria e composizione costante nel tempo.

Analogamente l'ESECUTORE deve garantire per le singole parti un medesimo trattamento di stagionatura, curando che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme e il calcestruzzo risulti privo di efflorescenze; qualora queste ultime apparissero, sarà onere dell'ESECUTORE procedere alla tempestiva eliminazione mediante spazzolatura.

L'ESECUTORE deve evitare l'insorgenza di macchie di ruggine sulle superfici finite di calcestruzzo causabili dalla presenza temporanea dei ferri di ripresa scoperti e a diretto contatto con l'acqua piovana.

Nessun ripristino può essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo benestare delle FERROVIE, che deve autorizzare i materiali e la metodologia d'intervento proposti dall'ESECUTORE sulla base della causa e della tipologia del difetto. A questo riguardo l'ESECUTORE deve rispettare le indicazioni contenute nelle norme UNI EN 1504.

6.5.12 ELEMENTI PRECOMPRESSI

6.5.12.1 Posizionamento delle armature di precompressione

L'ESECUTORE deve attenersi rigorosamente alle disposizioni contenute nel progetto approvato, in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 48 di 157

- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione (da uno o da entrambi gli estremi);
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Fatte salve indicazioni di progetto al riguardo, al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'ESECUTORE è tenuto a collegare tutti i ferri delle armature di precompressione tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio collegato ad un terminale da realizzare con un tondino di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm.

Qualora tale procedimento non fosse possibile e, per motivi di sicurezza inerenti l'integrità delle armature di precompressione, sia prevista da progetto l'adozione di tecniche d'isolamento alternative, l'ESECUTORE deve verificare che i prodotti indicati siano idonei allo scopo e abbiano ottenuto l'approvazione del FERROVIE.

L'ESECUTORE, relativamente alla conformità dei manufatti in conglomerato cementizio armato precompresso, oltre a rispettare le prescrizioni di progetto, deve verificare quanto indicato nel par.6.19 circa le tolleranze costruttive.

6.5.12.2 Tesatura dei cavi di precompressione

L'ESECUTORE deve effettuare i controlli di conformità alle specifiche di progetto secondo i seguenti punti:

a) Preliminarmente alla messa in opera

L'ESECUTORE, prima delle operazioni di messa in tensione, deve redigere una relazione tecnica in cui dettagliare le modalità di applicazione della precompressione da trasmettere per approvazione alle FERROVIE.

I cavi d'armatura e i dispositivi speciali devono essere forniti di documentazione riportante:

- la provenienza e l'identificazione del lotto;
- l'idoneità del materiale;
- le certificazioni delle caratteristiche dei materiali.

b) Al momento del posizionamento

L'ESECUTORE deve verificare la conformità:

- del tipo e della geometria di ogni singolo cavo;
- dei dispositivi speciali (ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa);
- dell'avvenuta predisposizione dei tubi di sfiato per le guaine secondo le indicazioni di progetto.

c) Al momento della messa in tensione dei cavi

L'ESECUTORE deve verificare che:

- la messa in tensione delle armature avvenga con apparecchiature corredate di certificazioni di taratura del dispositivo completo (martinetto+centralina); si devono utilizzare martinetti monotrefolo dotati di dispositivo che impedisca la rotazione del trefolo durante le fasi di tesatura;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 49 di 157

- le operazioni di tesatura e delle eventuali ritesature delle armature siano registrate in specifica documentazione di controllo riportante i valori dei tassi di precompressione e degli allungamenti totali o parziali di ogni cavo.

d) Controlli sul lavoro finito

Le FERROVIE, nel caso in cui non abbiano avuto garanzia della perfetta riuscita dell'intasamento delle guaine, potranno richiedere all'ESECUTORE l'effettuazione di prove di tipo endoscopico su almeno il 20% dei cavi di precompressione e in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso di travi appoggiate, comunque in relazione all'andamento del tracciato).

In caso di esito negativo delle suddette prove, si procederà all'estensione del controllo secondo insindacabile giudizio delle FERROVIE.

6.5.12.3 Dispositivi di ancoraggio

L'ESECUTORE deve verificare che i dispositivi di ancoraggio di estremità da impiegarsi per la precompressione a cavi scorrevoli (post-tensione) siano del tipo pressofuso e monoblocco. Tali dispositivi ai sensi del DM 17.01.2018 – p. 11.5 e dalla Circolare 617 C.S.LL.PP. 02/02/09 – p.11.5.1 devono essere dotati di marchio CE in conformità a specifico Benestare Tecnico Europeo, ovvero, mediante certificazione di idoneità tecnica a valenza esclusivamente nazionale, rilasciata dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture.

Per le modalità di utilizzo di tali dispositivi (geometrie, dimensioni, distanze mutue e dal bordo della carpenteria, frettaggio, armature di dettaglio, etc.) l'ESECUTORE deve rispettare quanto riportato nei certificati di omologazione depositati.

6.5.12.4 Guaine ed iniezioni di malta

Per le caratteristiche delle guaine di acciaio, se previste in progetto, l'ESECUTORE deve fare riferimento ai requisiti minimi indicati nella norma UNI EN 523 – prospetto 1.

Per le guaine di plastica (pvc) della post-precompressione interna e aderente l'ESECUTORE deve rispettare le prescrizioni riportate nel Fib Bulletin 7 dal titolo "Guaine corrugate plastiche per post-tensione interna aderente (Corrugated plastic ducts for internal bonded post-tensioning)" del Gennaio 2000.

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, l'ESECUTORE deve iniettare le guaine utilizzando una pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica, costituita da cemento, additivi ed acqua, non contenente cloruri o agenti che provochino espansione con formazione di gas aggressivi.

Eventuali additivi da impiegare per le malte devono rispondere ai requisiti della norma UNI EN 934-4.

L'ESECUTORE deve procedere, prima dell'impiego, alle prove di qualificazione della malta cementizia che intende utilizzare e ottenerne l'approvazione da parte delle FERROVIE.

Caratteristiche della miscela fluida e relativi controlli

Per la qualificazione della pasta cementizia l'ESECUTORE deve eseguire oltre alle prove atte a determinare il soddisfacimento dei requisiti di base definiti dalla UNI-EN 447, utilizzando i metodi di prova definiti dalla UNI EN 445, anche i seguenti accertamenti:

- qualificazione delle materie costituenti la miscela, secondo le prescrizioni e modalità indicate nella sezione relativa alla qualificazione del calcestruzzo;
- verifica dell'assenza di cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 50 di 157

- determinazione della massa volumica della miscela fresca che deve risultare $\geq 1,85 \text{ t/m}^3$;
- verifica dell'essudazione che non dovrà essere superiore al 2% del volume iniziale della miscela;
- determinazione dell'espansione, misurata in acqua dopo 2 giorni, che deve essere superiore al 4%;
- misurazione del tempo di inizio presa a 30 °C, misurato secondo la Norma UNI-EN 196/3, che deve essere superiore a tre ore ed il tempo di fine presa che deve essere inferiore a 6 ore, ad umidità relativa del 75%.

L'ESECUTORE effettuerà le prove suddette presso un laboratorio di cui al punto 6.5 della presente sezione di Capitolato.

Modalità di preparazione e iniezione

L'ESECUTORE deve verificare prima della fase di iniezione che:

- l'impastatrice sia del tipo ad alta velocità con almeno 1500-2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano, e il tempo di mescolamento è fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh;
- prima della fase d'iniezione la miscela sia vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato; il trattenuto deve essere scartato;
- nel caso d'iniezione con pompa sia prescritta la presenza di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette e i cavi terminali. I tubi di sfiato devono essere presenti anche nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello;
- nel caso d'iniezione sottovuoto questa sia eseguita utilizzando un'apposita attrezzatura aspirante in grado di creare e mantenere, con la valvola di ingresso chiusa, una depressione di almeno 25 kPa nella guaina da iniettare per almeno 1 minuto. Inoltre si richiede che:
 - la pompa aspirante abbia una portata nominale di almeno 30 m³/h e sia accoppiata a un'idonea attrezzatura equipaggiata da contaltri per la misura del volume della guaina da iniettare;
 - l'iniezione possa essere eseguita solo dopo aver misurato il volume della guaina e verificato la possibilità di mantenere stabilmente nella medesima la depressione prescritta.

Durante l'iniezione l'ESECUTORE deve verificare che:

- le iniezioni siano eseguite possibilmente entro 7 giorni e comunque non oltre 15 gg dalla messa in tensione delle armature di precompressione;
- le condizioni climatiche (temperatura e presenza di gelo) siano tali da assicurare che la temperatura della struttura sia non inferiore a 5°C nelle 48 ore seguenti all'iniezione, e comunque garantendo l'utilizzo di apposita malta antigelo con tenore di 6-10% di aria occlusa;
- non vi siano possibilità d'infiltrazioni di aria nella guaina all'atto dell'immissione della pasta e per tutto il tempo dell'iniezione; gli eventuali punti d'infiltrazione devono essere individuati e sigillati;
- la pompa venga mantenuta in funzione fin quando la pasta non fuoriesce dal lato opposto della guaina in quantità almeno pari al volume equivalente a 50 cm di guaina, in modo da assicurare la completa rimozione di eventuali emulsioni protettive del cavo;
- la depressione nella guaina non superi i 35 kPa;
- il volume di pasta iniettata sia pressoché uguale al volume della guaina;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 51 di 157

- quando la pasta fuoriesce dal lato opposto, si provveda a chiudere con una valvola il condotto di fuoriuscita e si prosegua a pompare fino a raggiungere la pressione di 500 kPa che deve essere mantenuta senza pompare per almeno 1 minuto;
- l'iniezione sia continua e non venga assolutamente interrotta. Nel caso d'interruzione superiore a 5 minuti il cavo venga lavato e l'iniezione ripresa dall'inizio;
- provveda con appositi contenitori, affinché la miscela di sfrido non venga scaricata sull'opera o attorno ad essa;
- durante le fasi di iniezione delle guaine, sia eseguita la misura del rapporto a/c e della fluidità sulla pasta cementizia in uscita ed in entrata per ogni impasto;
- l'iniezione continui finché la fluidità della pasta cementizia in uscita non sia analoga a quella della pasta cementizia in entrata con una tolleranza di ± 4 secondi;
- nel caso d'interruzione di iniezione, sia controllato che il tempo intercorso fino alla ripresa delle operazioni rimanga inferiore a 5 minuti, annotando gli orari di interruzione e di ripresa.

6.5.13 ELEMENTI PREFABBRICATI

Per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e le tecniche di messa in opera degli elementi e del complesso strutturale, l'ESECUTORE dovrà fare riferimento ai documenti di progetto i quali dovranno contenere tutte le indicazioni del caso, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 17.01.2018, nel rispetto delle responsabilità e competenze delle diverse figure professionali stabilite dalle stesse norme.

Come prescritto al par. 11.8.1 del DM, gli elementi costruttivi di produzione occasionale (ad esempio quelli realizzati in impianti temporanei di prefabbricazione esterni al cantiere o allestiti a piè d'opera) devono comunque essere realizzati attraverso processi sottoposti a un sistema di controllo della produzione, secondo quanto indicato ai paragrafi 11.8.2, 11.8.3, 11.8.4 (per quanto esplicitamente applicabile al campo della produzione occasionale) della citata norma.

Per le definizioni e le caratteristiche di conformità degli elementi prefabbricati prodotti in serie dichiarata e controllata si rimanda al par. 4.1.10 del DM.

L'ESECUTORE dovrà far pervenire alle FERROVIE, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al par. 11.8.5 del DM., in particolare le FERROVIE controlleranno che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata nel citato decreto siano stati rispettati.

In caso di prodotti per i quali sia prescritta la marcatura CE, l'ESECUTORE dovrà consegnare alle FERROVIE, all'atto della fornitura, tutta la documentazione inerente la marcatura CE dei manufatti.

6.5.13.1 Controlli in fase di produzione degli elementi

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente alla miscela di calcestruzzo:

Calcestruzzi di tipo A1 (tabella 6.5.5.1 e par 6.5.7)

- test di spandimento secondo norma UNI EN 12350-5 per l'accertamento visivo dell'assenza di segregazione;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 52 di 157

- controllo del valore di R_{ck} misurato su provini stagionati in vasca di maturazione accelerata con lo stesso ciclo di vapore adottato per il manufatto e controllato mediante sonde di registrazione nel calcestruzzo fresco;
- controllo della resistenza caratteristica a trazione indiretta f_{ctk} (UNI EN 12390-6);
- controllo del modulo di elasticità del calcestruzzo (UNI EN 12390-136556).

Calcestruzzi di tipo B1 e B2 (tabella 6.5.5.1 e par 6.5.7)

- verifica del valore di R_{ck} allo scasso e del valore di penetrazione all'acqua (UNI EN 12390-8).

Di seguito si riportano gli ulteriori controlli che l'ESECUTORE deve eseguire relativamente al processo di produzione:

- le tolleranze sui casseri e sul posizionamento delle armature, quando non diversamente prescritto nel progetto approvato, devono essere conformi a quanto contenuto nel par 6.5.15;
- le operazioni di posa del calcestruzzo siano tali da consentire la necessaria compattazione con idonei strumenti e tali da escludere la possibilità di segregazione del calcestruzzo;
- in fase di stagionatura, nel caso di maturazione naturale, si devono evitare condizioni ambientali estreme, in termini di temperatura, umidità e ventilazione.

In fase di stagionatura, nel caso di maturazione accelerata mediante trattamento termico a vapore, l'ESECUTORE deve determinare, in sede di qualifica, per via sperimentale il ciclo di maturazione più idoneo al raggiungimento delle caratteristiche strutturali richieste nei tempi dettati dal ciclo produttivo dichiarato; tale piano di stagionatura deve essere approvato dalle FERROVIE.

In questa circostanza l'ESECUTORE deve inoltre:

- garantire l'ottenimento di manufatti privi di cavillature, lesioni, ed effetti pregiudizievoli nell'aderenza dell'armatura;
- controllare le temperature e i tempi di detto ciclo mediante misure in continuo nell'ambiente di stagionatura e all'interno dei provini di calcestruzzo, utilizzando sonde o apparecchiature equivalenti in grado di registrare l'andamento delle temperature nel tempo;
- verificare che il tempo di prestagionatura, alla temperatura massima di 30 °C, non sia minore di due ore;
- verificare che la velocità di riscaldamento non sia superiore a 20°C/h;
- verificare che la temperatura del punto più caldo all'interno del calcestruzzo non sia superiore a 60 °C;
- verificare che la fase di raffreddamento abbia una durata tale da garantire il raggiungimento della temperatura del manufatto a valori prossimi a quelli ambiente.

Nel caso di produzione occasionale degli elementi l'ESECUTORE deve assicurare inoltre che siano trascritti nel registro di produzione i seguenti dati:

- caratteristiche dei materiali impiegati;
- data e ora di inizio e fine getto;
- data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 53 di 157

- tensione di tesatura delle armature di precompressione;
- per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli diritti e su tutti quelli eventualmente deviati;
- per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra.

In tale circostanza l'ESECUTORE deve inoltre effettuare la prova di carico su almeno i primi tre elementi prodotti a n. 3 cicli di carico, la cui entità e modalità di applicazione deve essere prevista nel documento di controllo dell'opera.

Prima di procedere allo scassero dei manufatti, e all'eventuale taglio dei trefoli nel caso di elemento precompresso, l'ESECUTORE deve accertare che sia trascorso il tempo necessario previsto dal piano di stagionatura e che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza richiesta per quest'operazione, tenendo conto dell'attrito della cassaforma, delle azioni dinamiche, della posizione dei punti di sollevamento.

Nel caso di elementi prefabbricati precompressi l'ESECUTORE deve inoltre verificare che:

- il documento di controllo riporti il dettaglio delle grandezze da misurare, che deve comprendere almeno la verifica della deformata e, per un elemento ogni 10 prodotti, il controllo dimensionale rigoroso che, salvo limitazioni più restrittive previste in progetto, deve rispettare i valori indicati nel par. 6.5.15;
- nel caso delle travi sia sempre misurato sia l'accorciamento assiale che le controfrecce; per un elemento ogni cinque questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del manufatto;

6.5.13.2 Marcatura e stoccaggio

Ogni elemento prefabbricato deve riportare il numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permetterne in qualsiasi momento l'identificazione.

Deve inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera.

L'ESECUTORE deve garantire che:

- i materiali vengano posti a stoccaggio in maniera propria, evitando qualsiasi danneggiamento e la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dalla rimanente;
- sia rispettata la posizione dei punti di appoggio come da progetto, in modo da non indurre o favorire deformazioni lente e/o variazioni dimensionali tali da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile;
- siano utilizzati appoggi per lo stoccaggio che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro;
- sia indicato il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

6.5.13.3 Trasporto e movimentazione

L'ESECUTORE deve garantire che modalità e tempi di trasporto del manufatto siano tali da evitare danneggiamenti allo stesso. A tal fine si rappresenta che:

- per il calcolo delle sollecitazioni durante queste fasi, qualora non diversamente determinato, si assumerà un'azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per il trasporto su strada e del 20% per il trasporto in area di cantiere;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 54 di 157

- nel caso di trasporto su strada, le azioni indotte dalla frenatura e dalla geometria stradale non possano compromettere l'integrità degli elementi;
- prima di effettuare la movimentazione dei manufatti deve essere accertata l'idoneità in termini di minima resistenza raggiunta;
- la movimentazione dei manufatti deve avvenire esclusivamente attraverso gli appositi dispositivi di ancoraggio incorporati nel manufatto medesimo.

6.5.14 CALCESTRUZZI SPECIALI

6.5.14.1 Calcestruzzo proiettato

L'impiego del calcestruzzo proiettato è soggetto al rispetto delle prescrizioni contenute nelle norme EN 14487-1 ed EN 14487-2; ad esse l'ESECUTORE deve attenersi per quanto non espressamente indicato nei punti successivi della presente sezione di Capitolato.

6.5.14.1.1 Classificazione e designazione

Il calcestruzzo proiettato dovrà essere designato indicando almeno:

- classe di resistenza a compressione
- classe di esposizione ambientale
- classe di resistenza del calcestruzzo proiettato giovane
- classe contenuto cloruri
- diametro massimo dell'aggregato.

In presenza di fibre nella miscela, dovrà essere precisata anche la classe di assorbimento dell'energia di deformazione.

Ulteriori requisiti potranno essere indicati negli elaborati progettuali in funzione delle specificità operative.

E' definita una classificazione del calcestruzzo proiettato in funzione dei parametri di seguito indicati:

Classe di resistenza

In analogia con la norma UNI EN 206, le resistenze di riferimento dei calcestruzzi proiettati sono valutate su provini estratti per carotaggio in opera o da pannelli di prova e sono espresse in termini di resistenza caratteristica cilindrica con una sigla del tipo cp-fck. Per le prove le carote devono avere altezza pari al diametro; questo deve essere sempre maggiore ad almeno 3 volte la massima dimensione degli inerti di pezzatura maggiore con un minimo di 8 cm. La determinazione della classe di resistenza alla compressione monoassiale deve avvenire in conformità alla norma EN 12504-1 ed EN 13791.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 55 di 157

Destinazione d'uso	Sigla	Classe di resistenza a compressione minima (norma EN 206)	Classe di assorbimento energetico minima (fibrorinforzato) (norma EN 14487-1)	Classe di sviluppo della resistenza minima a compressione a breve termine (norma EN 14487-1)	Impiego
Temporaneo non strutturale	TN	C 16/20	-	-	Sottofondi – Riempimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpate provvisorie
		C 16/20	E 700	J1	Protezione superficiale
Permanente non strutturale	PN	C 16/20	-	-	Riempimenti
		C 16/20	E 700	J1	Protezione di scarpate
		C 16/20	-	-	Impermeabilizzazioni
Permanente strutturale	PS	C 25/30	E 700	-	Rivestimenti di gallerie
			E 700	-	Rivestimenti armati di scarpate
			E 700	-	Strutture monoguscio – Riparazioni
Temporaneo strutturale	TS	C 25/30	E 700	J2	Rivestimenti di prima fase di gallerie
		C 25/30	E 700	J1	Protezione superficiale

Tabella 6.5.14.1.1: Classificazione in funzione del campo d'impiego

Campo di impiego.

Nella tabella 6.5.14.1 sono indicate le resistenze minime richieste in termini di resistenza caratteristica cilindrica su carota, la classe di assorbimento energetico (se fibrorinforzato) e lo sviluppo della resistenza nelle prime 24 ore.

In funzione del campo d'impiego deve essere definita la classe di esposizione conformemente a quanto indicato al punto 6.5.4.

Sviluppo delle resistenze meccaniche del calcestruzzo giovane (fino a 24 ore).

In questo caso sono previste tre classi di sviluppo di resistenza in base al valore raggiunto dal calcestruzzo a determinate scadenze temporali come indicato nella figura seguente (norma EN 14487-1).

Energia di deformazione assorbita.

In questo caso si valuterà l'assorbimento dell'energia di deformazione secondo il procedimento indicato nella norma EN 14488-4.

Dalla piastra oggetto di punzonamento dovrà essere ricavata una coppia di carote per la successiva determinazione del contenuto di fibre secondo UNI EN 14487-7

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 56 di 157

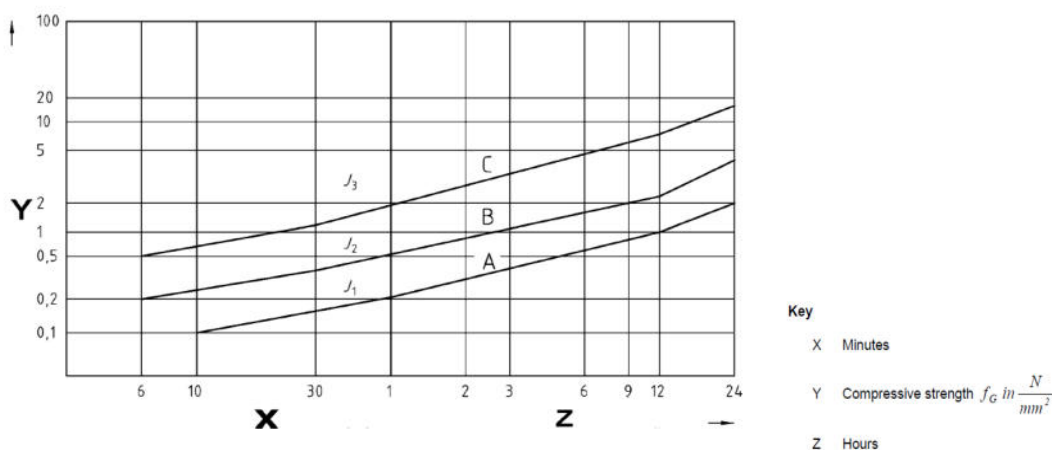


Figura 6.5.14.1.1 Sviluppo delle resistenze del calcestruzzo proiettato a breve termine (EN-14887-1).

6.5.14.1.2 Caratteristiche dei componenti

Per ciascun componente, ad esclusione degli inerti lapidei, deve essere disponibile una scheda tecnica e una scheda di sicurezza redatte in conformità alle prescrizioni della Direttiva CEE 91/155.

Cemento

Si rimanda a quanto indicato al par. 6.5.3.1 e alla norma UNI EN 14487-1.

Il minimo contenuto di cemento nella miscela base non deve essere minore di 300 kg/mc

Aggiunte per la miscela base

Qualora si debbano impiegare pigmenti quali aggiunte, questi non devono indurre reazioni nocive con la pasta cementizia o con gli additivi; l'efficacia e il dosaggio devono essere verificati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

L'utilizzo di fibre, sintetiche e/o metalliche, deve essere stabilito in relazione ai requisiti prestazionali e di durabilità previsti per il calcestruzzo proiettato; le specifiche di progetto devono definire il tipo di fibra, la sua forma, il dosaggio e la modalità d'immissione che deve essere tale da assicurare una distribuzione omogenea nella massa di calcestruzzo.

Su ogni singola confezione deve essere stampigliata la marcatura CE con il riferimento alla norma EN 14889-1 per le fibre metalliche ed EN 14889-2 per le fibre polimeriche, la sigla commerciale, la massa contenuta, la data e il luogo di produzione e il riconoscimento della partita al fine di individuare univocamente il materiale. La marcatura dovrà altresì riportare :

- la tipologia di fibra con la destinazione d'uso;
- materiale costituente la fibra;
- la classe (fibre polimeriche) rif EN 14889-2 o il gruppo (fibre di acciaio) rif EN 14889-1;
- la lunghezza, il diametro medio delle fibre e il rapporto di aspetto;
- la resistenza a trazione ed il modulo elastico delle fibre;
- gli effetti sulla lavorabilità in funzione del contenuto di fibre;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 57 di 157

- gli effetti sulla resistenza in funzione del contenuto di fibre;

Dovrà essere fornita la documentazione tecnica a supporto dei valori riportati sulla marchiatura CE.

a) Fibre metalliche

Il dosaggio e il caricamento delle fibre devono avvenire per mezzo di un impianto automatico, provvisto di sbrogliatore nel caso di fibre sciolte, collegato al computer della centrale di betonaggio in grado di permettere la stampa in automatico di ogni singolo carico sulla bolla di consegna. Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-7.

b) Fibre sintetiche

Possono essere usate fibre sintetiche, anche in aggiunta alle fibre metalliche.

Per la determinazione del contenuto di fibre nella miscela si deve fare riferimento al procedimento indicato nella norma EN 14488-7.

Per tali fibre devono essere dichiarati i trattamenti chimici e fisici o i rivestimenti superficiali utilizzati per migliorare la dispersione nel cls.

Aggregati

La dimensione massima dei granuli deve essere scelta in funzione del tipo di applicazione.

Per i calcestruzzi proiettati di classe TN o PN può essere utilizzata la gunita (miscela con aggregati aventi $D_{max} = 4 \text{ mm}$).

Per le altre classi (Permanente strutturale e Temporaneo strutturale) la miscela deve essere realizzata con inerti aventi un diametro massimo nominale, D_{max} , non maggiore di 10 mm. Essi devono inoltre rispondere ai requisiti richiamati al par. 6.5.3.3 e la fornitura deve essere costituita da almeno due classi granulometriche separate.

Acqua

Si rimanda a quanto indicato al par. 6.5.3.4

Additivi per la miscela base

I riferimenti normativi sono indicati al punto 6.5.3.5 al quale si rimanda.

Quando si prevede l'utilizzo di additivi particolari quali inibitori temporanei di presa o coadiuvanti di pompaggio, l'efficacia ed il dosaggio di questi deve essere determinato mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

Additivi acceleranti di presa e/o indurimento per la proiezione

L'eventuale impiego deve essere limitato ad un dosaggio non maggiore del 12% per additivi acceleranti alcalini mentre per additivi acceleranti "alkali free" il dosaggio massimo è pari al 8% in massa sul contenuto di cemento, garantendo un valore per la resistenza a compressione, a 28 giorni, maggiore o uguale alla minima richiesta dal progetto, nonché al 75% di quella misurata sui provini di calcestruzzo di riferimento.

L'eventuale calo di resistenza indotto dall'additivo non deve pregiudicare il mantenimento delle prescritte resistenze minime a compressione nel tempo e, nel caso di calcestruzzo proiettato temporaneo, con garanzia a 180 giorni dalla proiezione.

L'efficacia e il dosaggio di tali additivi devono essere determinati mediante prove preliminari in condizioni analoghe a quelle operative.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 58 di 157

L'additivo deve avere un contenuto in alcali equivalente ($\text{Na}_2\text{O}+0,65\text{K}_2\text{O}$) minore dell'1% in massa e un contenuto di cloruri inferiore al 0.1%.

Nei calcestruzzi proiettati esposti ad attacco solfatico la quantità totale di alluminati contenuti negli additivi acceleranti di presa (espressi come Al_2O_3) deve essere minore dello 0,6% in massa del contenuto di cemento. Nel caso di acceleranti privi di alcali tale limite può essere incrementato a 1%.

Gli acceleranti non devono contenere più dell'1% di solfati (espressi come SO_3) sulla massa del cemento, mentre la quantità totale di solfati nella massa del calcestruzzo deve essere minore di 4,5%.

6.5.14.1.3 Produzione

Impianti di betonaggio

In aggiunta a quanto prescritto al par. 6.5.2, dosaggio e caricamento delle fibre devono essere effettuati in un impianto di betonaggio automatizzato, provvisto di sbrogliatore collegato al computer della centrale, in grado di permettere la stampa in automatico di ogni singolo carico sul report di consegna.

Deve essere dichiarata la sequenza di miscelazione raccomandata dal produttore e quella effettivamente utilizzata dal confezionatore all'impianto di betonaggio, per l'immissione delle fibre in fase di confezionamento

E' consentito l'uso di fibre di lunghezza non superiore al 75% del diametro delle tubazioni

Campo prova

Per i calcestruzzi proiettati di tipo strutturale permanente e per quelli eseguiti come rivestimento di prima fase delle gallerie, deve essere condotta una preliminare sperimentazione in condizioni analoghe a quelle della prevista applicazione allo scopo di definire il mix ottimale con particolare riguardo alle caratteristiche ed ai dosaggi di aggiunte e additivi, nonché le modalità di proiezione.

L'ESECUTORE deve orientare lo studio di qualifica verso la scelta di una miscela in grado di raggiungere i valori di resistenza indicati nel progetto, tenendo anche conto della necessità operativa di ottenere uno sviluppo rapido della resistenza nel breve periodo nel rispetto delle classi di resistenza a breve termine esplicitate nella norma EN 14487-1.

Per quanto riguarda la resistenza a compressione, le prove devono essere condotte su carote prelevate in sito e da cassette. Per queste ultime il prelievo deve comprendere campioni di calcestruzzo ottenuti sia parallelamente che ortogonalmente alla direzione di getto.

Per i calcestruzzi fibrorinforzati dovranno essere effettuate anche prove per la determinazione della classe di assorbimento energetico con le modalità riportate nella norma EN 14488-4.

Preparazione dei pannelli di prova

Per la preparazione dei pannelli si devono utilizzare casseforme di acciaio o di analogo materiale rigido non assorbente.

Le dimensioni minime della cassaforma sono 60x60x15 cm con inclinazione delle pareti di 45° circa. Le casseforme durante la proiezione devono essere appoggiate possibilmente sulla parete da rivestire, con inclinazione massima di 20° sulla verticale, e riempite con la medesima attrezzatura, tecnica di proiezione, spessore unitario per passata e distanza di proiezione adottate durante il normale lavoro.

Le casseforme di prova riempite devono essere conservate nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite e devono essere siglate per la successiva identificazione (mix, luogo di proiezione, data, nome dell'operatore).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 59 di 157

Le casseforme non devono essere movimentate per almeno 16 ore dopo la proiezione e durante il trasporto devono essere protette da urti e/o perdite di umidità. I pannelli, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in condizioni normalizzate o nelle stesse condizioni ambientali delle pareti rivestite in relazione agli accordi stabiliti prima dell'inizio dei lavori.

Confezione della miscela nel processo per via secca

Nel caso di utilizzo del processo per via secca l'umidità della sabbia non deve essere maggiore del 6%.

Inoltre, nel caso di utilizzo di cementi a presa rapida e ultrarapida essa non deve superare il $3,5 \pm 0,5\%$. Nel caso di premiscelati, l'umidità degli aggregati prima della miscelazione non deve essere maggiore di 0,2 %. Deve inoltre essere utilizzato un premiscelatore per l'abbattimento delle polveri e per favorire la miscelazione dell'acqua con gli altri costituenti.

Posizionamento dell'armatura e inserti

Le eventuali reti di armatura devono essere fissate con almeno 3 chiodi/m² su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2-3 centimetri per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

Qualora per motivi progettuali od operativi sia necessario realizzare uno spessore di calcestruzzo proiettato maggiore di 15 centimetri deve essere prevista una seconda armatura da fissare con almeno 3 chiodi/m² sul doppio strato già in opera, in modo tale da garantire un copriferro finale di almeno 4 centimetri.

Nel caso di impiego di reti di armatura disposte in più strati, la distanza fra gli strati deve essere compresa fra 30 e 50 mm in relazione al diametro massimo degli aggregati. La distanza fra le reti deve essere assicurata da idonei distanziatori in numero adeguato o mediante presagomature delle reti stesse.

Gli inserti, quali a esempio le canalette di drenaggio, casseforme a perdere e altri dispositivi che debbano essere inglobati nel calcestruzzo, devono essere saldamente fissati e lo spessore del loro ricoprimento deve superare i 4 cm.

Modalità esecutive

Per quanto non espressamente prescritto nei presenti paragrafi o indicato da DL/FERROVIE, per la posa in opera del calcestruzzo proiettato si dovranno osservare le modalità esecutive indicate nella norma UNI EN 14487-2

L'operatore alla lancia (lancista) deve essere in possesso di un attestato rilasciato sulla base di un corso di formazione e di un relativo esame teorico pratica, che ne certifichi capacità e competenze.

6.5.14.1.4 Controlli sulla miscela

Le frequenze minime di riferimento per l'esecuzione dei controlli sono quelle indicate nella tabella 6.18.1.4 di seguito riportata:

- Campionamento da calcestruzzo fresco e calcestruzzo indurito (norma EN-14488-1).
- Resistenza alla compressione del calcestruzzo giovane laddove richiesta secondo EN 14488-2 e EN 14487-1.
- Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito con le modalità di cui alla norma EN 12504-1 alle scadenze previste (elaborati progettuali/capitolato), con valutazione della classe di resistenza secondo la norma EN 13791

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 60 di 157

- Determinazione energia assorbita (norma EN 14488-4).
- Spessore del calcestruzzo (norma EN 14488-6).
- Contenuto di fibre nel calcestruzzo proiettato fresco e indurito (norma EN 14488-7 metodo a e metodo b).
- Resistenza a compressione del calcestruzzo indurito (norma EN 12504-1) con valutazione della classe di resistenza secondo la norma EN 13791.
- Penetrazione dell'acqua in pressione (norma EN 12390-8).

Tabella 6.5.14.1.4: Frequenza minima dei controlli in corso d'opera in relazione ai m³ e ai m² prodotti

PROVA	Temporaneo non strutturale	Permanente non strutturale	Permanente strutturale / Temporaneo strutturale	Limiti di accettabilità
<i>Spessore (media di 4 saggi)</i>	<i>ogni 3000 m²</i>	<i>ogni 1000 m²</i>	<i>ogni 500 m²</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo fresco (*)</i>	<i>ogni 3000 m²</i>	<i>ogni 3000 m²</i>	<i>ogni 100 m³ o ogni 500 m²</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Dosaggio dell'additivo per la proiezione</i>	<i>(-)</i>	<i>ogni 2000 m²</i>	<i>ogni 1000 m²</i>	<i><12% (con alcali)</i>
<i>Resist. a compress. (stima) del cls giovane (+)</i>	<i>ogni 5000 m² e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 5000 m² e almeno 1 volta ogni 2 mesi</i>	<i>ogni 2500 m² e almeno 1 volta al mese</i>	<i>Classe J progetto</i>
<i>Resistenza a compressione del cls indurito</i>	<i>ogni 1000 m³ e almeno 1 volta al mese</i>	<i>ogni 1000 m³ e almeno 1 volta a settimana</i>	<i>In base alle frequenze stabilite dal DM 14/01/08 per i controlli di legge e almeno 2 volte a settimana</i>	<i>Valore progetto</i>
<i>Contenuto di fibre nel calcestruzzo indurito (*)</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 400 m³ o ogni 2000 m²</i>	<i>≤10 %</i>
<i>Penetrazione dell'acqua sotto pressione</i>	<i>(-)</i>	<i>(-)</i>	<i>(-)</i>	<i>< 40 mm</i>
<i>Assorbimento di energia (Tenacità) (*)</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 2000 m³ o ogni 10000 m²</i>	<i>ogni 400 m³ o ogni 2000 m²</i>	<i>Valore progetto</i>

(*) Solo per conglomerato cementizio fibrorinforzato

(+) Se richiesto in funzione della tipologia di opera

(-) Se richiesto e con la frequenza prescritta dal progetto o su richiesta del Direttore Lavori

Sulla miscela allo stato fresco devono essere eseguite almeno le seguenti prove con le frequenze minime indicate o quelle più restrittive disposte da DL/FERROVIE:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 61 di 157

REQUISITO	frequenza min.	valore limite/tolleranza
<i>rapp. a/ c</i>	<i>250 mc</i>	<i>a/ c_{max} progetto, +0,02</i>
<i>Massa volumica</i>	<i>250 mc</i>	<i>97% valore qualifica</i>
<i>Consistenza (slump test o tavola a scosse)</i>	<i>ogni prelievo/ 50 mc</i>	<i>classe progetto</i>
<i>Mantenimento lavorabilità</i>	<i>semestrale</i>	<i>Valore progetto, ≥60 min</i>
<i>Aria inglobata</i>	<i>250 mc</i>	<i>max 3%</i>
<i>Contenuto accelerante</i>	<i>ogni proiezione</i>	<i>Valore qualifica ±10%</i>
<i>Contenuto di fibre</i>	<i>1/ 50 mc o 1/ 250 mq</i>	<i>Valore qualifica ±10%</i>
<i>Acqua essudata</i>	<i>250 mc</i>	<i>< 0,1%</i>
<i>Contenuto di cloruri</i>	<i>1/ 500 mc</i>	<i>< 0,2%</i>

DL/FERROVIE potranno richiedere prove e verifiche aggiuntive sul calcestruzzo allo stato fresco o indurito.

6.5.14.2 Calcestruzzo rinforzato con fibre di acciaio

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma UNI 11039-1.

6.5.14.3 Calcestruzzo autocompattante

L'impiego è consentito se previsto da progetto con le modalità e specifiche indicate nella norma EN 206:2014. In fase di progetto può essere preso a riferimento il documento "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete (BIBM-CEMBUREAU-ERMCO-EFCA-EFNARC)".

6.5.15 TOLLERANZE COSTRUTTIVE

Si riportano nelle sottostanti tabelle le tolleranze dimensionali che L'ESECUTORE è tenuto a rispettare negli elementi realizzati in calcestruzzo armato e precompresso, oltre a quelle, eventuali, riportate nei disegni di progetto.

Per quanto non previsto dal presente Capitolato si può fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO		
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 62 di 157	

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA (mm)	ULTERIORE LIMITAZIONE
1- Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc.	Posizionamento rispetto alle coordinate di progetto	± 30	
	Dimensioni in pianta	-30 +50	
	Dimensione in altezza(superiore)	-5 +30	
	Quota altimetrica estradosso	-5 +20	
2- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc. Gli scostamenti dimensionali non devono ridurre i copriferri minimi prescritti. H in m e H/0,3 in mm	Posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto	± 20	
	Dimensione in pianta(anche per pila piena)	-5 +20	
	Spessori muri,pareti, pile cave o spalle	-5 +20	
	Quota altimetrica sommità	-15 +15	
	Verticalità per $0 < H \leq 6$ m	± 20	
	Verticalità per $6 < H \leq 12$ m	$\pm H/0,3$	
3- Solette e solettoni per impalcati,solai in genere.	Spessore	-5 +10	
	Quota altimetrica estradosso	± 10	
4- Vani, cassette, inserterie.	Posizionamento e dimensionamento vani e cassette	± 15	
	Posizionamento inserti(piastre e boccole)	± 10	
5- Travi prefabbricate (misurazioni sul cassero)	Lunghezza "L"	$\pm L/2000$	20
	Generica dimensione "D" della sezione retta	$\pm D/200$	2
6- Travi prefabbricate (misurazione sulla trave)	Posizionamento appoggi:direzione longitudinale (trave di lunghezza "L")	$\pm L/2000$	10
	Posizionamento appoggi: direzione trasversale	± 10	
	Posizionamento altimetrico appoggi(assoluto)	± 5	
	Posizionamento altimetrico appoggi(relativo ad altri appoggi della stessa travata sulla stessa pila)	$\pm 2,5$	
	Parallelismo-trasversale-tra contropiastra trave e contropiastra baggio	$\pm 0,003$	
	Lunghezza "L" trave	L/1000	20
	Dimensione globale "G" della sezione retta (es. altezza, larghezza ali)	G/200	4
	Spessore "S" anima	S/100	3
7- Armatura Nota: le tolleranze qui indicate non possono ridurre i valori indicati nelle norme vigenti,ove applicabili.	Lunghezza barra rettilinea	± 25	

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 63 di 157

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE E PARAMETRO DI CONTROLLO	TOLLERANZA(mm)		ULTERIORE LIMITAZIONE
(*) In ogni metro di manufatto il numero di barre/staffe deve essere quello di progetto. (**) Nel caso di sezione di fine manufatto deve comunque essere rispettato il copriferro prescritto.	Copriferro(elementi prefabbricati)	-0	+5	
	Copriferro(solette)	-0	+10	
	Copriferro(eccetto casi di cui ai punti 7.2 e 7.3)	-0	+15	
	Interasse staffe	± 20 (*)		
	Interasse barre	± 20 (*)		
	Armatura di precompressione (cavi e barre): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 10		
	Armatura di precompressione (trefoli): posizionamento(verticale/orizzontale)	± 5		
	Punto terminale di barra rettilinea	± 50 (**)		
	Lunghezza di sovrapposizione o di ancoraggio	-25		
	Piastra di ancoraggio trefoli:inclinazione	1		

6.5.16 INTERVENTI DI RIPRISTINO E/O RINFORZO DI STRUTTURE DEGRADATE IN CALCESTRUZZO

Gli interventi di ripristino di strutture in calcestruzzo, cemento armato o cemento armato precompresso, che presentino danni che diminuiscono il livello di durabilità della struttura e quindi della sua vita di esercizio, devono essere affrontati avendo come obiettivo la cessazione dei processi di deterioramento o, quando questo non risulti possibile per condizioni al contorno, il rallentamento consistente dei processi in atto.

Per raggiungere tale obiettivo è indispensabile eseguire un piano d'indagini mirato al riconoscimento delle cause dei fenomeni di degrado, alla definizione delle aree su cui intervenire e degli spessori di calcestruzzo incoerente o contaminato da asportare.

Interventi di ripristino di strutture degradate sono frequentemente affiancati o divengono parte complementare di rinforzi strutturali o di adeguamenti. È pertanto molto utile poter utilizzare, quanto più possibile, materiali che possano avere requisiti idonei ad entrambe le categorie d'intervento cioè il ripristino ed il rinforzo. Un caso esplicativo è abbastanza frequente è la necessità nella stessa costruzione di ricostituire la sezione in alcuni elementi strutturali (ripristino) e in altri di realizzare il ringrosso della sezione (rinforzo-adequamento).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 64 di 157

Sia che si eseguano ricostituzioni della sezione originaria che ringrossi è necessario garantire:

- la monoliticità tra il vecchio calcestruzzo ed il materiale con cui vengono realizzati gli interventi;
- una elevatissima durabilità dei materiali utilizzati nei riguardi di agenti aggressivi dell'ambiente o di sostanze con cui vengono a contatto;
- l'assenza di stati fessurativi sulle superfici delle strutture, in modo da combattere l'ingresso di sostanze aggressive.

Per garantire durabilità agli interventi è necessario:

1. scegliere le tecniche più idonee in relazione agli spessori e al tipo di elemento su cui intervenire;
2. prescrivere i materiali da utilizzare indicando requisiti, metodi di prova e prestazioni;
3. descrivere in modo dettagliato tutte le procedure di realizzazione;
4. verificare, prima dell'inizio dei lavori, che i materiali proposti dall'impresa forniscano le prestazioni specificate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'impresa dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;

verificare, prima dell'inizio dei lavori, che le attrezzature che verranno utilizzate nelle varie fasi realizzative siano idonee e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

6.5.16.1 Indagini

Il successo e la durabilità dell'intervento di ripristino non possono prescindere da un piano di indagine che consenta d'individuare i processi di degrado in atto in modo da definire tutte le procedure realizzative idonee a bloccarli o rallentarli.

È fondamentale definire il piano d'indagini in modo da verificare le condizioni degli elementi costituenti la struttura che molto raramente presentano gradi di degrado omogenei. Il piano d'indagini e la corretta interpretazione dei risultati sono elementi fondamentali per il progetto esecutivo dell'intervento, infatti consentono di definire:

- le aree su cui si deve intervenire;
- gli spessori d'intervento;
- le tecniche da utilizzare.

La fase successiva è la scelta prestazionale dei materiali in funzione dello specifico elemento da ripristinare e dei requisiti definiti necessari dal progettista.

La causa di degrado più ricorrente è generalmente la corrosione delle armature essa può avvenire per carbonatazione del calcestruzzo, per penetrazione di cloruri o per la presenza di correnti vacanti.

Il calcestruzzo carbonatato non è più in grado di passivare le armature, pertanto se il calcestruzzo è carbonatato per uno spessore superiore allo spessore del copriferro possono crearsi le condizioni per l'innescarsi nelle armature di processi di corrosione. L'attacco in questo caso si presenta uniformemente distribuito sull'intera superficie dell'armatura.

Se la corrosione è causata dalla penetrazione di cloruri fino a raggiungere i ferri d'armatura (il tenore critico è pari a 0,2 o 0,4 % rispetto al peso del cemento a seconda che si tratti di strutture con armature lente o strutture precomprese) la corrosione è di tipo localizzato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 65 di 157

A seguito di tali considerazioni le indagini più ricorrenti sono volte a determinare la profondità di carbonatazione e/o la concentrazione dei cloruri.

Altre indagini utili possono essere:

- determinazione sui diversi elementi strutturali dei reali spessori di copriferro, informazione fondamentale per stabilire se le armature siano a rischio di corrosione;
- misura del potenziale di corrosione delle armature (Norma UNI 9535) per verificare l'eventuale presenza di fenomeni di corrosione in atto e avere una prima informazione sulla loro entità
- analisi chimico-fisiche per verificare se siano in atto processi di degrado del calcestruzzo causati per esempio da problemi di alcali reazione, attacco solfatico, attacco acido ecc.

6.5.16.2 Stato di conservazione delle strutture

L'entità del degrado relativo ad ogni singolo elemento della struttura, derivante dall'interpretazione dei dati ottenuti dal piano d'indagine, può essere classificato come segue:

- Inesistente.
- In fase d'innesco, non si è evidenzia alcun tipo di danno.
- Superficiale, gli spessori da ripristinare sono pari a 1-10 mm.
- Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm.
- Profondo, gli spessori da ripristinare sono pari a 60-100 mm.
- Molto profondo, gli spessori da ripristinare sono > 100 mm.

Avendo definito il grado di degrado, individuato l'estensione delle aree su cui intervenire e gli spessori d'intervento è possibile definire la tecnica realizzativa più appropriata (protezione, rasatura, rinzafo o spruzzo, colaggio, incamiciatura) in relazione al tipo di elemento sui cui si deve intervenire.

L'entità del degrado relativo ad ogni singolo elemento della struttura, derivante dall'interpretazione dei dati ottenuti dal piano d'indagine, può essere classificato come segue:

	LIVELLO DEGRADO	TECNICA
1	Inesistente	PROTEZIONE
2	In fase d'innesco, non si evidenzia alcun tipo di danno	PROTEZIONE
3	Superficiale, gli spessori da ripristinare sono pari a 1-10 mm	RASATURA
4 a	Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm elementi verticali	RINZAFFO - SPRUZZO
4 b	Medio, gli spessori da ripristinare sono pari a 10-50 mm elementi orizzontali	COLAGGIO
5	Profondo, gli spessori da ripristinare sono pari a 60-100 mm	COLAGGIO- INCAMICIATURA

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 66 di 157

6.5.16.3 Materiale per il ripristino/rinforzo – criteri generali

I materiali da utilizzare per il ripristino e/o il rinforzo devono possedere la marcatura CE secondo la UNI EN 1054 parte 3, specifica per la ricostituzione o il ringrosso di sezioni di strutture in calcestruzzo.

Tale normativa indica i requisiti di base ai quali il progettista può affiancare ulteriori requisiti necessari per realizzare l'intervento specifico.

La scelta del materiale più idoneo per realizzare lo specifico intervento deve essere effettuata confrontando i requisiti e le prestazioni richieste in fase progettuale con i requisiti e le prestazioni fornite dai prodotti disponibili sul mercato.

I fondamentali macro requisiti che un materiale per la riparazione, il ripristino o il rinforzo di strutture in c.a. deve garantire possono essere così sintetizzati:

- Massima compatibilità con il calcestruzzo;
- Monoliticità con il supporto;
- Durabilità;
- Semplicità e rapidità di esecuzione.

Compatibilità con il calcestruzzo

I materiali cementizi assicurano caratteristiche generali molto simili a quelle del calcestruzzo quali per esempio il processo d'invecchiamento (entrambi inorganici), moduli elastici e coefficienti di dilatazione termici dello stesso ordine di grandezza.

I materiali a base di resina vengono generalmente utilizzati per interventi di ripristino particolari quali: l'iniezione di fessure, la protezione da sostanze aggressive con sistemi filmogeni o per incollaggi e inghisaggi.

Monoliticità con il supporto

I prodotti "normali/tradizionali" a base cementizia sono caratterizzati da fenomeni di ritiro a lungo termine (ritiro igrometrico) che li rendono inadatti (fessurazioni, perdita di aderenza con il supporto) ad essere utilizzati per gli interventi di ripristino e/o rinforzo.

Per garantire la monoliticità in modo semplice ed affidabile sono ormai in uso da anni prodotti cementizi premiscelati che garantiscono una fase espansiva (anche quando sono maturati a contatto con l'ambiente, condizione reale di utilizzo), che compensi il ritiro igrometrico a lungo termine che se non compensato genererebbe perdite di aderenza e stati fessurativi di una certa entità. È indispensabile che l'espansione non si sviluppi liberamente, ma che venga contrastata in questo modo si creano le condizioni per una precompressione chimica.

Il contrasto all'espansione viene realizzato mediante:

- un opportuno irruvidimento del supporto, operazione che comunque deve essere effettuata allo scopo di asportare il materiale degradato, contaminato o incoerente;
- l'utilizzo di materiali contenenti fibre inorganiche (idonei sia per applicazioni a spruzzo o per colaggio) o metalliche (idonei esclusivamente per applicazioni per colaggio) che consentono il contrasto all'espansione anche per interventi di spessore superiore a 30 mm.

Il requisito della capacità di fornire un'espansione contrastata con maturazione in aria è facilmente verificabile con una prova specifica la UNI 8147 parte seconda che prevede la maturazione dei provini in aria e non in acqua e, disponendo della semplice attrezzatura prevista. Tale verifica potrà essere eseguita anche in cantiere.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 67 di 157

Durabilità

I materiali cementizi, utilizzati per la riparazione, il ripristino o il consolidamento devono essere totalmente o quasi totalmente premiscelati, così da garantire un'elevata durabilità, e caratterizzati da una bassissima porosità capillare e caratteristiche fisico-meccaniche che garantiscono elevata:

- Resistenza alla carbonatazione;
- Impermeabilità;
- Resistenza ai cloruri;
- Resistenza gelo – disgelo;
- Resistenza ai solfati.

Un'ulteriore fondamentale requisito per garantire elevata durabilità all'intervento ed aumentare di conseguenza la vita utile della struttura è quello di combattere la formazione di stati fessurativi, questi diverrebbero vie d'accesso preferenziali per l'ingresso di sostanze aggressive che potrebbero innescare nuovamente processi di degrado.

La fessurazione a breve termine è generata dal ritiro in fase plastica e deve essere combattuta:

- utilizzando malte cementizie premiscelate contenenti un numero elevatissimo di piccolissime fibre in poliacrilonitrile che costituiscono una armatura diffusa omogeneamente distribuita all'interno della massa. La natura acrilica della fibra consente di utilizzare fibre di ridottissima lunghezza che, anche se utilizzate in quantità elevate, non pregiudichino le caratteristiche reologiche delle malte;
- realizzando anche una opportuna frattazzatura delle superfici.

La fessurazione a lungo termine è generata dal ritiro igrometrico il cui effetto viene eliminato realizzando una precompressione chimica basata sul principio dell'espansione contrastata con maturazione in aria.

Semplicità e rapidità di esecuzione

La grande maggioranza degli interventi vengono realizzati con le strutture in esercizio, molto spesso sotto traffico, in condizioni ambientali non ideali. È quindi fondamentale utilizzare materiali:

- semplici da miscelare e mettere in opera;
- non eccessivamente influenzati da condizioni di temperatura, umidità e ventilazione;
- che sviluppino buone prestazioni meccaniche ed aderenze a stagionature anche brevi.

A seguito delle considerazioni precedenti i principali requisiti possono essere riassunti dalla seguente tabella:

Bleeding, UNI 8998 (*)
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17
Resistenza a compressione, UNI EN 12190
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1(*)
Modulo elastico, UNI EN 13412
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 68 di 157

Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test) (*)
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1
Resistenza al taglio, UNI EN 12615 (*)
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295
Porosità capillare, UNI EN 13057 (*)
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8
Reazione al fuoco UNI EN 1504-3 art. 5.5

Parte dei requisiti sopra elencati sono richiesti per la marcatura CE secondo la UNI EN 1504-3, altri (contrassegnati con (*)) sono necessari per una maggiore ingegnerizzazione della scelta dei materiali in relazione alle specifiche esigenze dell'intervento.

6.5.16.4 Sintesi del processo progettuale

È possibile sintetizzare il processo dell'intervento nella seguente tabella che consente di avere una visione complessiva delle situazioni che si possono presentare, collegate con la definizione dei materiali utilizzabili.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 69 di 157

STATO DEL DEGRADO	SPESSORE	INTERVENTO TECNICA	MODALITA' APPLICATIVA	DESCRIZIONE PRODOTTO
Degrado superficiale/leggero	1-10 mm	Rasatura	Sabbatura Idrosabbatura	malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimeromodificata, monocomponente, a granulometria fine, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.. Spessori da 1 a 3 mm.
				malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 4 a 20 mm.
Degrado medio struttura <u>verticale</u>	10-50 mm	Spruzzo	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, tixotropica, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, a garantire il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
				malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
Degrado medio struttura <u>orizzontale</u>	10-50 mm	Colaggio	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 50 mm.
Degrado profondo	60-100 mm	Colaggio, incamiciatura	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	betoncino, cementizio, premiscelato, fluido, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 60 a 100 mm.
				betoncino cementizio, ottenuto aggiungendo circa il 35 % in peso di aggregato selezionato, privo di impurità, ben lavato ed avente diametro minimo di circa 6 mm, diametro massimo di circa 10 mm ad una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 60 a 100 mm.
Interventi rapidi	10-150 mm	Colaggio rapido	Idrodemolizione Fresatura Martelletti meccanici	malta cementizia, premiscelata, fluida, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Spessori da 10 a 150 mm.

Nei paragrafi successivi si forniranno per ogni entità di degrado i requisiti e le prestazioni che dovranno garantire i materiali utilizzabili e la descrizione del processo esecutivo relativo alla singola tecnica d'intervento.

6.5.16.5 Livello di degrado – tecnica d'intervento - caratterizzazione prestazionale dei materiali

Il progettista, avendo individuato la causa del processo di degrado, il livello di degrado, per interrompere i processi di degrado ed evitare che non si presentino in futuro indicherà le aree su cui intervenire, gli spessori di calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente da eliminare e stabilirà gli spessori di materiale da applicare prescrivendo la tecnica più appropriata.

6.5.16.5.1 Degrado superficiale – spessori 1 -10 mm - rasatura

La rasatura è la tecnica utilizzata per ripristinare superfici caratterizzate da un degrado superficiale limitato a qualche millimetro di spessore o per sanare superfici di calcestruzzo faccia a vista che presentino difetti realizzativi quali armature affioranti o copriferrì ridottissimi, vespai, vaiolature, sbecature, assenza di

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 70 di 157

planarità.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Preparazione della superficie mediante sabbiatura o idrosabbiatura.
2. Pulizia e pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco e successiva passivazione.
3. Pulizia e lavaggio della superficie di supporto.
4. Miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
5. Applicazione utilizzando macchine spruzzatrici o manuale mediante spatola dentata.
6. Finitura superficiale a frattazzo.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Spessori di applicazione 1-3 mm - malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, monocomponente

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimeromodificata, monocomponente, a granulometria fine, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto sabbiato o idrosabbiato.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 10MPa 7 giorni ≥ 25MPa 28 giorni ≥ 35 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 7 giorni ≥ 5 28 giorni ≥ 7
Modulo elastico, UNI EN 13412	15 ÷ 18 GPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,5 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 15 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

Spessori di applicazione 4-10 mm - malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, bicomponente

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, a granulometria media, polimeromodificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 71 di 157

Applicabile su supporto sabbiato o idrosabbiato.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 15 MPa 7 giorni ≥ 25 MPa 28 giorni ≥ 35 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 MPa 7 giorni ≥ 3 MPa 28 giorni ≥ 5 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	14 ÷ 18 GPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542, dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza al taglio, UNI EN 12615	≥ 6 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,5 kg x m ⁻² x h ^{-0.5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 15 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

6.5.16.5.2 Degrado medio – spessore 10-50 mm - strutture verticali o “sopratesta”- spruzzo o rinzafo

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi verticali in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 50 mm si realizza utilizzando malte cementizie premiscelate tixotropiche, espansive in aria o polimero modificate, applicate meccanicamente mediante macchine spruzzatrici non a ciclo continuo o mediante applicazione manuale a rinzafo con cazzuola. L'applicazione manuale è consentita solo nel caso d'interventi di limitata estensione.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
6. Applicazione utilizzando macchine spruzzatrici o manuale a rinzafo o mediante cazzuola.
7. Finitura superficiale a frattazzo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 72 di 157

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, tixotropica, premiscelata, ad espansione contrastata con stagionatura in aria, contenente fibre inorganiche

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, tixotropica, contenente fibre inorganiche necessarie, insieme alla ruvidità del supporto, a garantire il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto macroscopicamente irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa 28 giorni ≥ 10 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1

Malta cementizia, tixotropica, premiscelata, polimeromodificata, bicomponente

Si utilizzerà malta cementizia, premiscelata, tixotropica, polimero modificata, bicomponente, contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici; può essere applicata, oltre che su supporti macroscopicamente ruvidi, anche su supporti solamente sabbiati od irruviditi con acqua in pressione a circa 300-500 bar in funzione degli spessori da realizzare.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 73 di 157

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	$\leq 0.05\%$
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 40 MPa 28 giorni ≥ 55 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 6 MPa 28 giorni ≥ 8 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	$23 \div 27$ GPa
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	$\leq 0,5 \text{ kg x m}^{-2} \text{ x h}^{-0,5}$
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 15 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe E

6.5.16.5.3 Degradato medio – spessori 10-50 mm - strutture orizzontali – colaggio

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 50 mm si realizza utilizzando malte cementizie premiscelate fluide, espansive in aria, applicate meccanicamente attraverso pompaggio o manualmente mediante colaggio in entrambe le modalità si dovrà far in modo di garantire la continuità del getto per facilitarne la messa in opera e la compattazione. Le superfici esposte all'aria dovranno essere accuratamente stagionate per combattere la veloce evaporazione dell'acqua d'impasto ed il conseguente rischio di fessurazioni.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
6. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
7. Applicazione meccanica per pompaggio o manuale per colaggio.
8. Finitura superficiale con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte.
9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antieaporanti che non creino film di distacco a eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 74 di 157

scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, fluida, premiscelata, ad espansione contrastata con stagionatura in aria, contenente fibre inorganiche

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196-1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa 28 giorni ≥ 9 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687-1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390-8	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

6.5.16.5.4 Degrado profondo – strutture orizzontali/verticali – spessori 60-100 mm – colaggio / incamiciatura

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali o verticali in spessore minimo pari a 60 mm e massimo pari a 100 mm si realizza utilizzando betoncini cementizi fluidi, caratterizzati da un diametro massimo dell'inerte pari a 10 mm applicate meccanicamente attraverso pompaggio o manualmente mediante colaggio anche entro casseri, in entrambe le modalità si dovrà far in modo di garantire la continuità del getto per facilitarne la messa in opera e la compattazione. Le superfici esposte all'aria dovranno essere accuratamente stagionate per combattere la veloce evaporazione dell'acqua d'impasto ed il conseguente rischio di fessurazioni.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 75 di 157

- ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
 3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
 4. Corretto posizionamento delle casseformi qualora il getto avvenga entro cassero.
 5. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto.
 6. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto.
 7. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
 8. Applicazione meccanica per pompaggio o manuale per collaggio.
 9. Finitura delle superfici esposte all'aria con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte;
 10. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco ad eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Betoncino cementizio, fluido, premiscelato, ad espansione contrastata con stagionatura in aria

Si utilizzerà un betoncino, cementizio, premiscelato, fluido, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici.

Tale betoncino dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 76 di 157

Bleeding, (UNI 8998)	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, (UNI EN 12390/3)	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, (UNI EN 12390/5)	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 5 MPa 28 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico, (UNI 6556)	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, (UNI 8148)	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione, (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, (UNI EN 1542)	≥ 2 MPa rottura del CLS
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo, UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa rottura del CLS
Resistenza alla carbonatazione, (UNI EN 13295)	Prova superata
Porosità capillare, (UNI EN 13057)	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta (UNI EN 12390/8)	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

Betoncino fluido espansivo ottenuto aggiungendo alla malta di cui al §6.5.16.5.3, aggregato di diametro massimo pari a 10 mm

Si utilizzerà un betoncino cementizio, ottenuto aggiungendo circa il 35 % in peso di aggregato selezionato, privo di impurità, ben lavato ed avente diametro minimo di circa 6 mm, diametro massimo di circa 10 mm ad una malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre inorganiche necessarie a garantire, insieme alla ruvidità del supporto, il meccanismo dell'espansione contrastata con stagionatura aria (requisito ottenibile con l'aggiunta in fase di miscelazione della malta di uno specifico componente liquido). Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Deve essere applicato su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici ed in presenza di armatura strutturale e/o di rete elettrosaldata opportunamente ancorata al supporto.

La malta definita sopra alla quale sarà aggiunto il 35% di aggregato dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 77 di 157

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196-1	1 giorno ≥ 4 MPa 7 giorni ≥ 7 MPa 28 giorni ≥ 9 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	26 ÷ 30 GPa
Espansione contrastata con stagionatura in aria ad 1 giorno, UNI 8147 parte seconda	≥ 0,04%
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Adesione al calcestruzzo (UNI EN 1542) dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo UNI EN 13687-1	≥ 2 MPa
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m ⁻² x h ^{-0,5}
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390-8	≤ 5 mm
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

6.5.16.5.5 Interventi per rapido collaggio

La ricostituzione o il ringrosso di sezioni di elementi orizzontali in tempi molto rapidi anche in presenza di temperature ambientali fino a -5°C e in spessore minimo pari a 10 mm e massimo pari a 150 mm si realizza utilizzando malta cementizia, premiscelata, fluida, contenente fibre in poliacrilonitrile, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Deve essere garantire un buon mantenimento della lavorabilità per consentire la messa in opera di opportune quantità di malta.

Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

1. Asportazione del calcestruzzo degradato, contaminato o incoerente mediante martelletti leggeri alimentati ad aria compressa, macchine idrodemolitrici, frese.
2. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive avendo cura di garantire un copriferro di almeno 20 mm.
3. Pulizia delle armature eventualmente scoperte al fine di asportare eventuali porzioni di armatura ossidate in fase di distacco.
4. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto, in condizioni di bassa temperatura l'acqua deve essere riscaldata.
5. Accurata miscelazione che dovrà avvenire secondo le indicazioni riportate nella scheda tecnica del prodotto prescelto, le quantità impastate devono essere correlate alle tempistiche di messa in opera e alle temperature ambientali.
6. Eliminazione di eventuale acqua libera presente sul supporto.
7. Applicazione manuale per collaggio.
8. Finitura superficiale con vibrofinitrice o con frattazzo in caso di superfici ridotte.
9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria con specifici antievaporanti che non creino film di distacco ad

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 78 di 157

eventuali successive lavorazioni (impermeabilizzazione, protezione), acqua nebulizzata (da evitare in inverno), teli (da evitare in estate).

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, premiscelata, fluida a rapido indurimento

Si utilizzerà malta cementizia, premiscelata, fluida, , a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Deve essere applicata su supporto irruvidito con macchine idrodemolitrici, con frese, o martelletti meccanici, per spessori superiori a 50 mm deve essere messa in opera in presenza di armatura strutturale e/o di rete elettrosaldata ben ancorata al supporto.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla norma UNI EN 1504 parte 3 e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente																									
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%																									
Resistenza a compressione espressa in MPa, UNI EN 12190	<table><tr><td></td><td>-5°C</td><td>0°C</td><td>5°C</td><td>20°C</td></tr><tr><td>4h ≥</td><td>10</td><td>20</td><td>25</td><td>35</td></tr><tr><td>8h ≥</td><td>20</td><td>30</td><td>35</td><td>45</td></tr><tr><td>24h ≥</td><td>45</td><td>55</td><td>60</td><td>65</td></tr><tr><td>28g ≥</td><td>70</td><td>75</td><td>80</td><td>85</td></tr></table>		-5°C	0°C	5°C	20°C	4h ≥	10	20	25	35	8h ≥	20	30	35	45	24h ≥	45	55	60	65	28g ≥	70	75	80	85
	-5°C	0°C	5°C	20°C																						
4h ≥	10	20	25	35																						
8h ≥	20	30	35	45																						
24h ≥	45	55	60	65																						
28g ≥	70	75	80	85																						
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1g ≥ 3 MPa 7g ≥ 5 MPa 28g ≥ 7 MPa																									
Modulo elastico, UNI EN 13412	28-32 MPa																									
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura																									
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 kN), UNI EN 1881	≤ 0,5 mm																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo, UNI EN 13687/1	≥2 MPa																									
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata																									
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m-2 x h -0,5																									
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 5 mm																									
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1																									

****Le prestazioni relative a -5°C sono ottenute avendo portato il prodotto e l'acqua d'impasto a + 15°C.**

Fasi applicative

1a - Preparazione delle superfici in presenza di degrado superficiale

E' necessario asportare le parti di calcestruzzo superficialmente incoerenti mediante sabbiatura o

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 79 di 157

idrosabbatura. Il supporto così preparato si presenterà leggermente ruvido, integro e privo di qualsiasi sostanza che possa inficiare l'aderenza con il materiale di riparazione.

1b. Preparazione delle superfici in presenza di degrado medio o profondo

E' necessario asportare tutto il calcestruzzo degradato e contaminato non soltanto quello incoerente mediante macchine idrodemolitrici manuali o robbottizzate, idonee frese idrauliche o martelletti meccanici. Il supporto dovrà risultare perfettamente integro e caratterizzato da una ruvidità di 3-5 mm.

2. Pulizia delle armature eventualmente scoperte

Dalle eventuali armature portate in superficie nella fase di asportazione del calcestruzzo dovranno essere asportati tutte le parti ossidate ed in fase di distacco mediante sabbatura, idrosabbatura o spazzolatura meccanica.

3. Posa in opera di eventuali armature strutturali aggiuntive

Le eventuali armature da aggiungere dovranno essere posizionate in modo da consentire il passaggio del materiale di riparazione dietro le armature stesse e da garantire uno spessore di copriferro di almeno 20 mm.

4. Corretto posizionamento delle casseformi qualora il getto avvenga entro cassero

Le casseforme dovranno essere non assorbenti per non sottrarre l'acqua d'impasto al materiale da riparazione. Dovranno inoltre essere perfettamente fissate e sigillate per resistere alla spinta di prodotti molto fluidi e per scongiurare la fuoriuscita di boiacca.

5. Pulizia e saturazione con acqua in pressione della superficie di supporto

Poco prima dell'applicazione del materiale di riparazione è necessario pulire e saturare il calcestruzzo di supporto utilizzando preferibilmente acqua in pressione a circa 50-80 atm. L'utilizzo di acqua in pressione aumenta l'affidabilità dell'intervento perché consente di eliminare i residui dell'idrodemolizione o, qualora si fossero utilizzati frese o martelletti meccanici, di asportare dalla superficie del supporto parti in microfessurate e/o non perfettamente aderenti.

6. Miscelazione del materiale di riparazione

La miscelazione dopo aver verificato che le temperature dell'ambiente e del supporto siano in linea con i limiti di applicazione del prodotto utilizzato. La miscelazione dovrà essere eseguita secondo le istruzioni riportate nella scheda tecnica del prodotto, ponendo particolare attenzione al quantitativo d'acqua d'impasto previsto.

7. Applicazione

L'applicazione dei prodotti tixotropici avverrà manualmente per piccole superfici d'intervento mediante macchine spruzzatrici nel caso di superfici estese.

- L'applicazione manuale dovrà avvenire proiettando il prodotto con energia evitando assolutamente di spalmarlo per evitare che si inglobi aria all'interfaccia con il supporto. Si consiglia di effettuare un primo rinzafo e di applicare il resto del prodotto fino a raggiungere lo spessore prescritto.
- L'applicazione meccanica avverrà utilizzando macchine spruzzatrici a pistone o coclea, non devono essere utilizzate macchine a ciclo continuo. Qualora sia necessario applicare spessori maggiori di 50 mm è necessario applicare il prodotto in due-tre strati, applicando gli strati successivi a distanza di 24 ore da quello precedente.

L'applicazione di prodotti fluidi dovrà avvenire per colaggio o pompaggio anche entro cassero

Prima dell'applicazione su superfici orizzontali è necessario asportare eventuale acqua libera rimasta sul supporto. Il getto dovrà avvenire con continuità senza interruzioni per ottenere il massimo scorrimento dell'impasto.

8. Finitura delle superfici

Terminata l'applicazione si dovrà provvedere a rifinire la superficie per renderla planare. Nel caso di prodotti

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 80 di 157

tixotropici si dovrà procedere alla frattazzatura della superficie per combattere la formazione di cavillature dovute alla prima evaporazione dell'acqua d'impasto. Nel caso di getti per colaggio le superfici dovranno essere rifinite, nel caso di aree estese, con macchine finitrici.

9. Stagionatura delle superfici esposte all'aria

Le superfici appena ripristinate esposte a forte insolazione e/o a forte ventilazione o in presenza di clima secco dovranno essere opportunamente stagionate per evitare una troppo rapida evaporazione dell'acqua d'impasto secondo quanto riportato nella scheda tecnica del prodotto utilizzato.

6.5.16.6 Prove e controlli

La normativa europea UNI EN 1504 prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture in calcestruzzo nella parte 10 si occupa della messa in opera dei prodotti, della corretta esecuzione di tutte le fasi realizzative e del controllo di qualità complessivo dei lavori.

L'insieme dei controlli si articolano in tre fasi successive: preliminari prima dell'inizio dei lavori, in corso d'opera e sulle opere finite. Questi tre fasi di controlli consentono di perseguire la durabilità dell'intervento in modo diretto e progressivo con l'obiettivo di prevenire ogni possibile incomprensione e mal interpretazione del capitolato d'appalto.

6.5.16.6.1 Controlli preliminari

L'obiettivo è quello di verificare prima dell'inizio dei lavori che:

- i materiali proposti dall'impresa forniscano le prestazioni indicate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'impresa dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;
- le attrezzature che verranno utilizzate siano idonee ad eseguire tutte le varie fasi realizzative previste e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

La qualifica dei materiali, una volta verificato che le schede tecniche, i certificati e le dichiarazioni dei produttori soddisfino i requisiti e le prestazioni indicate in questo Capitolato e nei documenti progettuali, verrà eseguita controllando:

- la consistenza del prodotto ottenuta con il dosaggio d'acqua prescritto sulla scheda tecnica deve essere quella effettivamente utilizzata nella fase di applicazione del prodotto;
- le resistenze meccaniche a 1, 7 e 28 giorni, secondo la EN 12190 per le malte o la EN 12390 per i betoncini, ottenute con impasti aventi la consistenza precedentemente verificata;
- la compensazione del ritiro mediante prova di espansione contrastata secondo UNI 8147 parte prima o parte seconda per le malte o 8148 per i betoncini;
- l'adesione al supporto eseguita su un'area campione rappresentativa dell'intervento da eseguirsi.

6.5.16.6.2 Controlli in corso d'opera

Le verifiche in corso d'opera prima e durante l'applicazione prevedono controlli sulle condizioni del supporto, la verifica delle condizioni termo-igrometriche e delle condizioni operative.

La frequenza e il tipo di controllo deve essere valutato in funzione della complessità dell'intervento.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 81 di 157

Condizioni del supporto dopo la preparazione e prima dell'applicazione

La DL si dovrà accertare in particolare che siano state eseguite correttamente ed in conformità a quanto prescritto nel presente Capitolato le seguenti fasi che precedono l'applicazione del prodotto di riparazione:

- asportazione del calcestruzzo degradato negli spessori previsti;
- corretta ruvidità del supporto in funzione degli spessori da applicare;
- pulizia delle armature eventualmente scoperte e oggetto di fenomeni di corrosione;
- corretto posizionamento delle eventuali armature aggiuntive;
- corretto posizionamento di eventuali casseforme;
- pulizia e saturazione del supporto.

Controlli in fase applicativa

La DL dovrà effettuare il controllo di conformità riguardante:

- la temperatura dell'ambiente e quella del supporto;
- l'acqua d'impasto e che il corretto dosaggio sia eseguito in modo accurato;
- le resistenze meccaniche delle malte/betoncini. Per il controllo della resistenza a compressione da parte delle FERROVIE vale quanto riportato al §6.5.19.1 del presente capitolato, con l'accortezza di utilizzare casseformi in acciaio quando si utilizzano prodotti ad espansione contrastata. Le dimensioni delle casseformi debbono essere pari a 4x4x16 cm per il collaudo di malte. Per i betoncini La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm al . Le modalità di prova devono essere conformi a quanto riportato nella norma UNI EN 12390/3 per le malte o nella UNI EN 12390/1 per i betoncini;
- l'umidità del supporto;
- l'espansione contrastata secondo quanto indicato dalla norma UNI 8147 modificata per le malte e la UNI 8148 modificata per i betoncini.

Controllo sul ripristino eseguito

- verifica qualitativa dell'aderenza dei materiali di riparazione al supporto mediante battitura a campione delle superfici;
- verifica quantitativa dell'aderenza dei materiali di riparazione al supporto mediante una prova di aderenza per trazione diretta in maniera analoga alle prove di laboratorio della EN 1542 prova di pull-off. La norma UNI EN 1504-10:2005 precisa che i valori di aderenza riscontrati in sito mediante la prova di pull-off dovranno essere opportunamente interpretati: l'aderenza del materiale di riparazione può variare, ma non può mai essere maggiore della resistenza a trazione superficiale del supporto. Pertanto si accettano valori in sito che rientrino nell'intervallo compreso tra 1,2 e 1,5 MPa per la riparazione strutturale, e un valore minimo di 0,7 MPa per la riparazione non strutturale;
- verifica a campione degli spessori applicati.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 82 di 157

6.5.17 PROTEZIONE DELLE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO

Gli elementi di una struttura che:

- non presentino alcun degrado;
- sono interessati da processi di degrado nella fase iniziale che non hanno ancora determinato danni evidenti;
- sono sede di processi di degrado avanzati le cui cause non possono essere eliminate ma è possibile solo cercare di rallentare al massimo l'evolversi dei fenomeni,

possono essere protetti utilizzando sistemi filmogeni che, facendo da barriera all'ingresso ed al contatto di aggressivi con il calcestruzzo, aumentano la durabilità e di conseguenza la vita utile.

Il livello di protezione e quindi di durabilità deve essere determinato in relazione al grado di aggressione dell'ambiente, dell'elemento da proteggere e dalle condizioni di esercizio.

L'efficacia della protezione è fortemente dipendente anche dallo spessore di film secco applicato, tale dato deve essere indicato in maniera chiara nel progetto. È sempre opportuno realizzare lo spessore previsto applicando due strati di prodotto in direzione 0-90°.

I sistemi protettivi, in funzione del grado di aggressione e/o dell'utilizzo specifico si diversificano dal punto di vista della composizione chimica che generalmente può essere a base poliuretanica, acrilica, metacrilica, epossidica o mista.

Sono poi disponibili, nell'ambito della stessa natura chimica, formulati rigidi o più o meno elastici, questi ultimi vengono utilizzati quando è richiesta la capacità da fare da ponte a stati fessurativi più o meno impegnativi.

6.5.17.1 Scelta prestazionale dei sistemi protettivi

La scelta del sistema filmogeno protettivo più idoneo per la situazione specifica deve essere effettuata in funzione dei requisiti che risultano fondamentali, il progettista deve specificare i requisiti e le prestazioni che devono essere garantite, non limitandosi a prescrivere solamente la natura chimica del formulato.

Spesso la scelta del sistema protettivo più appropriato è il frutto di un ponderato compromesso tra prestazioni ritenute necessarie ma a volte in contrapposizione tra loro.

I requisiti principali che caratterizzano un sistema protettivo sono:

- Adesione al calcestruzzo
- Impermeabilità all'acqua
- Impermeabilità alla CO₂
- Impermeabilità allo ione cloruro
- Permeabilità al vapore d'acqua
- Resistenza chimica a sostanze aggressive
- Resistenza cicli gelo-disgelo
- Resistenza UV
- Capacità di far da ponte a stati fessurativi (Crack bridging ability)
- Resistenza all'abrasione
- Contatto permanente con acqua
- Resistenza chimica per contatto con sostanze aggressive.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 83 di 157

La parte 2 della normativa UNI EN 1054 è il riferimento per ottenere la marcatura CE dei sistemi protettivi. È opportuno inoltre ricordare che i requisiti e le prestazioni necessarie per ottenere la marcatura CE. Le fasi realizzative possono essere così riassunte:

- Preparazione del supporto con sabbiatura, idrosabbiatura o acqua in pressione per ottenere una superficie leggermente ruvida e per eliminare qualsiasi elemento che possa pregiudicare l'aderenza.
- Pulizia delle superfici su cui intervenire con lavaggio o con aria compressa, al momento dell'applicazione il supporto deve risultare asciutto.
- Verificare che le condizioni ambientali e del supporto siano idonee all'applicazione.
- Applicazione del promotore di adesione (primer) quando faccia parte del sistema.
- La miscelazione deve avvenire con idonea attrezzatura e per un tempo che garantisca l'omogeneità del prodotto. Nel caso di prodotti bicomponenti è fondamentale rispettare con estrema esattezza i rapporti di miscelazione.
- Applicazione del primo strato di finitura rispettando i tempi di sovrapposizione con l'eventuale primer.
- Applicazione del secondo strato di finitura rispettando i tempi di sovrapposizione rispetto allo strato precedente.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

6.5.17.2 Protezione elevatissima – sistema protettivo filmogeno elastico a base poliuretanica- spessore di film secco 200 micron

Sistema protettivo filmogeno, elastico, bicomponente, a base di resine poliuretaniche in solvente che consente di fare da ponte a stati fessurativi derivanti da ritiro plastico o igrometrico. Applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 200 micron. È un sistema elastico, caratterizzato da buona capacità di crack bridging, da un elevatissimo effetto barriera, elevatissima resistenza all'aggressione degli agenti ambientali e dei cloruri, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da ottima permeabilità al vapore d'acqua.

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+ essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 200 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	Sd >120 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	Sd < 3 m
Resistenza alla fessurazione (Crack Bridging Ability), EN 1062-7	Statico A1 Dinamico B1
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,007 (kgxm2xh-0.5)
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione, EN 1542 dopo 50 cicli	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa), UNI EN 1062/11	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scagliatura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 84 di 157

6.5.17.3 Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno elastico a base acrilica per strutture a contatto non permanente con acqua spessore di film secco 200 micron

Sistema protettivo filmogeno, elastico, monocomponente, a base di resina acrilica dispersa in acqua, applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 200 micron.

È un sistema elastico caratterizzato da buona capacità di crack bridging, da un elevato effetto barriera, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da ottima permeabilità al vapore. Non deve essere applicato per la protezione di strutture a costante contatto con acqua. Essendo un prodotto in emulsione acquosa soffre l'applicazione a basse temperature.

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 200 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	>1,0 MPa - Rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	Sd > 130 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	Sd < 0,5 m
Resistenza alla fessurazione (Crack Bridging Ability), EN 1062-7	Statico A1 Dinamico B1
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,08 (kg·m ² ·h ^{-0.5})
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione, EN 1542 dopo 50 cicli	> 0,8 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa), UNI EN 1062/11	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scagliatura.

6.5.17.4 Protezione elevata – sistema protettivo filmogeno rigido a base metacrilica spessore di film secco 80-150 micron

Sistema protettivo filmogeno, rigido, monocomponente, a base di resine metacriliche in solvente applicabile manualmente con rullo, pennello o meccanicamente con sistema airless, in spessore minimo di film secco pari a 80 micron e massimo pari a 150 micron.

È un sistema rigido, caratterizzato da un elevato effetto barriera, elevata resistenza all'aggressione degli agenti ambientali e dei cloruri, da un'ottima resistenza ai Raggi UV, da buona permeabilità al vapore d'acqua.

Tale protettivo dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1504 parte 2 e fornire le seguenti prestazioni riferite ad uno spessore di film secco di 150 µm:

Aderenza al calcestruzzo, UNI EN 1542	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Determinazione della permeabilità al biossido di carbonio, UNI EN 1062-6 method A	SD > 200 m
Determinazione del grado di trasmissione del vapore acqueo UNI EN ISO 7783-1	SD < 2,5 m
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua, EN 1062-3	0,005(kgxm ² xh ^{-0.5})
Compatibilità termica (cicli gelo-disgelo con sali disgelanti) misurata come adesione secondo EN 1542, dopo 50 cicli	> 2,0 MPa - rottura tipo A
Resistenza all'esposizione agli agenti atmosferici artificiali (radiazioni UV e condensa) UNI EN 1062-11 dopo 2000 ore di esposizione	Nessun rigonfiamento, nessuna fessurazione, nessuna scagliatura

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 85 di 157

Controlli preliminari

L'obiettivo è quello di verificare prima dell'inizio dei lavori che:

- i sistemi protettivi proposti dall'impresa forniscano le prestazioni indicate nel presente Capitolato in riferimento alle lavorazioni dello specifico progetto. L'ESECUTORE dovrà presentare le schede tecniche e i certificati di laboratori ufficiali che attestino la marcatura verificare, prima dell'inizio CE e le prestazioni dei prodotti che intende utilizzare;
- le attrezzature che verranno utilizzate siano idonee ad eseguire tutte le varie fasi realizzative previste e che l'intero processo realizzativo sia corrispondente a quanto previsto in progetto. Sarà compito della DL far eseguire campioni per accertare l'efficacia di ogni fase realizzativa.

Controlli in corso d'opera

Le verifiche in corso d'opera prima e durante l'applicazione prevedono controlli sulle condizioni del supporto, la verifica delle condizioni termo-igrometriche e delle condizioni operative.

La frequenza e il tipo di controllo deve essere valutato in funzione della complessità dell'intervento.

Condizioni del supporto dopo la preparazione e prima dell'applicazione

La DL si dovrà accertare in particolare che il supporto:

- sia stato preparato opportunamente mediante sabbiatura, idrosabbiatura o acqua in pressione per ottenere una superficie leggermente ruvida e per eliminare qualsiasi elemento che possa pregiudicare l'aderenza.
- sia stato perfettamente pulito mediante lavaggio o con aria compressa,
- al momento dell'applicazione risulti asciutto.

Controlli in fase applicativa

La DL dovrà effettuare il controllo di conformità riguardante:

- la temperatura dell'ambiente e quella del supporto;
- l'umidità del supporto;
- i rapporti di miscelazione dei componenti A e B dei formulati bicomponenti siano rispettati;
- l'applicato il primer correlato allo specifico sistema protettivo;
- il tempo di ricopertura del primer con il sistema protettivo;
- la corretta applicazione in due strati del sistema protettivo;
- lo spessore di fil secco del sistema protettivo.

6.5.18 ANCORAGGI E INGHISAGGI

6.5.18.1 Ancoraggi con materiali cementizi

L'ancoraggio di barre ad aderenza migliorata, tirafondi, barre filettate a strutture in calcestruzzo può essere realizzato utilizzando materiali cementizi espansivi, caratterizzati da un processo espansivo contrastato per confinamento dalla tasca o dal foro di ancoraggio. La fase espansiva deve iniziare al termine della fase di presa cioè quando il materiale inizia quella d'indurimento. Lo spessore di ancoraggio minimo è di circa 5 mm quando si utilizza una boiaccia espansiva e di circa 10 mm quando si utilizza una malta.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 86 di 157

È possibile realizzare ancoraggi molto rapidi utilizzando malte cementizie che assicurano un velocissimo sviluppo delle resistenze meccaniche anche a temperature basse fino a -5°C. I materiali cementizi devono esser messi in opera su supporti umidi, condizione facilmente realizzabile, contrariamente a formulati a base di resina che temono l'umidità dei supporti.

La normativa di riferimento per ottenere la marcatura CE è la 1504 parte 6.

I requisiti principali che contraddistinguono un prodotto cementizio utilizzato per l'ancoraggio sono:

- Elevata fluidità, consente una veloce, semplice ed affidabile messa in opera per colaggio, fornendo all'impasto grandissima scorrevolezza e massima capacità di riempimento e di compattazione.
- Elevata aderenza, consente il corretto trasferimento delle sollecitazioni. L'elevata aderenza è garantita nel tempo grazie alle caratteristiche espansive del prodotto che annullano i ritiri a lungo termine, propri dei normali conglomerati cementizi.
- Ottime prestazioni meccaniche, consentono di resistere ad elevate sollecitazioni statiche e dinamiche ed a cicli di fatica.
- Elevata resistenza ai cicli di gelo disgelo, requisito fondamentale per la durabilità di ancoraggi eseguiti all'esterno.
- Ottima impermeabilità all'acqua, garantisce la durabilità dell'ancoraggio.
- Ottima resistenza agli olii lubrificanti, consente l'impiego in ambienti industriali.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

Malta cementizia, premiscelata, fluida, ad espansione contrastata con stagionatura in acqua

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, ad espansione contrastata con stagionatura in acqua. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico.

Applicabile per colaggio manualmente o tramite pompa in spessore minimo di 10 mm.

Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+ essere conforme alla normativa UNI EN 1503 parte 6 e fornire le seguenti prestazioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 87 di 157

Bleeding UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	$\leq 0.05\%$
Resistenza a compressione UNI EN 12190	1 giorno ≥ 30 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 5 MPa 28 giorni ≥ 7 MPa
Modulo elastico UNI EN 13412	26-30 MPa
Espansione in fase plastica UNI 8996 a 20°C, U.R. 65%	$\geq 0,3\%$
Espansione contrastata ad 1 giorno UNI 8147 parte prima	$\geq 0,03\%$
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 kN) UNI EN 1881	$\leq 0,5$ mm
Adesione al calcestruzzo UNI EN 1542	≥ 2 MPa
Compatibilità termica, adesione dopo i cicli di gelo-disgelo UNI EN 13687/1	≥ 2 MPa
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta (UNI EN 12390/8)	≤ 5 mm
Assorbimento capillare UNI EN 13057	$\leq 0,30$ kg x m-2 x h -0,5
Resistenza alla carbonatazione UNI EN 13295	Specificata superata
Reazione al fuoco UNI EN 1504-3 art. 5.5	Classe A1

Malta cementizia, premiscelata, fluida a rapido indurimento

Si utilizzerà una malta cementizia, premiscelata, fluida, a rapido sviluppo delle resistenze meccaniche anche a basse temperature fino a -5°C. Contenente fibre in poliacrilonitrile per combattere gli effetti del ritiro plastico. Tale malta dovrà possedere la marcatura CE con sistema di accreditamento 2+, essere conforme alla normativa UNI EN 1503 parte 6 e fornire le seguenti prestazioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 88 di 157

Bleeding, UNI 8998	Assente																									
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%																									
Resistenza a compressione espressa in MPa, UNI EN 12190	<table><tr><td></td><td>-5°C</td><td>0°C</td><td>5°C</td><td>20°C</td></tr><tr><td>4h ≥</td><td>10</td><td>20</td><td>25</td><td>35</td></tr><tr><td>8h ≥</td><td>20</td><td>30</td><td>35</td><td>45</td></tr><tr><td>24h ≥</td><td>45</td><td>55</td><td>60</td><td>65</td></tr><tr><td>28g ≥</td><td>70</td><td>75</td><td>80</td><td>85</td></tr></table>		-5°C	0°C	5°C	20°C	4h ≥	10	20	25	35	8h ≥	20	30	35	45	24h ≥	45	55	60	65	28g ≥	70	75	80	85
	-5°C	0°C	5°C	20°C																						
4h ≥	10	20	25	35																						
8h ≥	20	30	35	45																						
24h ≥	45	55	60	65																						
28g ≥	70	75	80	85																						
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1g ≥ 3 MPa 7g ≥ 5 MPa 28g ≥ 7 MPa																									
Modulo elastico, UNI EN 13412	28-32 MPa																									
Resistenza alla fessurazione (O Ring Test)	Nessuna fessura																									
Resistenza allo sfilamento (con carico di 75 kN), UNI EN 1881	≤ 0,5 mm																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	≥ 2 MPa																									
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542 dopo 50 cicli di gelo disgelo secondo, UNI EN 13687/1	≥2 MPa																									
Resistenza alla carbonatazione, UNI EN 13295	Prova superata																									
Porosità capillare, UNI EN 13057	≤ 0,30 kg x m-2 x h -0,5																									
Resistenza alla permeazione dell'acqua in pressione diretta, UNI EN 12390/8	≤ 5 mm																									
Reazione al fuoco, UNI EN 1504-3 art 5.5	Classe A1																									

Le prestazioni relative a -5°C sono ottenute avendo portato il prodotto e l'acqua d'impasto a + 15°C.

6.5.18.2 Ancoraggi con materiali a base di resina

Gli ancoraggi realizzati con materiali a base epossidica quando sono in gioco sollecitazioni e tensioni di aderenza elevate.

Tali formulati garantiscono prestazioni meccaniche elevatissime nettamente superiori ai materiali cementizi.

Utilizzando materiali a base resina è opportuno ricordare che tali formulati soffrono l'umidità del supporto.

Esiste inoltre la Linea guida europea ETAG 001 per l'ottenimento del benessere tecnico europeo per gli ancoranti metallici nel calcestruzzo utilizzabili anche in caso di carichi sismici la cui parte 5 è specifica per gli ancoranti chimici.

Per la buona riuscita dell'intervento è necessario attenersi scrupolosamente alle fasi applicative descritte nella scheda tecnica del prodotto prescelto che garantisca le caratteristiche e prestazioni sotto indicate.

6.5.18.2.1 Inghisaggi chimici con resina epossidica in cartuccia

Si utilizza un adesivo in cartuccia, tixotropico, bicomponente, a base di resina epossidica pura, privo di ritiro. Tale prodotto dovrà essere conforme alle linee guida ETAG 001-5 e TR023 e fornire, a titolo non esaustivo, le seguenti prestazioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 89 di 157

Calcestruzzo	Tipologia barra	Diametro	Carico ultimo medio a trazione	Carico ultimo medio a taglio	Carico consigliato a trazione	Carico consigliato a taglio
			N_{Rum} [kN]	V_{Rum} [kN]	N_{rec} [kN]	V_{rec} [kN]
C20/25	≥ 8.8	M8	29,20	17,6	8,14	8,4
C20/25	≥ 8.8	M10	44,05	27,8	11,96	13,3
C20/25	≥ 8.8	M12	61,91	40,5	20,05	19,3
C20/25	≥ 8.8	M16	95,27	75,4	31,49	35,9
C20/25	≥ 8.8	M20	144,07	117,6	47,51	56,0
C20/25	≥ 8.8	M24	197,81	169,4	62,10	80,7

6.5.19 INTERVENTI SULLE STRUTTURE IN MURATURA

È fondamentale definire gli obiettivi da perseguire negli interventi di ripristino e/o rinforzo tenendo conto delle peculiarità di ogni costruzione in muratura. Risulta indispensabile utilizzare prodotti specifici per il ripristino e il rinforzo delle murature che siano compatibili con le tecniche ed i materiali originari.

Un approccio corretto è articolato nelle seguenti fasi:

- Ricerca storica che indaghi anche su le differenti fasi di progettazione e realizzazione compresi eventuali successivi interventi di ripristino/rinforzo.
- Rilievo dei dissesti statici.
- Rilievo ed entità dei degradi dei materiali.
- Tecniche d'intervento.
- Scelta prestazionale dei materiali.

6.5.19.1 Ancoraggi con materiali a base di resina

I requisiti ed i limiti prestazionali che debbono caratterizzare i materiali da utilizzare sono da correlare con il tipo d'intervento da realizzare; è possibile comunque evidenziare i requisiti assolutamente necessari:

- impermeabilità all'acqua;
- limitata capillarità;
- porosità elevata;
- elevata permeabilità al vapore;
- basso contenuto di sali;
- prestazioni meccaniche (resistenze e moduli elastici) diversificate in relazione al tipo d'intervento ma congruenti con la muratura;
- adesione;
- tempi di presa ed indurimento in linea con le modalità esecutive;
- compatibilità con i materiali originari o utilizzati in precedenti interventi;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 90 di 157

- innocuità del materiale utilizzato al fine di non innescare nuovi meccanismi di degrado alle murature;
- resistenza ai cicli di gelo disgelo.

Una importante normativa di riferimento è la UNI EN 998 parte 1 e parte 2.

6.5.19.2 Interventi

6.5.19.2.1 Ristillatura di giunti di malta

La malta che costituisce i giunti tra conci di muratura può deteriorarsi sia per cause chimiche che fisiche. L'intervento di risarcimento-stilatura è volto a preservare le cortine murarie e a restituire la continuità alla tessitura murari impedendo l'evolversi di fenomeni di degrado che potrebbero determinare il decadimento delle caratteristiche meccaniche.

L'intervento consiste nell'integrazione delle porzioni di malta mancanti e/o nella sostituzione delle parti deteriorate non più coerenti.

a) Opera muraria realizzata con malta a base di calce idraulica

Se l'opera muraria è stata realizzata con malta a base di calce idraulica naturale, per eseguire l'intervento di risarcimento-stilatura si dovrà utilizzare una malta da muratura, premiscelata, tixotropica, a base di calce idraulica naturale, applicabile manualmente, caratterizzata da elevata permeabilità al vapore, ottima adesione alla muratura, resistenze meccaniche compatibili con quelle della malta preesistente, basso assorbimento capillare, buona stabilità dimensionale e che non rilasci sali.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma EN 998-2, di classe non inferiore a M5 (ai sensi del §11.10.2 del DM 17.01.2018) come "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali", e fornire, a titolo non esaustivo, le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	60 Minuti
Permeabilità al vapore, EN 1745 (valore tabulato)	μ 15 ÷ 35
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	$\leq 0,2 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \times \text{min}^{0,5})$
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	$\geq 0,3 \text{ MPa}$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 0,93 \text{ W/mK}$
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

b) Opera muraria realizzata con malta a base di cemento

Se l'opera muraria è stata realizzata con malta a base di cemento, per eseguire l'intervento di risarcimento-stilatura si dovrà utilizzare una malta da muratura, premiscelata, tixotropica, a base di cemento, applicabile manualmente, ottima adesione alla muratura, resistenze meccaniche compatibili con quelle della malta preesistente, basso assorbimento capillare e buona stabilità dimensionale.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP "Malta per scopi generali per intonaci interni/esterni" di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali" di classe M25. Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 91 di 157

Tempo di lavorabilità	45 Minuti
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤0.05%
Permeabilità al vapore, UNI EN 1015-19	$\mu \leq 50$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	≤0,4 Kg/(m ² x min ^{0,5})
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	≥ 1,0 MPa
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 1,17 \text{ W/mK}$
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11	1 giorno ≥ 5 MPa 7 giorni ≥ 18 MPa 28 giorni ≥ 27 Mpa
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-11	1 giorno ≥ 2 MPa 7 giorni ≥ 4 MPa 28 giorni ≥ 6 MPa
Modulo elastico, UNI EN 13412	11.000 ÷ 13.000 MPa
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

In entrambi i casi di cui sopra, le fasi applicative, possono essere così riassunte, e comunque devono rispettare quanto previsto dalla scheda tecnica del prodotto prescelto:

1- Preparazione del supporto

La malta poco resistente o addirittura in fase di distacco deve essere asportata mediante scalpellatura leggera. Si dovranno eliminare mediante spazzola metallica eventuali efflorescenze, muffe e qualsiasi sostanza che possa ridurre l'aderenza.

2- Pulizia e lavaggio della muratura

Si devono eliminare la polvere ed i residui della scalpellatura e della spazzolatura mediante aria compressa. Prima della posa in opera della malta con cui si eseguirà il risarcimento-stilatura è necessario bagnare il supporto per evitare che sottragga acqua con conseguente riduzione di aderenza. Al momento dell'applicazione la superficie della muratura deve risultare satura ma senza velo d'acqua in superficie. Qualora la malta originaria è a base di calce idraulica, se sul supporto sono presenti efflorescenze si devono effettuare ripetuti lavaggi con acqua a bassa pressione per favorire la migrazione dei sali verso l'esterno e per consentire la loro eliminazione mediante spazzolatura.

3- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

4- Applicazione

Si applicherà, mediante una cazzuola a punta tonda, un quantitativo di malta leggermente in eccesso rispetto alla capienza delle fughe, esercitando una leggera pressione con la punta tonda della cazzuola per costipare la malta e, dopo che la malta ha acquisito un po' di consistenza, si dovrà eseguire l'asportazione della malta in eccesso e la finitura superficiale lisciando o "segnandola" leggermente con una spazzola di saggina.

5- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 92 di 157

protette.

6.5.19.2.2 Iniezioni di massa

La tecnica delle iniezioni a bassa pressione consiste nell'immettere all'interno della muratura una boiaccia fluida allo scopo di consolidare fondazioni, paramenti murari, volte, archi ecc. ripristinandone le originali caratteristiche meccaniche. La boiaccia consente di rigenerare le vecchie malte, di rafforzare i legami tra la malta e gli elementi lapidei, di riempire eventuali micro e macro vuoti e di saldare lesioni.

L'esecuzione di iniezioni di massa sono particolarmente efficaci nel caso di murature a sacco. Nel caso di muratura piena ad unico paramento l'intervento è meno efficace. Una boiaccia da iniezione eseguita su una muratura ad unico paramento ha un assorbimento variabile ma molto vicino all'1% rispetto al volume dell'intera struttura mentre, se fosse a sacco e quindi a più paramenti, l'assorbimento rispetto al volume sarebbe attorno al 20%.

a) Opera muraria realizzata con malta a base di calce idraulica

Si utilizzerà una boiaccia premiscelata da iniezione a base di calce idraulica naturale di resistenza meccanica compatibile con quella della malta preesistente, ad elevata fluidità, elevato mantenimento della lavorabilità, priva di bleeding, elevata permeabilità al vapore e a basso rilascio di sali solubili.

La boiaccia deve avere la marcatura CE secondo la norma EN 998-2, e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding 8998	Assente
Tempo di lavorabilità	≥ 60 Minuti
Fluidità della boiaccia - Cono di Marsh (UNI EN 445 punto 3.2.2)	Iniziale ≤ 30 secondi dopo 30' ≤ 40 secondi dopo 60' ≤ 40 secondi
Permeabilità al vapore, UNI EN 1745	$\mu \leq 35$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745	$\lambda = 0,83$ W/mK
Contenuto Sali idrosolubili	$< 0,2$ %
Temperatura d'idratazione, camera adiabatica	$\leq 35^{\circ}\text{C}$
Adesione al supporto per taglio, UNI EN 998-2	$\geq 0,10$
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

b) Opera muraria realizzata con malta a base di cemento

Si utilizzerà una boiaccia cementizia realizzata utilizzando come legante uno speciale legante espansivo, con una consistenza compatibile con l'assorbimento della muratura.

Le prestazioni e le caratteristiche del legante, a titolo non esaustivo, sono di seguito riportate:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 20 MPa 7 giorni ≥ 50 MPa 28 giorni ≥ 60 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 3 MPa 7 giorni ≥ 6 MPa 28 giorni ≥ 7 MPa

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 93 di 157

Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147	$\geq 0,03\%$
Adesione al calcestruzzo, UNI EN 1542	$\geq 1,5 \text{ MPa}$

In entrambi i casi, le fasi applicative possono essere così riassunte:

1- Preparazione del supporto

È necessario:

- asportare tutte le parti d'intonaco che risultano distaccate;
- eseguire la stilatura di tutti i giunti la cui malta risulti poco consistente o friabile;
- sigillare tutte le fessure per evitare la fuoriuscita della boiaccia d'iniezione.

2- Realizzazione dei fori

Dovranno essere realizzati, leggermente inclinati verso il basso, fori di diametro di 2-4 cm mediante strumento a sola rotazione. La lunghezza sarà pari a circa i 2/3 dello spessore della muratura se l'iniezione verrà eseguita da un solo lato, pari a circa la metà dello spessore se invece l'iniezione avverrà da entrambi i lati della muratura.

I fori dovranno essere realizzati a vertici sfalsati con maglia a triangolo equilatero. la distanza tra i fori dovrà essere determinata con delle prove d'iniezione preliminari che consentano di determinare la penetrazione della boiaccia nella specifica muratura. Tale capacità di penetrazione si determina praticando un foro da cui sarà iniettata la boiaccia e una serie di fori a distanza crescente. Quando la boiaccia fuoriesce dal foro più vicino a quello di iniezione si provvede a chiuderlo e si continua così in progressione. Si assume come lato della maglia a triangolo equilatero, secondo cui si disporranno i fori, la distanza tra il foro da cui è fuoriuscita la boiaccia che risulta più distante dal foro d'iniezione. Si fisseranno in perfetta aderenza con i fori d'iniezione tubicini in plastica. In pratica si dovrà garantire la l'effettiva sovrapposizione delle aree iniettate.

3- Pulizia e lavaggio della muratura

24 ore prima di iniettare la boiaccia d'iniezione è necessario, quando non esistano specifiche controindicazioni, lavare la muratura iniettando dai fori acqua a bassissima pressione per consentire la fuoriuscita di piccole parti incoerenti e della polvere e per consentire la saturazione in modo che la muratura non sottragga acqua alla boiaccia e ne limiti così la penetrazione e l'aderenza.

4- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

5- Applicazione

La boiaccia deve essere iniettata con pressione compatibile con la tipologia muratura, per non provocare dissesti nella muratura, utilizzando pompe meccaniche o manuali predisposte per le iniezioni. L'iniezione si esegue attraverso i tubicini precedentemente fissati partendo dalla fila inferiore, quando la boiaccia fuoriesce dal foro immediatamente superiore si provvede a chiudere il tubicino più basso, si procede con questa sequenza fino alla fuoriuscita della boiaccia dall'ultimo foro della fila più in alto.

6.5.19.2.3 Iniezioni armate

Le iniezioni armate consentono di realizzare per esempio rinforzi delle murature d'angolo, ricongiungimenti di parti lesionate, ammorsamenti di muri ortogonali e connettori per ringrossi di sezioni. Le iniezioni armate

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 94 di 157

sono in pratica delle cuciture realizzate inghisando, all'interno di fori generalmente inclinati di 45° praticati nella muratura, armature metalliche. Il numero dei fori, la distanza tra di loro, il diametro e la lunghezza sono definite nel documento progettuale.

Il materiale d'iniezione dovrà essere:

- a) nel caso di cucitura di lesioni particolarmente profonde (si prefigura un intimo contatto tra la boiaccia d'iniezione e la muratura) una boiaccia di calce idraulica naturale marcata CE secondo la norma EN 998-2, essere classificata malta di tipo M15, e fornire le seguenti prestazioni:

Bleeding 8998	Assente
Tempo di lavorabilità	≥ 60 Minuti
Fluidità della boiaccia - Cono di Marsh (UNI EN 445 punto 3.2.2)	Iniziale ≤ 30 secondi dopo 30' ≤ 40 secondi dopo 60' ≤ 40 secondi
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11 (classe M15 – EN 998-2)	28 giorni ≥ 15 MPa
Permeabilità al vapore, UNI EN 1745	$\mu \leq 35$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745	$\lambda = 0,83 \text{ W/mK}$
Contenuto Sali idrosolubili	< 0,2 %
Temperatura d'idratazione, camera adiabatica	≤ 35°C
Adesione al supporto per taglio, UNI EN 998-2	≥ 0,10
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

- b) nel caso di fori eseguiti in murature non fessurate o quando i volumi d'iniezione sono limitati praticamente al volume del foro il materiale d'iniezione dovrà essere una boiaccia realizzata con uno speciale legante espansivo, ad elevata fluidità che garantisca le seguenti prestazioni seguenti prestazioni:

Bleeding, UNI 8998	Assente
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	≤ 0.05%
Resistenza a compressione, UNI EN 12190	1 giorno ≥ 15 MPa 7 giorni ≥ 35MPa 28 giorni ≥ 45 MPa
Resistenza a trazione per flessione, UNI EN 196/1	1 giorno ≥ 2 MPa 7 giorni ≥ 3 MPa 28 giorni ≥ 4 MPa
Espansione contrastata con stagionatura in acqua ad 1 giorno, UNI 8147	≥ 0,03%

- c) nel caso di iniezioni sopra-testa e per volumi pari al solo volume del foro il materiale d'inghisaggio dovrà essere un adesivo in cartuccia, tixotropico, bicomponente, a base di resina epossidica pura, privo di ritiro, conforme alle linee guida ETAG 001-5 e TR023.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 95 di 157

Le fasi applicative possono essere così riassunte:

1- Preparazione del supporto

E' necessario:

- eseguire la stilatura di tutti i giunti la cui malta risulti poco consistente o friabile,
- sigillare tutte le fessure per evitare la fuoriuscita della boiaccia d'iniezione

2- Realizzazione dei fori

Dovranno essere realizzati mediante strumento a sola rotazione, generalmente inclinati di circa 45°. Il numero dei fori, la distanza tra di loro, il diametro e la lunghezza sono definite nel documento progettuale.

3- Pulizia dei fori

Si dovranno asportare utilizzando aria in pressione tutti i residui generatisi nella fase di esecuzione del foro. Nel caso di utilizzo di boiaccia come prescritto al punto a e b il foro dovrà anche essere preventivamente inumidito e l'acqua in eccesso eliminata mediante aria compressa. Nel caso c) (utilizzo di resine) la superficie del foro deve essere asciutta prima dell'applicazione del prodotto.

4- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

5- Applicazione

Il materiale d'iniezione dovrà essere iniettato a bassa pressione nel caso di cuciture di lesioni, oppure colato o estruso (resina in cartuccia) entro il foro. Terminata l'iniezione si inserisce la barra di armatura. Infine si esegue la finitura superficiale.

6.5.19.2.4 Scuci e cuci

L'intervento di scuci e cuci consiste nella ricostituzione della muratura degradata, disestata o mancante effettuando la sostituzione della vecchia muratura con la nuova operando per zone limitate e procedendo dall'alto verso il basso e per zone alternate.

Le malte da utilizzare dovranno essere compatibili con quelle struttura muraria esistente; le tipologie e le prestazioni delle stesse sono le medesime di quelle prescritte per gli interventi di ristilatura dei giunti di malta.

Le fasi applicative possono essere così riassunte:

1- Demolizione della vecchia muratura

Dovrà eseguirsi utilizzando mezzi manuali in modo da non danneggiare le zone di muratura limitrofe. Si procederà per zone limitate, procedendo dall'alto verso il basso e per zone alternate in modo da non indebolire l'intera muratura.

2- Pulizia e saturazione delle superfici

Le superfici che verranno a contatto con la nuova muratura dovranno essere pulite con aria compressa e successivamente saturate di acqua.

Al momento dell'applicazione la superficie della muratura deve risultare satura ma senza velo d'acqua in superficie.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 96 di 157

3- Miscelazione

La miscelazione non si deve iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra +5 e + 35°C. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

4- Applicazione

La malta di allettamento e di collegamento dei conci dovrà essere applicata per uno spessore tale da ricostruire correttamente l'allineamento dei conci con la muratura esistente di circa 1-2 cm in finzione al tipo di muratura. Dopo che la malta avrà acquisito un po' di consistenza, si dovrà eseguire l'asportazione della malta in eccesso e la finitura superficiale lisciando o "segnandola" leggermente con una spazzola di saggina.

5- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

6.5.19.2.5 Lastra armata

Il consolidamento effettuato realizzando lastre armate consente d'intervenire con efficacia nei casi di elementi in muratura che presentino fenomeni di schiacciamento e/o un diffuso stato fessurativo. L'intervento può prevedere la realizzazione della lastra armata su una sola faccia o su entrambe le facce del paramento murario. Nel caso d'intervento su entrambe le facce le lastre sono collegate mediante opportune iniezioni armate.

- a) Il consolidamento di una muratura storica costruita con malta di calce realizzato utilizzando la tecnica della lastra armata dovrà essere eseguito utilizzando una malta premiscelata a base di calce idraulica naturale, ad alta resistenza (classe M15), traspirante. Applicabile a mano o meccanicamente a spruzzo.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP "Malta per scopi generali per intonaci interni/esterni" di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G "Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali" di classe M15. Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	30 minuti
Permeabilità al vapore, UNI EN 1015-19	$\mu \leq 25$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	$\leq 0,2 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \times \text{min}^{0,5})$
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	$\geq 0,8 \text{ MPa}$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 0,93 \text{ W/mK}$
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11	7 giorni $\geq 10 \text{ MPa}$ 28 giorni $\geq 15 \text{ MPa}$
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-11	7 giorni $\geq 2,5 \text{ MPa}$ 28 giorni $\geq 4 \text{ MPa}$
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

La malta dovrà essere armata secondo le indicazioni progettuali con armatura zincata per evitare fenomeni di ossidazione in quanto le malte di calce non sono in grado di passivare le armature.

- b) Il consolidamento di una muratura che non deve rispettare "vincoli" storici realizzato utilizzando la tecnica della lastra armata dovrà essere eseguito utilizzando una malta cementizia, tixotropica,

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 97 di 157

premiscelata, polimero modificata, monocomponente, ad alta resistenza (classe Md con $d > 20$), contenente fibre in poliacrilonitrile.

Tale malta dovrà avere la marcatura CE ed essere classificata, secondo la norma la norma EN 998-1 come GP “Malta per scopi generali per intonaci interni/esterni” di categoria CS IV e secondo la norma EN 998-2 come G “Malta da muratura a composizione prescritta per scopi generali per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali”. Dovrà fornire le seguenti prestazioni:

Tempo di lavorabilità	45 Minuti
Contenuto di ione cloruro, UNI EN 1015-17	$\leq 0.05\%$
Assorbimento capillare, UNI EN 1015-18	$\leq 0,4 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \times \text{min}^{0,5})$
Adesione al supporto, UNI EN 1015-12	$\geq 1,0 \text{ MPa}$
Coefficiente di conducibilità termica, EN 1745 (valore tabulato)	$\lambda = 1,17 \text{ W/mK}$
Resistenza a compressione, UNI EN 1015-11 (a 1-7-28 gg)	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Resistenza a flessione, UNI EN 1015-11 (a 1-7-28 gg)	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Modulo elastico, UNI EN 13412	In funzione della classe di resistenza della malta adottata
Reazione al fuoco, EN 13501-1	Classe A1

In entrambi i casi a) e b), le fasi applicative possono essere così riassunte:

1- Preparazione del supporto

Si dovrà asportare tutto l'eventuale intonaco e sostituire la malta di allettamento dei corsi di muratura che si presenta friabile e poco consistente.

2- Pulizia e saturazione delle superfici

Si dovranno eliminare meccanicamente eventuali efflorescenze, muffe ecc. La superficie dovrà essere depolverata mediante aria compressa. Infine si dovrà eseguire il lavaggio della superficie utilizzando acqua a bassa pressione.

3- Inserimento di armature di rinforzo

Le armature dovranno essere distanziate dal supporto di almeno 1 cm per permettere il passaggio della malta dietro l'armatura ed avere uno spessore di copriferro di almeno 2 cm. Nel caso si utilizzino reti elettrosaldate queste dovranno essere collegate alla muratura mediante dei connettori.

4- Miscelazione

La miscelazione non si dovrà iniziare se la temperatura ambientale non garantisce che l'applicazione avvenga ad una temperatura compresa tra $+5$ e $+35^\circ\text{C}$. Dovrà eseguirsi rispettando le indicazioni riportate sulle schede tecniche del prodotto utilizzato.

5- Applicazione

L'applicazione manuale si esegue, utilizzando una normale cazzuola, “proiettando” il prodotto con energia, senza mai spalmarlo sul supporto. È sempre consigliato eseguire un primo rinzafo di 5-10 mm ed applicare il secondo strato al primo indurimento della malta. L'applicazione a spruzzo si realizzerà utilizzando macchine a pistone o coclea, non devono essere utilizzate macchine a ciclo continuo.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 98 di 157

6- Lisciatura e frattazzatura

Poco dopo aver terminato la fase di applicazione la malta deve essere resa planare con una staggia di alluminio e successivamente lisciata con un frattazzo di plastica. Appena ha iniziato ad assumere una consistenza “gommosa”, tale che si lasci sulla superficie una impronta con un dito, si deve procedere alla frattazzatura della superficie utilizzando un frattazzo di spugna. Questa operazione consente di prevenire la formazione di cavillature dovute alla prima evaporazione dell’acqua d’impasto.

7- Stagionatura

Le superfici esposte a forte insolazione, ventilazione e bassa umidità relativa dovranno essere stagionate mediante stagionatura umida. In caso di pioggia le superfici su cui si è appena intervenuti dovranno essere protette.

OPERE IN ACCIAIO

6.6

6.6.1 CLASSI DI ESECUZIONE

Ai sensi della norma UNI EN 1090-2 del 2011, che individua quattro classi di esecuzione identificate da EXC1 a EXC4 e i relativi requisiti, le opere da realizzare, salvo diverse indicazioni di FERROVIE, sono classificate come specificato nelle tabella seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	OPERE DA REALIZZARE
Classe EXC4	Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti ferroviari con luci > 150 m
Classe EXC3	Ponti ferroviari Opere di scavalco della sede ferroviaria Barriere antirumore Fabbricati suscettibili di grande affollamento
Classe EXC2	Altre opere

Tabella 6.6.1.1 – definizione delle classi di esecuzione

6.6.2 REQUISITI E OBBLIGHI DELL'ESECUTORE

6.6.2.1 Requisiti

E' necessario che l'ESECUTORE sia iscritto all'Albo Nazionale dei Costruttori - categoria OS 18: «Costruzione, assemblaggio e posa in opera di carpenteria metallica» e sia dotato di un'organizzazione interna che permetta una adeguata gestione di tutte le attività di costruzione e di saldatura in officina e/o in cantiere concorrenti alla realizzazione dell'opera.

A tal fine l'ESECUTORE dovrà essere certificato in accordo alla UNI EN ISO 9001 e alla UNI EN ISO 3834 del 2006, in relazione alla classe di esecuzione di cui al punto precedente.

E' inoltre richiesto che il livello di conoscenza tecnica del personale di Coordinamento della saldatura, secondo la norma UNI EN ISO 14731-2007 (ex UNI EN 719-1996), sia di tipo “completo” per le classi di esecuzione EXC4 ed EXC3 e di tipo “specifico” per la classe di esecuzione EXC2 fatto salvo che non

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 99 di 157

ricorrano le condizioni riportate al prospetto 14 della UNI EN 1090 ($t > 50 \text{ mm}$) per le quali è richiesto anche per tale classe il tipo “completo”.

Per la realizzazione e il varo di travate metalliche per ponti e viadotti ferroviari le FERROVIE potranno avvalersi delle Ditte iscritte all'apposito Albo istituito presso FERROVIE:

- categoria TMF-001 (costruzione montaggio e varo di travate metalliche ferroviarie);
- categoria TMF-002 (montaggio e varo di travate ferroviarie).

6.6.2.2 Obblighi

L'ESECUTORE dovrà, nel più breve tempo possibile e prima dell'inizio delle attività di costruzione, presentare alle FERROVIE:

- i disegni d'officina in duplice copia (di cui una su supporto informatico);
- il computo metrico;
- le distinte dei vari elementi costituenti la struttura metallica (comprese le vernici), corredate delle copie degli ordini e delle relative conferme d'ordine da parte delle singole ferriere o stabilimenti produttori.

Le distinte dovranno riportare:

- l'indicazione della qualità del materiale;
- le dimensioni;
- il numero dei pezzi;
- il peso;
- il numero del disegno di progetto a cui si riferisce, nonché il numero di posizione e marca d'officina, risultante dai disegni costruttivi d'officina.

Resta, altresì, inteso che l'eventuale errata ordinazione dei materiali alle ferriere o stabilimenti produttori non esonera l'ESECUTORE dalle conseguenze derivanti.

Infine, le eventuali varianti relative alla qualità dei materiali, ai profili e ai particolari strutturali che l'ESECUTORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute nei disegni approvati, dovranno essere preventivamente richieste e approvate dalle FERROVIE.

Fatto salvo quanto disposto al par. 4.2 della UNI EN 1090-2 in merito alla documentazione che l'ESECUTORE deve presentare, lo stesso dovrà inoltre provvedere alla stesura del Piano della Qualità e di un Piano di Controllo della Qualità. La documentazione suddetta dovrà essere presentata per l'approvazione alle FERROVIE che si riservano la facoltà di modificarla qualora non conforme alle proprie prescrizioni. Per quanto attiene gli obblighi connessi alla presentazione della documentazione inerente le saldature, si rimanda al par. 6.6.7.1.

Al fine di verificare la rispondenza dei materiali e delle successive lavorazioni alle specifiche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli di legge, quelli previsti dalle presenti prescrizioni, nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE in base a motivate esigenze tecniche, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo. Le prove sui materiali debbono essere eseguite presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001 alla presenza del personale delle FERROVIE.

L'ESECUTORE deve inoltre fornire la manodopera e le attrezzature necessarie per permettere al personale

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 100 di 157

incaricato dalle FERROVIE di eseguire controlli relativi a tutte le lavorazioni in officina nonché predisporre le eventuali opere provvisorie e ponteggi necessari per effettuare i controlli di premontaggio dell'opera in officina e/o in cantiere.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni sono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Limitatamente ai ponti e viadotti ferroviari e cavalcaferrovia le lamiere accettate potranno essere inviate al taglio solo dopo che sui singoli pezzi da ricavare, già tracciati sulle stesse a cura dell'ESECUTORE, sarà stato apposto il punzone del personale delle FERROVIE.

A tale scopo dovranno essere presentati gli schemi di taglio con l'indicazione grafica, in opportuna scala, delle strisce e delle piastre che verranno ricavate da ciascuna lamiera, il numero, le dimensioni dei pezzi e le relative marche di officina.

Le convocazioni per il controllo dei materiali grezzi approntati sia presso le ferriere che presso lo stabilimento dell'ESECUTORE dovranno essere trasmesse alle FERROVIE, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni, in modo che le stesse siano messe in grado di programmare gli interventi.

Per i controlli effettuati all'estero le spese di trasferta del personale ferroviario incaricato (viaggio, soggiorno ecc.) saranno a carico dell'ESECUTORE il quale dovrà presenziare con il proprio personale.

Al termine dell'attività di controllo, sia sui materiali che sulle lavorazioni, l'ESECUTORE è tenuto a trasmettere alle FERROVIE un dossier contenente la certificazione prodotta.

6.6.3 QUALITA' DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

6.6.3.1 Profilati e lamiere

E' consentito ricavare larghi-piatti, piastre, etc. di spessore superiore a 6 mm, solamente da lamiere da treno, restando quindi escluse quelle ottenute da nastri o rotoli.

6.6.3.1.1 Strutture in classe di esecuzione EXC2

Per le qualità dei materiali si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la marcatura CE e DOP (dichiarazione di prestazione secondo Regolamento EU n.305/11).

I documenti di accompagnamento delle forniture dovranno fare riferimento al prospetto 1 della EN 1090-2 fatta eccezione per la bulloneria strutturale e per i perni, per i quali dovrà essere prodotta la certificazione 3.1 secondo UNI EN ISO 10204.

Per quanto riguarda le condizioni superficiali e le caratteristiche dimensionali, il materiale dovrà rispettare le limitazioni riportate nella tabella seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	EXC2
SPESSORE LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe A
PLANARITA' LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe N

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 101 di 157

FINITURA SUPERFICIALE LAMIERE (UNI EN 10163-2)	Classe A/2
FINITURA SUPERFICIALI PRODOTTI LUNGHI (UNI EN 10163-3)	Classe C/1

Tabella 6.6.3.1.1.1

6.6.3.1.2 Strutture in classe di esecuzione EXC3 e EXC4

Per la realizzazione delle strutture principali quali ad esempio travi principali, conci, montanti, traversi, controventi, coprigiunti, piastre e squadrette di nodo, ecc. l'acciaio, recante marcatura CE e DOP (dichiarazione di prestazione secondo Regolamento EU n.305/11), dovrà corrispondere alle seguenti qualità:

- S275 J0/ J2 UNI EN 10025 – 1 e 2
- S275 N/NL UNI EN 10025 – 1 e 3
- S355 J0/ J2/ K2 UNI EN 10025 – 1 e 2
- S355 N/NL UNI EN 10025 – 1 e 3
- S420 N/NL UNI EN 10025 – 1 e 3
- S460 N/NL UNI EN 10025 – 1 e 3
- S355 J0W/ J2W / K2W UNI EN 10025 – 1 e 5

L'impiego di acciaio di qualità S420 e S460 è ammesso se adeguatamente giustificato dal progettista e previo preventivo benestare da parte delle FERROVIE.

Relativamente ai documenti di controllo che debbono accompagnare le forniture, si precisa che per la suddetta classe di esecuzione è richiesto in ogni caso un certificato di tipo 3.1 secondo EN 10204.

La scelta del grado di qualità, in assenza di dati più precisi, sarà operata secondo le indicazioni della seguente tabella nella quale per T_m si intende la Temperatura minima di servizio (°C) per la cui definizione si rimanda alle norme nazionali:

Temperatura cui eseguire le prove di resilienza Charpy V		
Spessore dell'acciaio (mm)	Elementi importanti che compongono la struttura e in ogni caso tutti gli elementi sollecitati a fatica	Elementi secondari non sollecitati a fatica
$s \leq 25$ $25 < s \leq 40$ $s > 40$	$T = T_m$ $T = T_m - 10^\circ \text{ C}$ $T = T_m - 20^\circ \text{ C}$	$T = T_m + 20^\circ \text{ C}$ $T = T_m + 10^\circ \text{ C}$ $T = T_m$

Tabella 6.6.3.1.2.1

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 102 di 157

Tutti i materiali delle strutture principali destinati ad essere saldati devono essere, in ogni caso, almeno di grado J2 e/o K2 e di regola dovranno essere normalizzati.

La calmatatura dovrà di regola essere effettuata all'alluminio. Qualora sia effettuata con altri elementi (Nb, Ti, Va, etc.) in grado di fissare l'ossigeno, tali elementi dovranno essere indicati nel certificato di controllo.

Per tutti gli acciai sopra riportati, il valore del Ceq (Carbonio Equivalente) risultante dall'analisi chimica eseguita sul prodotto non dovrà essere maggiore di 0,02 rispetto al valore percentuale indicato per la colata nel certificato di controllo. Per gli altri elementi gli scostamenti ammessi sono quelli indicati nelle norme vigenti.

Sui certificati di controllo deve figurare il tenore degli elementi che figurano nella formula per il calcolo del valore equivalente di carbonio.

Sulle lamiere di spessore > 15 mm interessate da saldatura e quando esplicitamente richiesto dalle FERROVIE per un particolare progetto, si dovrà eseguire il controllo ultrasonoro con le modalità della classe S2 + E3 ai sensi della norma UNI EN 10160.

Sulle lamiere di spessore ≥ 25 mm destinate alla composizione di profili composti mediante saldatura con cordoni a parziale e/o a piena penetrazione (escluse quelle composte con saldatura testa a testa), e/o soggette a sforzi nel senso trasversale alla direzione di laminazione (es. giunti a croce), dovrà essere eseguito il controllo della duttilità con prova di trazione perpendicolare alla superficie del prodotto secondo UNI EN 10164:2004, classe di qualità Z35.

Per elementi strutturali non destinati ad essere saldati valgono le indicazioni della norma UNI EN 10025 - 2 per l'acciaio S275 e S355. E' ammessa in questo caso la calmatatura al Silicio.

Per le strutture secondarie e quant'altro non facente parte della struttura principale è ammesso l'impiego di materiale S275 JR e 355 JR UNI EN 10025 - 1 e 2.

Per quanto riguarda le condizioni superficiali e le caratteristiche dimensionali, il materiale dovrà rispettare le limitazioni riportate nella tabella seguente, con la precisazione che per ponti e viadotti ferroviari valgono i limiti della classe EXC4

CLASSE DI ESECUZIONE	EXC3 ⁽⁹⁾	EXC4
SPESSORE LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe B	Classe B
PLANARITA' LAMIERE (UNI EN 10029)	Classe N	Classe S
FINITURA SUPERFICIALE LAMIERE (UNI EN 10163-2)	Classe A/2	Classe B/3
FINITURA SUPERFICIALI PRODOTTI LUNGHI (UNI EN 10163-3)	Classe C/1	Classe D/ 3

Tabella 6.6.3.1.2.2

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 103 di 157

6.6.3.1.3 Strutture per ponti ferroviari

Limitatamente alle strutture principali per ponti ferroviari quali ad esempio travi principali, briglie, diagonali, travi trasversali, longherine, ecc, l'acciaio dovrà corrispondere alle qualità riportate nella medesima classe EXC3 e EXC4 con le seguenti prescrizioni:

- Per materiali di spessore superiore o uguali a 50 mm, la temperatura cui eseguire le prove di resilienza è di -50 C° . In tal caso le provette dovranno essere ricavate sia in corrispondenza della superficie di laminazione che a metà spessore. Si precisa che le FERROVIE si riservano di chiedere l'esecuzione di prove CTOD secondo la norma BS7910 per applicazioni particolari come ad esempio combinazioni tra spessori elevati, basse temperature di esercizio, elevate sollecitazioni, giunti particolarmente complessi, ecc. Il valore delta di apertura all'apice della cricca, da garantire alla temperatura minima di servizio, è pari a 0,2 mm.
- Per gli elementi interessati da saldatura sono previsti i seguenti limiti del C_{eq} (valore equivalente di carbonio) rilevato secondo l'espressione $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ dall'analisi chimica di colata del certificato di controllo:

	per $t \leq 40\text{ mm}$	per $t > 40\text{ mm}$ e per profili laminati
Acciaio S275	$C_{eq} \leq 0,38\%$	$C_{eq} \leq 0,40\%$
Acciaio S355	$C_{eq} \leq 0,43\%$	$C_{eq} \leq 0,45\%$
Acciaio S355 W	$C_{eq} \leq 0,49\%$	$C_{eq} \leq 0,50\%$
Acciaio S420	$C_{eq} \leq 0,46\%$	$C_{eq} \leq 0,48\%$
Acciaio S460	$C_{eq} \leq 0,51\%$	$C_{eq} \leq 0,52\%$

Tabella 6.6.3.1.3.1

Su tutti i materiali interessati dalla saldatura i contenuti di zolfo e silicio dovranno rispettare anche le seguenti limitazioni:

- S < 0,012% per lamiera di qualsiasi spessore
- Si < 0,35% per materiale in acciaio S275

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 104 di 157

- Si < 0,40% per tutti gli altri materiali .

Per le lamiere striate o bugnate del tavolato, da realizzarsi con spessore 5 mm + 2 mm di stria (bugna), è previsto l'impiego di materiale S235 JR UNI EN 10025 – 1 e 2 zincato a caldo secondo la norma UNI EN ISO 1461.

Per i tavolati realizzati in grigliato elettrosaldato è previsto l'impiego di grigliato alveolare zincato a caldo secondo UNI EN ISO 1461 con maglia 30 x 30 mm, piatto portante 30 x 3 mm e asta secondaria 20 x 3 mm, ovvero maglia 34 x 38, piatto portante 30 x 4 mm e asta secondaria in quadro ritorto, oppure d'altro tipo ma di caratteristiche equivalenti di peso e portata; quale materiale si impiegherà acciaio S235 JR UNI EN 10025 – 1 e 2.

Le chiavarde di ritegno dei legnami da ponte debbono essere del tipo a testa quadra con quadro sottotesta e devono essere conformi al disegno di FERROVIE n. 3313 del 2011 e alla “Specifica Tecnica di Fornitura per Chiavarde per Armamento Ferroviario (RFI TCAR SF AR 05 008A)”.

Le chiavarde devono essere realizzate con materiale avente classe di resistenza 5.6 secondo la norma ISO 898 parte 1, i dadi con materiale avente classe di resistenza 5 secondo la norma UNI EN ISO 20898 parte II.

6.6.3.2 Chiodi

I chiodi da ribadire a caldo dovranno essere ricavati da tondi laminati di materiale S275 JR UNI EN 10025 provvisti di marcatura CE. Le dimensioni del prodotto finito devono corrispondere ai valori indicati nella UNI 136 (chiodi a testa tonda stretta) e nella UNI 139 (chiodi a testa svasata piana).

6.6.3.3 Bulloni

Per le prescrizioni sui bulloni delle giunzioni di opere in classe di esecuzione EXC2 e delle giunzioni di elementi secondari di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si rimanda a quanto indicato nel DM 17.01.2018. Per le restanti giunzioni, valgono le prescrizioni riportate di seguito.

I bulloni dovranno essere unicamente del tipo “ad alta resistenza” ai sensi delle seguenti norme:

- viti secondo EN 14399-4
- dadi secondo EN 14399-4
- rondelle (rosette) secondo EN 14399-6
- piastrine secondo UNI 5715 -5716

La classe del bullone sarà selezionata in funzione del tipo di giunto da realizzare, ed in particolare:

per giunti con bulloni a taglio:

- Viti di classe 8.8
- Viti di classe 10.9
- Dadi di classe 8
- Dadi di classe 10

per giunti con bulloni ad attrito:

- Viti di classe 10.9
- Dadi di classe 10

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 105 di 157

Nel caso vengano utilizzati per i giunti a taglio bulloni della classe 10.9 gli stessi dovranno essere dimensionati come appartenenti alla classe 8.8.

Le tolleranze sulle dimensioni dei bulloni non dovranno essere superiori a quelle previste per la bulloneria di grado A UNI EN ISO 4759 parte 1 (h13, ovvero h11 se richiesto espressamente all'ordine, per diametro di gambo libero).

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche e meccaniche, si rimanda alle norme EN ISO 898-1 e 2.

In entrambe le tipologie di giunzione, rondelle e piastrine saranno in acciaio temprato e rinvenuto di durezza 300 – 370 HV.

Non è ammesso l'impiego di bulloni zincati nelle opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4.

Presentazione ed imballaggio

Viti, dadi e rondelle dovranno essere opportunamente contrassegnati come di seguito indicato:

- Indicazione del PRODUTTORE (marchio);
- Classe di resistenza;
- Sistema di assieme (HR e HV);
- Codice alfanumerico di identificazione che dovrà garantire la rintracciabilità del prodotto sulla base delle registrazioni di produzione e controllo.

Il contrassegno potrà essere eseguito per le viti sulla testa all'atto della ricalcatura, mentre per i dadi e le rondelle deve essere inciso su una delle facce di appoggio.

Tutta la bulloneria deve essere fornita in robusti contenitori di legno o metallo (sono da escludere contenitori di cartone) sigillati nelle modalità indicate dalla norma EN 14399-1 e protetti fino al loro impiego per non alterare le condizioni di lubrificazione che potrebbero modificare il valore del coefficiente K.

Su ogni contenitore deve essere apposto un cartellino sul quale dovranno essere riportati:

- Marcatura CE;
- Numero di identificazione dell'organismo di certificazione;
- La denominazione del fornitore;
- Normativa di riferimento;
- La classe di resistenza;
- Il sistema di assieme;
- K-class nonché il valore in Nm della coppia di serraggio ovvero coppia + rotazione;
- Il numero distintivo del lotto di appartenenza;
- Il numero dei pezzi contenuti e le loro dimensioni;
- Gli estremi dell'ordinazione.

Nell'ambito della stessa opera i valori di K (K1 o K2) dovranno essere tali che la coppia o la coppia più rotazione sia la stessa per ciascun diametro. Questo per evidenti necessità di montaggio e manutenzione.

Prima del ciclo di verniciatura le parti esterne dei bulloni dovranno essere spazzolati e sgrassati con opportuni

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 106 di 157

solventi compatibili con il tipo di acciaio utilizzato e con il tipo di pittura che dovrà impiegarsi.

6.6.3.4 Connettori

Dovranno utilizzarsi solamente prodotti provvisti di marcatura CE e delle tipologie di seguito descritte.

Connettori a piolo

L'acciaio deve essere idoneo al processo di formazione dei connettori e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale al quale verranno collegati; esso dovrà avere le seguenti caratteristiche meccaniche risultanti sul prodotto secondo EN ISO 13918 – UNI EN 10025 qualità S235 J2 G3 + C 450 o similari (ST 37 – 3K DIN 50049):

- $f_u/f_y \geq 1,2$
- $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$
- $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento: $\geq 12\%$
- Strizione: $\geq 50\%$
- Composizione chimica $C \leq 0,18$, $Mn \leq 0,9$, $S \leq 0,04$, $P \leq 0,05$.

Connettori realizzati da profili, lamiera ecc.

L'Acciaio deve essere equivalente a quello impiegato per la realizzazione dell'elemento strutturale a cui i connettori stessi sono saldati.

6.6.4 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Su tutti i materiali da impiegare l'ESECUTORE dovrà effettuare, a sua cura e spesa, presso Laboratori Ufficiali o autorizzati, di cui all'art. 59 del DPR 380/2001, le prove di seguito specificate. Le prove saranno eseguite alla presenza di un rappresentante delle FERROVIE.

6.6.4.1 Profilati e lamiera

Saranno effettuate prove meccaniche e chimiche su tre campioni per unità di controllo secondo lo schema seguente:

CLASSE DI ESECUZIONE	UNITA' DI CONTROLLO
EXC2	Ogni 90 tonnellate o frazione
EXC3	Ogni 40 tonnellate o frazione per ponti e viadotti ferroviari Ogni 60 tonnellate o frazione per le altre opere
EXC4	Ogni 40 tonnellate o frazione

Tabella 6.6.4.1.1

Ai fini della definizione dell'unità di controllo si precisa quanto segue:

- per appartenere alla stessa unità di controllo il materiale deve essere della stessa colata e aver subito lo stesso ciclo di lavorazione e lo stesso trattamento termico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 107 di 157

- Ogni unità di controllo può raggruppare solamente materiali aventi spessore che non differiscano fra loro più di 4 mm (per profilati a C, a T e a doppio T si fa riferimento allo spessore delle ali).

Se il numero degli elementi (travi, profili, lamiere ecc.) è minore o uguale a tre unità, si potrà prelevare un solo campione.

Nel caso di lamiere ricavate dalla stessa unità laminata, è consentito il prelievo di un unico campione anche se il numero degli elementi è maggiore di tre.

Su ciascun campione verranno ricavati i seguenti provini:

- n. 1 provino per la prova di trazione;
- n. 3 provini per la prova di resilienza;
- n. 3 provini per la strizione (ove specificato).

Inoltre su uno solo dei tre campioni prelevati verrà eseguita l'analisi chimica.

Su tutti i materiali impiegati dovrà inoltre eseguirsi il controllo delle condizioni superficiali e delle caratteristiche dimensionali nel rispetto delle UNI EN di riferimento, verificando altresì per ciascuna classe di esecuzione le caratteristiche di fornitura indicate nelle tabelle 6.6.3.1.2.1 e 6.6.3.1.2.2.

Tale controllo, da effettuare anch'esso alla presenza di un rappresentante delle FERROVIE, può essere eseguito, oltre che presso l'officina dell'ESECUTORE, anche presso il PRODUTTORE, sempre che siano disponibili aree e mezzi adeguati.

6.6.4.2 Chiodi

Limitatamente alle opere appartenenti alla classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si dovranno eseguire, per ciascuna colata, le prove di seguito specificate su una serie di campioni prelevati dal lotto di chiodi approvvigionati.

Esame	Metodo di prova	Criterio di accettabilità
Controllo visivo e dimensionale	Visivo e strumentale	UNI 136 e UNI 139
Controllo superficiale mediante decapaggio	Immersione in acido (par.6.4.1 UNI 7356-74)	Assenza di cricche dopo asportazione con lima
Prova di trazione	UNI EN 10025	UNI EN 10025
Prova di schiacciamento	(par. 6.2.2 UNI 7356-74)	Nessuna cricca o lesione
Composizione chimica	Quantometrica	UNI EN 10025

Tabella 6.6.4.2.1 - Programma delle prove, modalità di esecuzione e criteri di accettabilità dei chiodi stampati

Il controllo visivo e dimensionale dovrà essere eseguito su almeno il 5% dei chiodi approvvigionati.

Qualora la lunghezza dei chiodi non consenta di ricavare i provini per la prova di trazione dovranno eseguirsi in alternativa prove di durezza per una stima della resistenza.

Per lotti di chiodi della stessa colata, di quantità inferiori a 100 pezzi, e per le opere in classe di esecuzione EXC2, le FERROVIE si riservano la facoltà di accettare il certificato 3.1 secondo UNI EN 10204, richiedendo a propria discrezione prove di durezza integrative.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 108 di 157

6.6.4.3 Bulloni

Per le opere appartenenti alle classi di esecuzione EXC3 e EXC4 si dovranno eseguire, per ciascuna colata, le prove di seguito specificate su due serie di campioni prelevati dal lotto di bulloni approvvigionati.

Per i lotti di bulloni, della stessa colata, di quantità inferiori a 100 pezzi, le FERROVIE si riservano la facoltà di accettare il certificato 3.1 secondo EN 10204, richiedendo a propria discrezione solamente prove di durezza.

Per le prove sui bulloni destinati a opere appartenenti alla classe di esecuzione EXC2 si farà riferimento a quanto prescritto dalla normativa tecnica nazionale vigente, fermo restando l'obbligo della certificazione 3.1 ai sensi della citata norma.

Le prove, da eseguirsi ai sensi delle norme UNI richiamate nel paragrafo 6.6.3.3, sono le seguenti:

Viti:

- prova di trazione su provetta (quando la lunghezza lo consente)
- prova di trazione su appoggio a cuneo
- prova di durezza
- prova di tenacità della testa
- prova di resilienza
- controllo della decarburazione
- prova di secondo rinvenimento
- analisi chimica
- controllo dimensionale ed esterno
- controllo coefficiente k

Dadi:

- prova di durezza
- carico di prova
- analisi chimica.
- esame dei difetti superficiali

Rondelle:

- prova di durezza

Qualora l'esito dei controlli non fosse positivo, i contenitori dei bulloni scartati dovranno essere opportunamente contrassegnati e tenuti a disposizione delle FERROVIE fino al termine dei lavori, salvo autorizzazione in contrario, da richiedere specificatamente per iscritto.

Le unità di prodotto trovate difettose al montaggio, o nei successivi controlli, benché facenti parte di un lotto accettato, dovranno essere completamente sostituite.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 109 di 157

6.6.4.4 Chiavarde

Il controllo visivo e dimensionale dovrà essere eseguito su almeno il 5% delle chiavarde approvvigionate e dovrà accertare il rispetto delle dimensioni indicate nel disegno FERROVIE n° 3313 del 2011.

6.6.4.5 Connettori

Per ciascuna colata dovranno eseguirsi, su campioni prelevati dal lotto di connettori approvvigionati, tre prove di trazione e un'analisi chimica facendo riferimento ai valori e alle norme riportati nel paragrafo 6.6.3.4.

6.6.4.6 Apparecchi d'appoggio, coprigiunti, pendini

Per quanto riguarda gli apparecchi d'appoggio, i coprigiunti, i pendini e le relative articolazioni, anche di cavalcavia stradali, si rimanda a quanto indicato nella Sezione 12 di questo Capitolato.

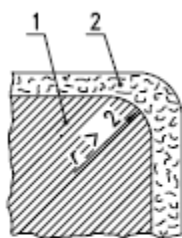
6.6.5 LAVORAZIONI D'OFFICINA E PRESCRIZIONI

6.6.5.1 Generalità

Gli elementi della struttura debbono essere prodotti rispettando le indicazioni progettuali e le tolleranze nel seguito indicate.

Le attrezzature impiegate nel processo di produzione debbono essere mantenute efficienti e operative al fine di garantire che l'usura e il danneggiamento non pregiudichi la qualità del processo di produzione.

Nel caso di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4, laddove sia previsto un qualsiasi tipo di trattamento superficiale per la protezione dalla corrosione, gli spigoli degli elementi dovranno essere arrotondati come indicato nella figura 6.6.5.1-1, che prevede un raggio di arrotondamento minimo maggiore di 2 mm.



Spigolo arrotondato
Buono

Figura 6.6.5.1-1

6.6.5.2 Tagli

Per il taglio degli elementi potranno essere impiegati i seguenti procedimenti:

- fiamma ossiacetilenica,
- plasma,
- laser,
- dispositivo meccanico (sega, cesoia, etc...).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 110 di 157

Per le strutture in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 è vietato l'uso della cesoia.

Gli elementi principali (es. piattabande, anime, coprigiunti ecc.) dovranno essere ricavati in maniera tale che il senso di laminazione delle lamiere coincida con il senso dello sforzo predominante nei pezzi stessi.

La superficie dei tagli dovrà essere convenientemente rifinita mediante molatura in modo da eliminare difetti locali, sbavature e irregolarità. Si rimanda in proposito a quanto indicato nel prospetto 9 della EN 1090 facendo presente che per i materiali destinati ai ponti e viadotti ferroviari appartenenti alla classe di esecuzione EXC3 dovranno utilizzarsi i requisiti specificati in detta norma per la classe di esecuzione EXC4.

Particolare cura dovrà essere posta nell'evitare aperture o tagli ad angolo vivo. Le aperture o tagli realizzati con una qualsiasi metodologia dovranno avere angoli ben raccordati; in alternativa e subordinatamente all'autorizzazione preventiva da parte delle FERROVIE, i suddetti raccordi potranno essere sostituiti da fori eseguiti con trapano al vertice degli angoli.

6.6.5.3 Assemblaggio dei pezzi

E' vietato l'uso di puntature per l'assemblaggio dei pezzi in officina e nella fase di premontaggio parziale o totale fatto salvo quando necessarie per l'assiemaggio dei pezzi da saldare.

Nei pezzi da incurvare, l'incurvatura dovrà essere eseguita a caldo (rosso vivo) lasciando poi raffreddare i pezzi lentamente. Si precisa che è proibito continuare a incurvare un pezzo quando esso non abbia più colore rosso.

Nel caso di accoppiamento di piatti e larghi-piatti (ovvero le strisce ricavate da lamiere) per la formazione di strutture composte (come ad esempio le travi a T), essi dovranno essere rifiniti convenientemente con opportune lavorazioni in modo da rispettare le quote previste dai disegni e le tolleranze prescritte.

Nei nodi principali delle strutture, realizzati attraverso giunzione flangiata, dovrà essere prevista adeguata lavorazione meccanica al fine di garantire una perfetta planarità delle superfici accoppiate, con una tolleranza pari a $\pm 0,5$ mm.

6.6.5.4 Forature ed alesature

Di regola, per accoppiamenti a taglio di precisione o ad attrito con tolleranze ridotte (laddove tale requisito è previsto da progetto), i fori dovranno realizzarsi a diametro convenientemente ridotto, almeno 2 mm, e successivamente alesati a diametro definitivo dopo che la struttura sarà stata completamente premontata con l'ausilio di idonei bulloni e spine di montaggio. A valle dell'alesatura a diametro, le forature dovranno essere sottoposte al controllo delle FERROVIE.

Per tutti gli altri accoppiamenti è possibile forare a diametro definitivo.

Per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4 tutte le forature dovranno essere eseguite al trapano o carotatrice, restando escluso l'uso del punzone.

6.6.5.5 Controllo dimensionale dei singoli pezzi

Le FERROVIE si riservano la facoltà di verificare che le dimensioni dei singoli pezzi siano corrispondenti a quelle di progetto, tenuto conto delle tolleranze riportate nell'allegato D della norma UNI EN 1090. Per le tolleranze dimensionali sui profili composti saldati si rimanda al par. 6.6.7.18.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 111 di 157

6.6.6 BULLONATURE

6.6.6.1 Generalità

Per le prescrizioni sui bulloni delle giunzioni di opere in classe di esecuzione EXC2 e delle giunzioni di elementi secondari di opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 si rimanda a quanto indicato nel DM 17.01.2018. Per le restanti giunzioni, valgono le prescrizioni riportate di seguito.

Le giunzioni bullonate sono da prevedersi mediante l'impiego dei seguenti procedimenti:

- bulloni a taglio con accoppiamento di precisione, con gioco foro-bullone, comprensivo delle rispettive tolleranze, non superiore a 0,3 mm per $\varnothing \leq 20$ mm e non superiore a 0,5 mm per $\varnothing > 20$ mm.
- bulloni ad attrito, con coefficiente d'attrito pari a 0.3 (con superfici delle giunzioni sabbiato al metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni) con gioco foro bullone non superiore a 1 mm per $\varnothing \leq 20$ mm e non superiore a 1,5 mm per $\varnothing > 20$ mm.

Nei bulloni a taglio, in considerazione delle tolleranze ristrette di accoppiamento, si dovranno scegliere opportunamente le tolleranze dimensionali sul diametro della vite.

Per quanto riguarda le giunzioni di elementi secondari ad esempio i parapetti, si prevedono giunti con bulloni a taglio di caratteristiche correnti, come riportato nel paragrafo 4.2.8.1.1 del DM 17.01.2018.

Su una stessa struttura potranno essere adottati bulloni di tipologie diverse, a taglio o ad attrito, purché gli stessi siano identificabili a vista ed inoltre siano chiaramente indicate nei disegni di progetto e d'officina le diverse lavorazioni imposte per i fori e le relative tolleranze massime.

I bulloni con asse verticale dovranno essere montati in opera con la testa verso l'alto e con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) ed una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado).

I dadi debbono essere assemblati in modo tale da rendere visibile la marcatura per il controllo dopo il montaggio.

Per la stessa parte d'opera, i valori di K e della coppia di serraggio dovranno essere univoci per ciascun diametro e per tipologia di accoppiamento (attrito o taglio).

Dovrà essere posizionata in punti facilmente accessibili, idonea tabella in inox contenente l'indicazione del coefficiente K e del valore della coppia di serraggio nonché l'eventuale dispositivo anti svitamento adottato. Nel caso dei ponti ferroviari la targhetta andrà posta in corrispondenza di una delle testate.

Sono ammessi bulloni con diametro 12 – 14 – 16 – 18 – 20 – 22 – 24 – 27 mm.

Non sono ammessi disassamenti dei fori che non consentano il passaggio del bullone previsto. In nessun caso sono ammesse ovalizzazioni dei fori ed in caso si dovrà procedere ad alesatura a diametro superiore con adeguata sostituzione dei bulloni interessati.

Per quanto riguarda l'ortogonalità tra asse del bullone e superficie bullonata, è consentito uno scostamento $\leq 1^\circ$.

6.6.6.2 Giunzioni con bulloni a taglio

La lunghezza delle viti dovrà essere calcolata in modo che non più di mezza spira ricada all'interno del pacchetto da serrare. Qualora resti compreso nel foro un tratto filettato se ne dovrà tenere adeguato conto nelle verifiche di resistenza.

Tutti i bulloni dovranno essere adeguatamente serrati ed in particolare:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 112 di 157

- bulloni soggetti anche a carico assiale: serraggio al 100% del valore che garantisce i precarichi indicati nella tabella seguente;
- bulloni soggetti unicamente a taglio: è ammessa una riduzione del serraggio all'80% del valore che garantisce i precarichi riportati nella tabella seguente, purché si indichi nel contempo l'adeguato provvedimento contro l'auto svitamento del bullone approvato dalle FERROVIE.

Ø (mm)	Ares (mm ²)	NS (kN) Classe 8.8	NS (kN) Classe 10.9
12	84	38	47
14	115	52	64
16	157	70	88
18	192	86	108
20	245	110	137
22	303	136	170
24	353	158	198
27	459	206	257
30	561	251	314
Ns = Precarico			

Tabella 6.6.6.2.1 tabella di riferimento per il serraggio dei bulloni a taglio

Per quanto riguarda le attrezzature e le procedure di serraggio si richiama quanto riportato per le giunzioni ad attrito nel successivo paragrafo 6.6.6.4.

6.6.6.3 Giunzioni con bulloni ad attrito

Le superfici sabbiare a metallo bianco SA 2 e 1/2 dovranno essere protette con pellicole o altri mezzi che preservino la pulizia delle superfici fino al momento dell'accoppiamento in cantiere. In alternativa, previa autorizzazione delle FERROVIE, potranno essere utilizzati idonei prodotti (zincanti inorganici, etc.) da applicare in officina per i quali sia stata prodotta idonea documentazione comprovante il coefficiente di attrito previsto in progetto.

Tutti i bulloni dovranno essere accuratamente serrati al 100% del valore tabellare previsto dal DM 17.01.2018 al paragrafo 4.2.8. e dalla circolare applicativa al DM 2008.

6.6.6.4 Modalità di serraggio

Prima di procedere all'assemblaggio di un giunto occorre rimuovere bave, impurità e accumuli di rivestimento che potrebbero causare depositi solidi.

Il giunto deve essere predisposto nella disposizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine", in grado di impedire spostamenti relativi tra i pezzi da unire e consentire l'adeguata corrispondenza dei fori.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 113 di 157

Il serraggio deve essere eseguito mediante rotazione del dado eccetto quando non è possibile accedere dalla parte ove lo stesso è ubicato. Quando il serraggio avviene mediante la rotazione della vite, debbono essere eseguite apposite prove di taratura come indicato al par. 8.5.1 della EN 1090-2.

Il serraggio deve essere eseguito progressivamente dalla parte più rigida della giunzione alla parte meno rigida tenendo conto che per raggiungere l'uniformità del precarico potrebbero essere necessari più cicli di serraggio.

Sono previsti i seguenti metodi di serraggio:

- serraggio con il metodo della coppia;
- serraggio con il metodo combinato.

Le chiavi torsionometriche utilizzate in ogni fase del serraggio con il metodo della coppia, debbono avere un'accuratezza pari a $\pm 4\%$ in accordo con la norma EN ISO 6789. Per ogni chiave deve essere verificata l'accuratezza con frequenza almeno settimanale e, in caso di chiavi pneumatiche, ogni volta che varia la lunghezza della vite. Per chiavi torsionometriche utilizzate nella prima fase di serraggio con metodo combinato, si richiede un'accuratezza di $\pm 10\%$ e un controllo con periodicità annuale;

Il controllo della chiave deve essere effettuato anche a seguito di un incidente accaduto durante l'uso (ad es. caduta della chiave, sovraccarico, ecc.) che possa comprometterne l'idoneità.

Se un assieme è stato serrato con il precarico richiesto e successivamente per qualsiasi motivo viene allentato, questo dovrà essere di regola rimosso e l'intero assieme (vite-dado-rondelle) sostituito. In fase di approvvigionamento dei bulloni, l'ESECUTORE dovrà prevedere un'adeguata scorta di bulloni, sufficienti per le prove di serraggio.

6.6.6.4.1 Serraggio con il metodo della coppia

La coppia di serraggio deve essere applicata in continuo e in modo uniforme.

Il processo di serraggio per ogni bullone generalmente comprende almeno due fasi:

- una prima fase consiste nel serrare l'assieme fino al raggiungimento del 75% circa del valore della coppia richiesta. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assieme prima di proseguire alla fase successiva;
- una seconda fase di raggiungimento del 100% del valore di coppia richiesta.

6.6.6.4.2 Serraggio con il metodo combinato

Il serraggio con il metodo combinato comprende due fasi:

- una fase di serraggio iniziale, che consiste nel serrare l'assieme fino al raggiungimento del 75% del valore della coppia richiesta, salvo più precise indicazioni fornite dal PRODUTTORE dei bulloni. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assieme prima di proseguire alla fase successiva;
- una seconda fase di serraggio finale in cui viene messo in rotazione il componente dell'assieme che deve ruotare nella misura indicata dal PRODUTTORE. La posizione relativa del dado rispetto alla filettatura della vite deve essere contrassegnata con un pennarello indelebile al termine della prima fase, in modo tale che possa essere facilmente determinata la rotazione finale del dado rispetto al filetto della vite.

6.6.6.5 Controllo del serraggio

Tutti i collegamenti effettuati con bulloni precaricati debbono essere sottoposti a controllo visivo dopo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 114 di 157

accostamento iniziale sulla struttura abbinata e prima della fase di precarico.

Il controllo dei bulloni montati con i relativi metodi di installazione deve essere effettuato in funzione del metodo di serraggio utilizzato.

La scelta della giunzione su cui eseguire i controlli deve essere casuale assicurandosi che i campioni da controllare siano rappresentativi di: tipologia del collegamento, gruppo di collegamento di viti, lotto di viti, tipologia e dimensioni, attrezzature utilizzate.

La fase di pre-serraggio deve essere verificata attraverso controlli visivi della giunzione per assicurare che le stesse siano a “pacco”.

Il controllo finale del serraggio prevede la verifica degli stessi assiemi per verificare l'assenza di condizioni di sotto serraggio e di sovra serraggio.

Il controllo deve essere eseguito con chiave dinamometrica, o con altro idoneo dispositivo, che garantisca una precisione di $\pm 4\%$. Tale controllo dovrà essere eseguito su almeno il 20% dei bulloni, scelti in modo da interessare tutta l'estensione del giunto in esame. Se anche un solo bullone non rispondesse alle prescrizioni di serraggio, il controllo deve essere esteso al 100% del giunto.

6.6.6.5.1 Controllo dei bulloni serrati con il metodo della coppia

Per il controllo del serraggio si procederà nel modo seguente:

- Marcatura di dado, vite e lamiera per identificarne la posizione relativa;
- Allentamento del dado con una rotazione almeno pari a 60° prestando attenzione che non ruoti la vite nel qual caso occorre tenere ferma la testa dalla parte opposta;
- Serraggio del dado con la coppia prescritta e controllo del ritorno alla posizione originaria.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $> -15^\circ$ il bullone risulta sovra serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere sottoposti a prova e nel caso sostituiti.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $> +15^\circ$ il bullone risulta sotto serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere riportati al corretto serraggio.

6.6.6.5.2 Controllo dei bulloni serrati con il metodo combinato

Per il controllo della fase di serraggio iniziale si procederà nello stesso modo descritto nel paragrafo precedente.

Nel caso in cui la rotazione tra vite e dado dovesse risultare $> -15^\circ$ il bullone risulta sovra serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere sottoposti a prova e l'angolo rilevato dovrà essere sottratto dall'angolo di rotazione prestabilito per la seconda fase di serraggio.

Nel caso in cui l'angolo di rotazione tra vite e dado dovesse risultare $> +15^\circ$ il bullone risulta sotto serrato. Tutti i bulloni del giunto dovranno essere riportati al corretto serraggio.

Prima dell'inizio della seconda fase di montaggio, bisogna verificare la presenza di tutti i contrassegni sul dado e sulle viti. Eventuali contrassegni mancanti debbono essere ripristinati.

Al termine della seconda fase di montaggio, i contrassegni devono essere verificati come segue:

- nel caso in cui l'angolo di rotazione è inferiore di più di 15° dell'angolo prestabilito, l'angolo deve essere corretto (sotto serraggio).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 115 di 157

- nel caso in cui l'angolo di rotazione è superiore di 30° oltre l'angolo prestabilito, l'assieme deve essere smontato e sostituito con un assieme nuovo.

6.6.7 SALDATURE

6.6.7.1 Oneri dell'esecutore

Prima dell'inizio delle attività di fabbricazione, nel caso siano previste giunzioni saldate, L'ESECUTORE deve provvedere ad emettere il "quaderno delle saldature" all'interno del quale saranno contenute tutte le informazioni relative alle attività di saldatura quali:

- le procedure di saldatura WPS (Specifiche di procedura di saldatura) utilizzate da saldatori e operatori,
- le WPAR (Verbale di qualificazione di procedura di saldatura) che supportano e validano le WPS;
- il tipo di saldatura con i relativi dettagli;
- la rintracciabilità delle qualifiche di procedimento;
- le certificazioni dei saldatori.

Inoltre al documento saranno allegate tutte le procedure di lavoro correlate al processo di saldatura (il tipo e l'estensione dei controlli, il grado di accettabilità, le macchine e/o gli impianti da utilizzare, i trattamenti termici, le sequenze di montaggio etc.).

Indicazioni puntuali sui vari punti citati sono riportate nel seguito della presente sezione di Capitolato.

Per l'approvazione del quaderno delle saldature e per lo svolgimento dei controlli l'ESECUTORE incaricherà un Ente di controllo, a sua cura e spese, che dovrà possedere i seguenti requisiti:

- costituire parte sicuramente indipendente per forma;
- avere svolto incarichi per conto delle FERROVIE nell'ambito di quanto previsto dalla presente specifica;
- possedere un proprio laboratorio accreditato ACCREDIA secondo UNI EN ISO / IEC 17025: 2005, riconosciuto dal Ministero dei LL.PP.;
- avere un settore specificatamente dedicato alle attività di controllo non distruttivo delle strutture metalliche con un sistema di Gestione della qualità conforme alla UNI EN ISO 9001 ed avere in organico personale certificato di livello 3 e di livello 2 secondo UNI EN ISO 9712.
- avere in organico proprio personale con i requisiti di "Coordinatori di saldatura" secondo quanto indicato nella norma UNI EN ISO 14731:2007 certificato al livello CIWE (Certified International Welding Engineer e CIWT (Certified International Welding Technologist) con almeno 7 anni di esperienza (15 per il Responsabile) nella fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere in organico proprio personale con la qualifica di ispettori della saldatura certificati come CIWI-C (Certified International Welding Inspector – Comprehensive Level) e CIWI-S (Certified International Welding Inspector – Standard Level) con almeno 10 anni di esperienza nella fabbricazione e controllo delle strutture metalliche;
- avere ottenuto, per l'opera soggetta a controllo, l'autorizzazione, da parte della struttura emettente il presente documento, ad eseguire i controlli richiesti dalla presente sezione di Capitolato;

Laddove necessario, le FERROVIE si riservano la facoltà di eseguire, con proprio personale qualificato, i compiti attribuiti all'Ente designato.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 116 di 157

6.6.7.2 Tipologie di saldatura

Per l'unione mediante saldatura degli elementi strutturali possono essere previste le seguenti tipologie di giunto:

- giunto testa a testa a piena penetrazione;
- giunti a T a piena penetrazione;
- giunti a T a parziale penetrazione (con smusso pari ad almeno 1/3 dello spessore minimo impiegato e lato del cordone al piede $\geq \frac{1}{2}$ del medesimo spessore
- giunti a T a cordoni d'angolo;
- giunti a sovrapposizione con cordoni d'angolo.

6.6.7.3 Procedimenti di saldatura applicabili

I procedimenti di saldatura applicabili negli ambiti della presente sezione di Capitolato sono:

- manuale con elettrodi rivestiti;
- automatico ad arco sommerso;
- semiautomatico ed automatico a filo continuo animato e con anima metallica con protezione di gas;
- semiautomatico a filo continuo pieno con protezione di gas (solamente per la saldatura degli elementi secondari, nel caso di cavalcaferrovia, e per i parapetti e gli elementi del tavolato nel caso di ponti ferroviari);
- manuale, semiautomatico o automatico per la saldatura dei connettori;

In generale, saranno da preferirsi procedimenti di saldatura di tipo automatico per le maggiori garanzie offerte nei riguardi della costanza della qualità.

Altri procedimenti potranno essere autorizzati in casi particolari, previa specifiche prove di qualifica, definizione dei controlli non distruttivi ed approvazione da parte delle FERROVIE.

A tal fine l'ESECUTORE deve presentare precise proposte tecniche relative alle modalità di qualifica e di controllo per il caso particolare considerato.

6.6.7.4 Specifiche di procedura di saldatura

Le specifiche di procedura di saldatura (WPS) saranno elaborate a cura dell'ESECUTORE per ogni giunto da eseguire in produzione. Le modalità di elaborazione delle procedure di saldatura saranno conformi alle indicazioni della Norma UNI EN ISO 15607 e della Norma UNI EN ISO 15609-1.

Tutte le procedure di saldatura dovranno risultare qualificate fatta eccezione per il procedimento di saldatura manuale con elettrodi rivestiti su acciai di classe di resistenza fino a 510 N/mm². L'ESECUTORE indicherà sui disegni costruttivi o su altro documento i riferimenti alle procedure di saldatura (WPS) e alle preparazioni dei lembi che intende utilizzare per la realizzazione dei giunti saldati.

6.6.7.5 Prescrizioni sui materiali d'apporto

Dovranno essere utilizzati materiali di apporto che garantiscano un deposito di caratteristiche meccaniche per quanto possibile simili a quelle del materiale base. In particolare, nel caso di impiego di materiale base tipo S355 o di carico di snervamento superiore, il valore minimo della tensione di snervamento del materiale di

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 117 di 157

apporto non dovrà risultare maggiore di 100 N/mm² del corrispondente valore minimo del materiale base; nel caso di impiego di materiale base tipo S275 tale differenza non dovrà superare i 150 N/mm².

La tenacità del materiale base e del giunto saldato dovrà essere valutata mediante lo stesso tipo di prova tecnologica. Il valore della tenacità della zona fusa e della zona termicamente alterata del giunto saldato ad una temperatura stabilita dovrà risultare almeno pari a quella minima tabellare del materiale base.

In generale, la composizione chimica del deposito dovrà essere per quanto possibile simile a quella del materiale base.

Sugli acciai aventi caratteristiche di resistenza migliorata alla corrosione atmosferica dovranno essere usati materiali di apporto con caratteristiche migliorate di resistenza alla corrosione atmosferica, non inferiori a quelle del materiale base. Le FERROVIE si riservano di effettuare prelievi di materiale d'apporto per verificare la composizione chimica.

6.6.7.6 Procedimento manuale ad arco con elettrodi rivestiti

Per gli acciai di tipo S275 e S355 dovranno essere rispettivamente impiegati elettrodi basici della serie E44 ed E52 di classe di qualità 4, secondo UNI EN ISO 2560, con tenore di idrogeno non superiore ad H5.

Tali elettrodi dovranno risultare contrassegnati con il simbolo secondo UNI EN ISO 2560:2010 e UNI EN ISO 18275:2012 che assicuri un valore di resilienza Kv garantito almeno alla temperatura minima di prova del materiale base.

L'ESECUTORE è tenuto ad indicare la denominazione commerciale degli elettrodi che intende adottare sulle procedure di saldatura.

6.6.7.7 Procedimento di saldatura automatica ad arco sommerso

Il procedimento automatico ad arco sommerso potrà essere utilizzato nella versione con una testa saldante con un filo singolo o con due fili (twin arc) o con più teste saldanti, nelle versioni a testa singola o a teste contrapposte. Saranno impiegati fili e flussi classificati secondo UNI EN ISO 14174.

Le procedure di saldatura dei giunti da realizzare con il procedimento ad arco sommerso dovranno contemplare, oltre alle caratteristiche generali come per gli altri procedimenti, anche quanto necessario ad identificare l'impianto, il numero e la disposizione dei fili per saldatura e la collocazione delle teste saldanti rispetto al giunto.

6.6.7.8 Procedimento di saldatura con filo animato con protezione di gas

Di regola è richiesto l'uso di fili animati basici o ad anima metallica per la saldatura in posizioni piano e piano - frontale; negli altri casi è possibile usare fili rutilici.

E' richiesto l'uso di fili animati con tenore di idrogeno diffusibile su deposito minore di 5ml/100g (secondo ISO 3690). In ogni caso, potrà essere richiesta dalle FERROVIE una verifica sul materiale impiegato in officina.

Il gas di protezione dovrà essere una miscela del tipo M1 o M2 secondo ISO 14175 con punto di rugiada non inferiore a -40°C. Potrà essere ammesso l'uso di CO₂ puro se consigliato dal PRODUTTORE del materiale d'apporto.

6.6.7.9 Procedimento di saldatura dei connettori

I pioli dovranno essere saldati alle piattabande con procedimento automatico per piolatura, utilizzando esclusivamente la metodologia di saldatura con capsula disossidante all'estremità del piolo e ferula ceramica e

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 118 di 157

innesco a sollevamento.

In caso di necessità di ripristino della saldatura automatica dei pioli, tale operazione dovrà essere eseguita con procedimento manuale con elettrodi a rivestimento basico, previo esito favorevole di una prova preliminare su un campione atto a simulare le difficoltà operative, costituito da tre pioli per ogni diametro interessato dalla riparazione, su cui saranno eseguite sezioni macrografiche (su ogni piolo) per la verifica della fusione del vertice del piolo. Il saggio dovrà essere eseguito da ciascun saldatore impiegato.

Per altre tipologie di connettori potranno essere usati i procedimenti: semiautomatico a filo continuo animato o ad anima metallica con protezione di gas e manuale con elettrodo rivestito.

La superficie della piattabanda in corrispondenza della zona di saldatura dei connettori dovrà risultare pulita come qualunque altro lembo di saldatura.

E' ammessa la saldatura di pioli su altri pioli, previa qualifica del processo di saldatura, limitatamente ai cavalcaferrovia.

6.6.7.10 Qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura

Le specifiche di procedura della saldatura dovranno essere qualificate e certificate in accordo ai requisiti della Normativa UNI EN ISO 15614-1:2012.

Nel caso sia richiesta anche l'esecuzione di talloni di "pre-produzione", per giunti particolari per i quali le prove standard non sono ritenute esaustive, la qualificazione dovrà essere completata con prove condotte secondo UNI EN ISO 15613.

La certificazione delle procedure di saldatura dovrà essere rilasciata da un Ente di Certificazione dotato di accreditamento ACCREDIA secondo ISO 17065 che sostituisce la EN 45011. Le FERROVIE si riservano comunque la facoltà di eseguire ulteriori prove.

Per quanto attiene alle modalità di qualifica del procedimento di piolatura, valgono in toto le prescrizioni della norma UNI EN ISO 14555.

Per la qualificazione delle specifiche di procedura di saldatura da utilizzare per le opere in classe di esecuzione EXC2 vale quanto indicato nella norma UNI EN 1090-2. Per quelle utilizzate per le opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 valgono le ulteriori prescrizioni di seguito indicate.

Apporto termico

Le saldature saranno eseguite impiegando un apporto termico specifico (HI), valutato con la formula:

$$HI = k \cdot I \cdot V / v \text{ (kJ/mm)}$$

dove :

- I = corrente di saldatura (A),
- V = tensione di saldatura (V),
- v = velocità di traslazione della sorgente termica (mm/min)
- k= fattore di correzione apporto termico in funzione del processo di saldatura (ved. UNI EN 1011 parte1) pari a 1 per l'arco sommerso e a 0,8 per elettrodo rivestito e filo continuo con protezione di gas.

Di regola l'apporto termico massimo sarà 2.8 kJ/mm mentre quello minimo non dovrà risultare inferiore a 0.8 kJ/mm.

Durante la produzione non devono ottenersi apporti termici che si discostino più del 15% dal valore misurato

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 119 di 157

durante l'esecuzione dei saggi per la qualifica dei procedimenti di saldatura.

Durezze

I valori di durezza per l'acciaio S275 non devono risultare superiori a 270 HV30 mentre per i rimanenti acciai non superiori a 350 HV30. Le durezze saranno misurate in zona fusa, in zona termicamente alterata e sul materiale base.

Temperature di preriscaldamento e interpass

L'applicazione del preriscaldamento su un giunto saldato prima della sua esecuzione ed il mantenimento in temperatura durante la saldatura sono alcuni dei fattori che determinano il ciclo termico di saldatura, insieme allo spessore di tutti gli elementi strutturali che costituiscono il giunto saldato (spessore combinato della sottostante figura) ed all'apporto termico specifico.

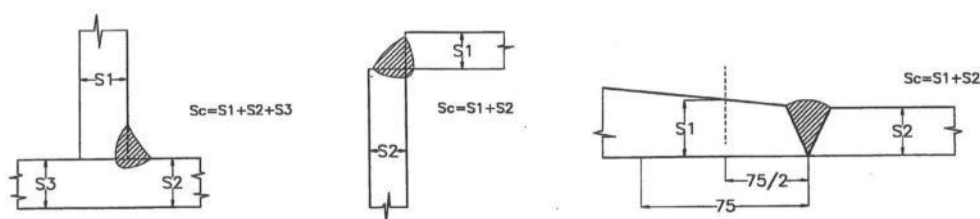


Figura 6B.9.10-1

A sua volta il ciclo termico produce strutture metallurgiche diverse nella zona fusa e nella zona termicamente alterata di un giunto in funzione della composizione chimica dei materiali base e di apporto. Un utile indice dell'influenza di tale composizione è il carbonio equivalente (CEQ) valutato con la formula indicata al par. 6.6.3.1.

Nella tabella seguente sono riportati, a titolo indicativo, i valori delle temperature minime di preriscaldamento (T_{pr}) e massime di interpass (T_i), in funzione del valore di CEQ per un determinato materiale base, del valore minimo di apporto termico (HI) previsto nella procedura di saldatura approvata per un giunto saldato e dello spessore combinato del giunto (Sc) (vedere UNI EN 1011-2). L'adeguatezza di tali indicazioni dovrà essere verificata in sede di qualificazione dei procedimenti di saldatura e su talloni di pre-produzione o di produzione, con riferimento ai valori massimi della durezza indicati dalla procedura di certificazione. Pertanto, i preriscaldi stabiliti possono essere anche variati, purché venga garantito il rispetto dei limiti di durezza. Le variazioni devono essere concordate preventivamente in fase di qualifica del procedimento.

	HI (eletttr./filo an.)	$Sc \leq 30$ (mm)	$30 < Sc < 50$ (mm)	$50 \leq Sc \leq 100$ (mm)
CEV < 0.37	1.2 kJ/mm	-	-	75°
CEV = 0.38 ÷ 0.42		-	50°	100°
CEV = 0.43 ÷ 0.45		-	75°	125°
CEV = 0.46 ÷ 0.49		50°	125°	175°

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 120 di 157

	HI (arco sommerso)	Sc ≤ 30 (mm)	30 < Sc < 50 (mm)	50 ≤ Sc ≤ 100 (mm)
CEV < 0.37	2 kJ/mm	-	-	-
CEV = 0.38 ÷ 0.42		-	-	75°
CEV = 0.43 ÷ 0.45		-	-	100°
CEV = 0.46 ÷ 0.49		-	50°	150°

Tabella 6.6.7.10.1

E' da notare però che i preriscaldi indicati sulla specifica di saldatura devono essere maggiorati di 25°C per la puntatura dei pezzi e l'operazione di scricatura.

In ogni caso dovrà essere garantita l'asciugatura dei lembi con un preriscaldamento a 50°C.

Il preriscaldamento deve essere eseguito in modo tale che la temperatura richiesta interessi circa 75 mm di materiale base per ciascun lato del giunto.

Il controllo della temperatura di preriscaldamento e di interpass potrà essere eseguito mediante l'impiego di termocolori o di altri dispositivi atti allo scopo.

6.6.7.11 Qualificazione degli addetti alle procedure di saldatura

6.6.7.11.1 Addetti al coordinamento

Gli addetti al coordinamento delle attività di saldatura dovranno avere conoscenze specifiche con riferimento alla Norma UNI EN ISO 14731:2007, con esperienza evidente nel campo della costruzione delle strutture metalliche. L'ESECUTORE dovrà individuare il "Coordinatore di saldatura" che costituirà l'interlocutore tecnico responsabile nei confronti delle FERROVIE per tutte le attività riguardanti la saldatura.

6.6.7.11.2 Saldatori e Operatori di saldatura

I saldatori impegnati nelle applicazioni di saldatura manuale e semiautomatica, dovranno essere qualificati in accordo alla Norma UNI EN ISO 9606-1: 2013 per i procedimenti utilizzati e per le varie posizioni di lavoro. I saldatori che dovranno operare nell'ambito del presente documento dovranno eseguire, in ogni caso, come saggio di prova, anche un giunto a T con cordone d'angolo da valutare secondo i criteri previsti dalla sopra citata norma.

Gli addetti agli impianti di saldatura automatici e a quelli robotizzati e di piolatura dovranno essere certificati secondo UNI EN ISO 14732:2013.

L'abilitazione dei saldatori dovrà risultare dall'esibizione di apposito certificato di qualifica effettuata da un Ente accreditato ACCREDIA secondo UNI EN 17024.

Il Coordinatore di saldatura dell'ESECUTORE dovrà riportare in apposito registro il nominativo dei saldatori abilitati e degli operatori, aggiornandolo sulla base delle eventuali variazioni delle qualifiche (estensione di classe, mantenimento della validità ed eventuale prolungamento). Sul registro dovranno inoltre essere riportati i periodi di inattività di ciascun saldatore e/o operatore relativamente ad un determinato procedimento.

Sia il registro che i certificati di qualifica dovranno essere reperibili presso l'ESECUTORE ed esibiti agli incaricati delle FERROVIE dietro loro richiesta.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 121 di 157

Le FERROVIE hanno, inoltre, la facoltà di richiedere eventuali riprove di qualifica ogni qualvolta l'esame delle saldature mostri sistematica difettosità attribuibile ad insufficiente capacità operativa.

Ciascun saldatore e/o operatore dovrà essere individuato da una lettera o un numero, che sarà riportato su di un punzone, mediante il quale il saldatore stesso marcherà le saldature eseguite.

6.6.7.12 Prescrizioni costruttive

6.6.7.12.1 Generalità

Se la temperatura ambiente risulta inferiore a -5°C , dovranno essere prese particolari precauzioni per garantire le temperature minime del materiale base da saldare precedentemente indicate.

L'officina dell'ESECUTORE deve essere dotata di magazzino per deposito dei materiali di saldatura (elettrodi, fili, flussi) perfettamente chiuso e con umidità relativa costante non superiore al 50%.

I flussi e gli elettrodi, una volta aperti gli imballi originali, dovranno essere essiccati alla temperatura di 350° - 400°C per due ore e conservati in forno alla temperatura di 150° fino al momento dell'uso. L'essiccamento deve avvenire sia per gli elettrodi che per i flussi in strati non superiori a 4 cm (a meno che per i flussi non siano usati i "forni a caduta").

I saldatori dovranno essere dotati di fornelli portatili funzionanti alla temperatura di circa 100° nei quali verranno mantenuti gli elettrodi, prelevati dal forno di mantenimento, per un tempo massimo corrispondente alla durata del turno di lavoro. Alla fine del turno, gli elettrodi non utilizzati dovranno essere ritirati e stoccati in un apposito contenitore. Potranno essere impiegati dopo ulteriore essiccamento con le stesse modalità; tale trattamento, in generale, non potrà essere effettuato per più di due volte, salvo diversa indicazione del fabbricante.

Il flusso non fuso potrà essere recuperato e riutilizzato miscelato con flusso nuovo (miscela con 30% di flusso già utilizzato e 70% di flusso nuovo). Alla fine del turno di lavoro, il flusso non utilizzato dovrà essere ritirato dalle macchine e stoccato in un apposito contenitore. Potrà essere ulteriormente impiegato dopo essiccamento con le modalità di cui sopra.

L'efficienza delle procedure di essiccazione e conservazione degli elettrodi e dei flussi per arco sommerso potrà essere controllata, su richiesta delle FERROVIE, attraverso verifiche del contenuto di idrogeno diffusibile condotte su deposito, con le modalità di prova previste dalla norma AWS A4.3, tecnica a colonna di mercurio (valore richiesto $< 5\text{ ml}/100\text{g}$).

Nel caso di elettrodi in confezioni "vacuum pack" queste dovranno essere aperte al momento dell'uso e depositati nei fornelli; a fine turno di lavoro gli elettrodi rimasti dovranno essere conservati in forno a 150°C .

6.6.7.12.2 Controlli preventivi

Prima di iniziare la saldatura, i lembi delle parti da collegare e le zone adiacenti per una larghezza di 100 mm saranno controllati con esame visivo e strumentale per accertare l'assenza di eventuali cricche o sfogliature e le corrette condizioni di preparazione. Sui lembi e sulle zone adiacenti suddette non sono di regola ammesse riparazioni mediante saldatura. Sono ammesse molature ben raccordate fino a profondità di 3mm.

Le superfici dei lembi da saldare degli elementi principali saranno esaminate preventivamente con magnetoscopia o con liquidi penetranti.

Nel caso di giunti a croce a piena penetrazione, si dovrà effettuare sulla zona di lamiera intermedia interessata dai giunti (almeno 100 mm per parte del giunto) uno specifico controllo ultrasonoro per verificare l'assenza di sfogliature o di eccessive segregazioni (UNI EN 10160:2001). Detto controllo ultrasonoro può essere omesso per lamiere di acciaio con strizione garantita nel senso dello spessore (Z 35).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 122 di 157

6.6.7.12.3 Assiemaggio dei pezzi

Particolare cura dovrà essere posta nella fase di assiemaggio dei pezzi, prevedendo modalità di puntatura che salvaguardino dal pericolo di strappi sui materiali base o difetti in saldatura. In particolare, ove possibile, verranno utilizzati cavallotti di assiemaggio; la rimozione dei cavallotti avverrà di regola molando i relativi cordoni di saldatura; è ammessa la rimozione con taglio di fiamma purché venga lasciato un sovrametallo di almeno 3mm da rimuovere con successiva molatura. In ogni caso la superficie dovrà essere esaminata visivamente e con magnetoscopia per verificare l'assenza di strappi o cricche sulla superficie.

I giunti potranno essere assiemati per mezzo di tratti di saldatura (punti), di regola, di lunghezza non inferiore a 50 mm e da asportare nel corso della esecuzione del giunto saldato.

In un giunto saldato testa a testa da solcare a rovescio, i punti verranno depositati a rovescio, dal lato della ripresa.

Eventuali punti da inglobare nel giunto saldato dovranno essere depositati da saldatori certificati, molati alle estremità ed esaminati prima dell'esecuzione della saldatura; i punti difettosi dovranno tassativamente essere eliminati. I punti depositati da saldatori non certificati dovranno essere comunque rimossi.

Nel caso di saldatura su piatto ceramico il piatto dovrà essere montato immediatamente prima di saldare e non si dovranno effettuare puntature in cianfrino.

6.6.7.12.4 Preparazione dei lembi

La preparazione dei lembi da saldare dovrà essere definita a cura e responsabilità dell'ESECUTORE, con parere favorevole dell'Ente di controllo incaricato, e comparire sui disegni e/o sulla tavola delle preparazioni visionata dal Progettista, approvata dalle FERROVIE e resa disponibile in officina. In linea di massima la preparazione dei lembi sarà conforme alla UNI EN 9692.

Le attrezzature previste per la preparazione dei lembi dovranno comparire sulle procedure di saldatura; è raccomandato l'impiego di procedimenti di taglio termico (ossitaglio o plasma) automatici oppure di macchine utensili tipo pialle e frese indispensabili per la realizzazione di smussi a U, J, ecc.. E' ammesso l'impiego dell'ossitaglio manuale e automatico o di altre metodologie, purché la superficie venga successivamente rifinita mediante accurata molatura, che dovrà conseguire la completa rimozione delle strie da taglio e di tutte le altre irregolarità.

6.6.7.12.5 Processo di saldatura

L'accensione degli elettrodi o dei fili dovrà essere fatta su apposito tallone di lamiera ausiliaria appoggiato o puntato ad entrambe le estremità oppure in cianfrino.

L'uso dei talloni di estremità è comunque obbligatorio per l'esecuzione dei giunti testa a testa e per i giunti eseguiti con procedimenti automatici.

E' compito del saldatore e dell'operatore di saldatura esaminare la superficie di ogni passata per assicurarsi dell'eliminazione della scoria, dei difetti di profilo e delle irregolarità superficiali; se l'esito dell'esame non è soddisfacente si dovrà fare ricorso ad una preliminare operazione di molatura prima di deporre la passata successiva.

In tutte le saldature testa - testa e d'angolo a piena penetrazione si dovrà effettuare in linea di principio la solcatura al rovescio e successiva ripresa. In subordine, potranno essere usati il piatto di sostegno o la saldatura senza solcatura e senza sostegno a cura di saldatori in possesso dell'idonea qualifica. In quest'ultimo caso è necessaria comunque l'autorizzazione delle FERROVIE e dell'Ente di controllo designato.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 123 di 157

La saldatura non dovrà essere interrotta fino a quando non si sia riempito almeno metà spessore. Limitatamente alle strutture sollecitate a fatica, l'utilizzo del piatto di sostegno metallico dovrà essere preventivamente autorizzato da FERROVIE, solo quando non si potrà procedere diversamente.

6.6.7.12.6 Raddrizzatura

Le strutture deformate a seguito della saldatura devono essere raddrizzate mediante l'applicazione di riscaldamenti localizzati o a caldo con mezzi meccanici ovvero con entrambi i sistemi. L'ESECUTORE è tenuto a predisporre una procedura di raddrizzatura nella quale vengano definiti almeno:

- il campo di temperatura da ottenere;
- il metodo di applicazione dei riscaldamenti localizzati ;
- il metodo e le attrezzature per il controllo della temperatura;
- i metodi di raddrizzatura meccanica;
- il personale impiegato nelle operazioni di raddrizzatura;
- il tipo, la classe di resistenza e lo stato di fornitura (normalizzato, termomeccanico, ecc.) dell'acciaio al quale la procedura si riferisce;
- le prove sperimentali di qualificazione della procedura di raddrizzatura convalidate da un Ente Ufficiale e visionate dalle FERROVIE.

I giunti saldati degli elementi sottoposti a raddrizzatura e di quelli adiacenti, saranno esaminati dopo la raddrizzatura con controlli non distruttivi adeguati, per estensione e tipologia, al tipo di giunto.

La temperatura dell'area riscaldata (in generale intorno a 600°C) va definita in funzione dello stato di fornitura del materiale base.

Le parti riscaldate per la raddrizzatura devono essere sostanzialmente libere da sollecitazioni e da forze esterne, eccetto quelle risultanti dai mezzi meccanici usati in concomitanza con l'applicazione dei riscaldi.

6.6.7.12.7 Saldatura dei pioli

Per la saldatura automatica dei pioli ogni volta che si inizi una fase di saldatura su una membratura, da parte di ogni saldatore, dovranno essere esaminati i primi due pioli saldati; se trovati soddisfacenti all'esame visivo, verranno piegati a colpi di mazza a 45°. Dopo piegamento verranno raddrizzati e non dovranno mostrare alcuna incrinatura o mancanza di fusione.

Se questa prova dà esito negativo, l'ESECUTORE è tenuto a rimettere a punto la tecnica di saldatura su piastre ausiliarie e a ripetere le prove sui primi due pioli saldati di nuovo sulla medesima membratura.

La saldatura dei pioli sia in officina che in cantiere dovrà essere eseguita esclusivamente da personale certificato secondo UNI EN 14732:2013.

6.6.7.13 Prescrizioni concernenti i particolari strutturali

Nei cordoni d'angolo dovrà essere ottenuta la completa fusione del vertice e la forma del cordone o della prima passata, nei giunti a passate multiple, dovrà rispettare la relazione:

$$0.5 L_p \leq g+p \leq 1.1 L_p$$

tra la larghezza (L_p) e la profondità ($g+p$) dove p è la profondità di penetrazione e L_p è il lato obliquo del cordone di saldatura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 124 di 157

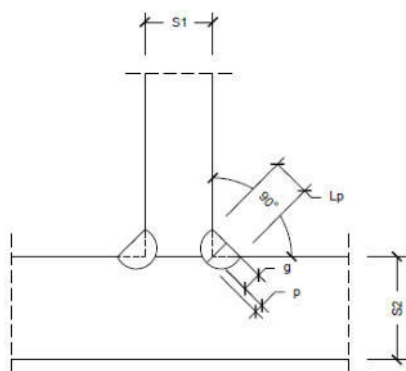


Figura 6.6.7.13.1

Per i giunti a T a piena penetrazione deve essere previsto un graduale allargamento della saldatura la cui larghezza L deve essere almeno pari ad 1.3 volte lo spessore $S1$ (spessore minimo impiegato) in corrispondenza della lamiera su cui viene ad innestarsi.

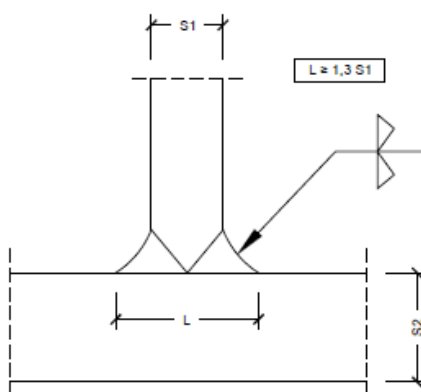


Figura 6.6.7.13.2

Per i giunti a T a parziale penetrazione l'angolo di apertura del cianfrino non dovrà essere inferiore a 50° e l'altezza della sezione resistente sarà assunta pari alla profondità del cianfrino g_{pp} .

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 125 di 157

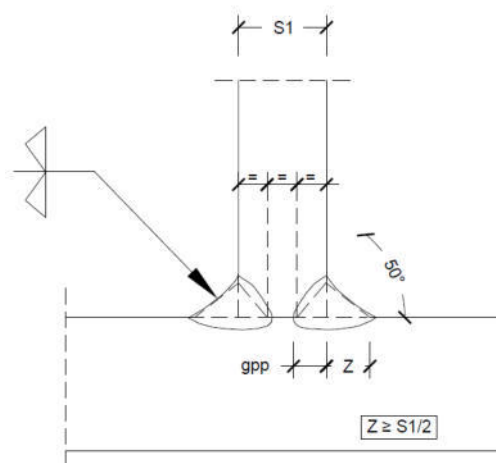


Figura 6.6.7.13.3

Nella realizzazione di giunti a T od a sovrapposizione mediante saldatura d'angolo, deve ottenersi una buona aderenza tra le superfici previste a contatto. Potrà essere tollerata in questi giunti la distanza massima «d» (fig. 6.6.7.13.4), nei limiti indicati dalla UNI EN ISO 5817 (nel rispetto del relativo livello di qualità). Per la saldatura ad arco sommerso il distacco massimo dovrà essere contenuto in 1 mm.

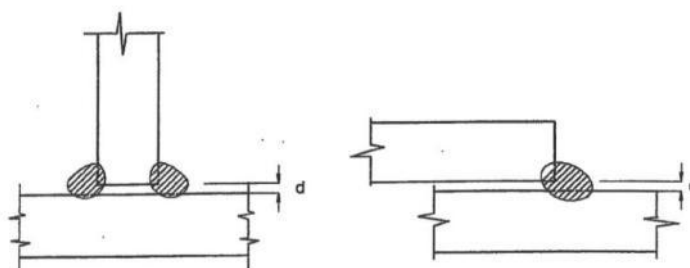


Figura 6.6.7.13.4

Qualora si verificassero distacchi superiori a quelli sopra indicati, potrà essere prevista l'imburratura delle superfici per ripristinare la distanza corretta oppure potrà essere proposta alle FERROVIE una diversa preparazione dei lembi. Si dovrà tenere conto dell'eventuale necessità di incrementare le dimensioni dei cordoni d'angolo.

Il tratto terminale dei giunti tra anima e piattabanda di travi a T ed a doppio T, non dovrà di regola essere saldato prima della realizzazione dei giunti testa a testa fra le travi, se presenti.

Per consentire la corretta realizzazione dei giunti testa a testa dei profili, nel caso che i giunti anima piattabanda risultassero completi, è necessario eliminare un tratto di saldatura anima - piattabanda di circa 150 mm da entrambi i lati del giunto (scucitura). Vedi fig.6.6.7.13.5.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 126 di 157

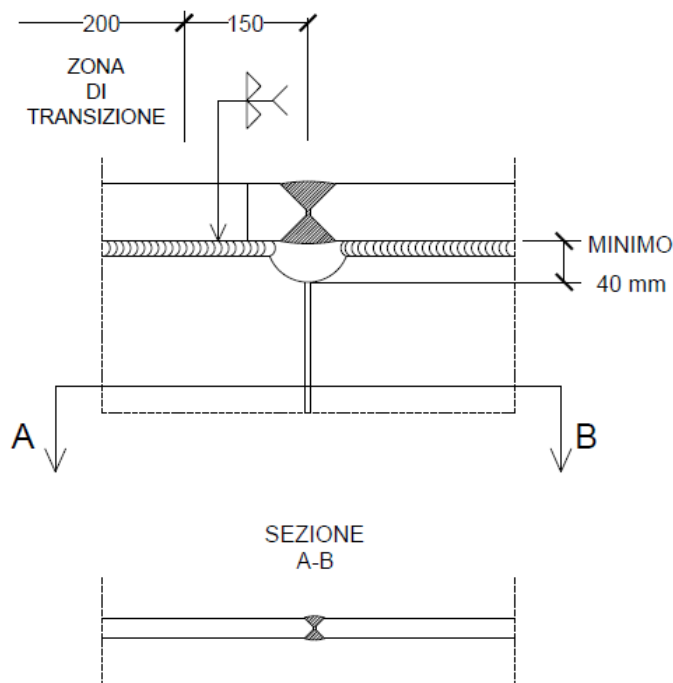


Figura 6.6.7.13.4

Per la realizzazione dei giunti testa a testa si procederà di regola con la sequenza di operazioni nel seguito descritta :

- preparazione dei lembi da saldare e dello scarico alle estremità dell'anima;
- assiemaggio e puntatura degli elementi strutturali (luce del giunto d'anima maggiore della luce del giunto di piattabanda di 2-3 mm);
- saldatura delle piattabande preferibilmente in contemporanea o eseguendo riempimenti parziali alternativamente sulle due piattabande;
- saldatura dell'anima;
- saldatura tra anima e piattabanda nei tratti scuciti.

Elementi uniti in modo errato devono di regola essere tagliati e risaldati.

Quando si debbano unire di testa fra loro elementi di trave a doppio T o a T il giunto della piattabanda e dell'anima giaceranno di regola sulla medesima sezione.

Per la realizzazione delle saldature di testa delle piattabande è necessario predisporre sull'anima una lunetta allo scopo di garantire ovunque l'accesso al giunto saldato durante le fasi di esecuzione e di controllo.

A tal fine potrà essere prevista sull'anima una normale lunetta semicircolare con estremità ad arco di cerchio (raggio minimo pari a 40mm e almeno pari allo spessore dell'anima più 15 mm) ben lavorata e raccordata con fresa portatile. In presenza di severe sollecitazioni di fatica o comunque in corrispondenza di applicazione di carico diretto sulla piattabanda, verrà adottata una lunetta di forma allungata e cianfrinata in modo da poter essere richiusa con saldatura a piena penetrazione dopo l'esecuzione dei giunti di anima e di piattabanda e dei

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 127 di 157

relativi controlli non distruttivi (vedi fi. 6.6.7.13.6).

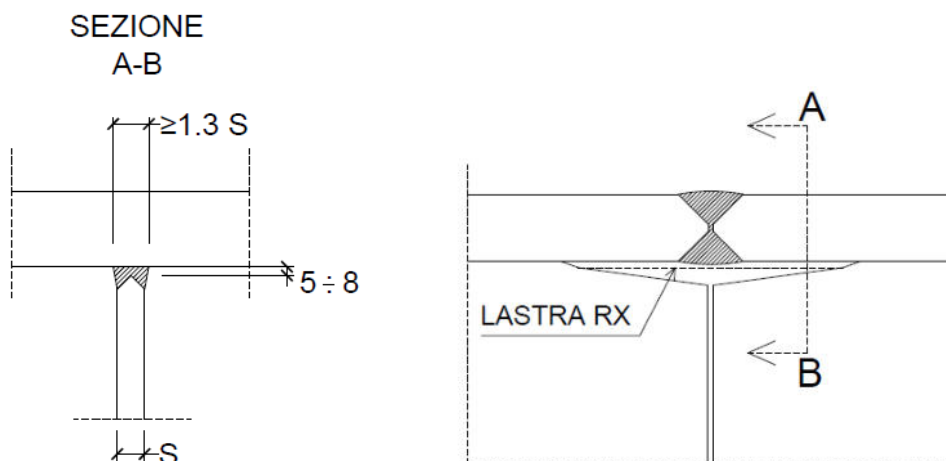


Figura 6.6.7.13.6

In ogni caso, in presenza di anime e/o piattabande saldate testa - testa, prima della composizione della trave, è necessario, dopo l'esecuzione dei prescritti controlli non distruttivi, spianare la zona di saldatura della piattabanda o dell'anima interessate, prima di assemblare gli elementi della trave per l'esecuzione delle saldature d'angolo per consentire la corretta aderenza

Nel caso di incrocio di tre o più elementi strutturali (ad esempio in una trave composta saldata all'incrocio tra anima, piattabanda e nervature di irrigidimento), dovranno essere previsti scarichi di grandezza adeguata (raggio minimo pari allo spessore della lamiera più 15mm) per consentire la corretta esecuzione ed il controllo dei giunti. (vedi fig6.6.7.13.7 e 8)

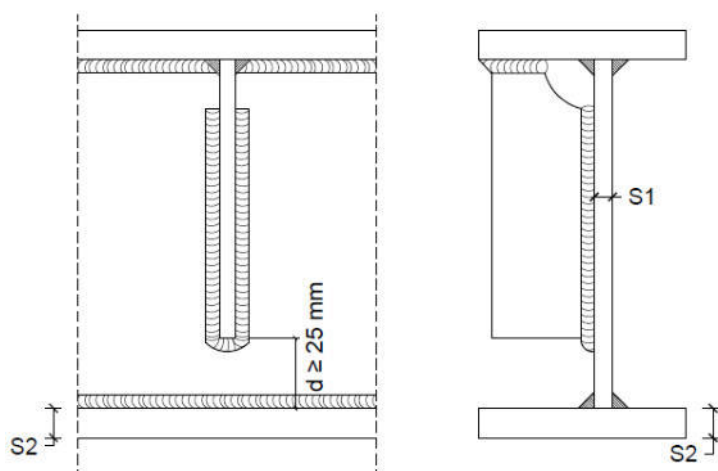


Figura 6.6.7.13.7

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 128 di 157

Gli scarichi dovranno essere ad arco di cerchio o, comunque, di forma ben avviata e privi di qualsiasi intaglio o irregolarità. Dopo eventuali lavorazioni di fresa, la rugosità dovrà risultare $ra \leq 0.2 \mu m$.

I cordoni di saldatura che raggiungono il lembo dello scarico saranno fatti girare intorno avendo cura di evitare che la saldatura incida il lembo dello scarico. Inoltre i cordoni si faranno egualmente girare intorno ai lembi liberi di fazzoletti o squadrette saldate.

Il cordone di saldatura che collega l'irrigidente all'anima della trave dovrà, in corrispondenza del lembo aderente a tale anima, essere accuratamente molato in modo da eliminare ogni traccia di incisione locale per un'altezza non inferiore al 20% dell'altezza della trave, con un massimo di 100 mm, a partire da entrambe le estremità.

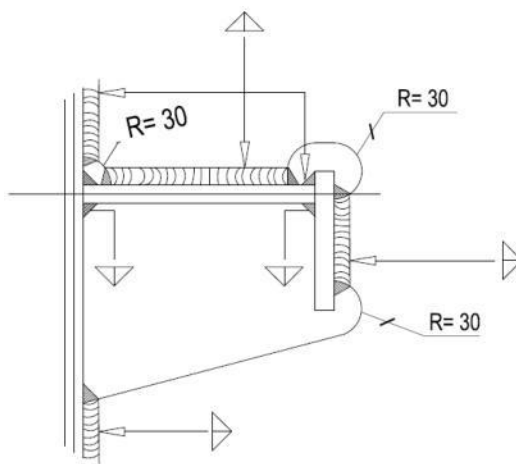


Figura 6.6.7.13.8

Qualora il Progettista non ritenga applicabile l'uso degli "scarichi" sopra indicati per problemi di fatica, si dovranno realizzare scarichi che seguano il profilo del cordone sottostante, con un distacco massimo di 1mm. In questo caso la saldatura delle nervature non verrà interrotta e seguirà il profilo dello scarico.

Nella saldatura testa - testa di due elementi principali di diverso spessore, lo spessore maggiore dovrà essere gradualmente rastremato sino a raggiungere lo spessore minore. Il tratto rastremato dovrà risultare, in generale, non inferiore a 5 volte la differenza di spessore degli elementi collegati, a partire dall'asse del giunto.

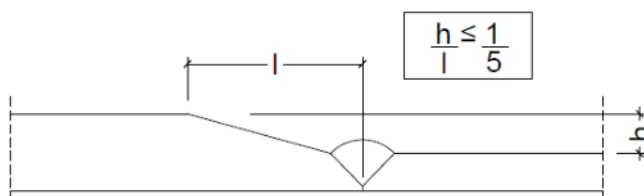


Figura 6.6.7.13-9

Nel caso di sovrapposizione di piattabande, in corrispondenza della sezione terminale della piattabanda sovrapposta, si dovrà garantire un adeguato raccordo tra la doppiatura e la piattabanda, prevedendo comunque di eseguire un cordone d'angolo di chiusura che abbia altezza di gola pari almeno alla metà dello spessore della piattabanda stessa e raccordato ai cordoni laterali (vedi fig.6.6.7.13.10). Tale cordone dovrà

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 129 di 157

essere regolarizzato mediante asportazione con mola del materiale eccedente; è raccomandata la soluzione seguente:

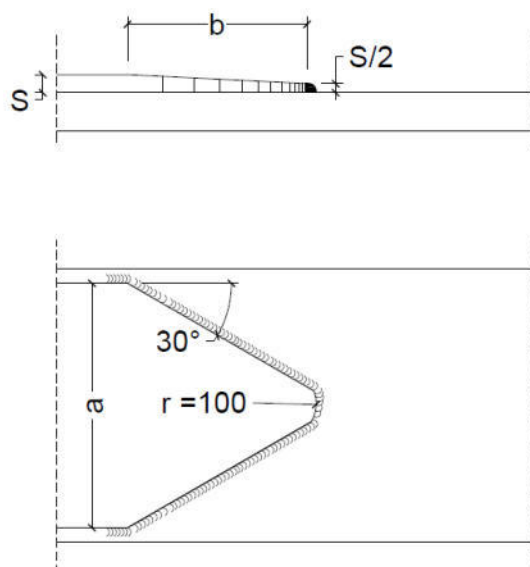


Figura 6.6.7.13-10

6.6.7.14 Modalità esecutive dei controlli non distruttivi

6.6.7.14.1 Prescrizioni generali

I giunti saldati verranno controllati visivamente e con attrezzature adeguate al tipo di giunto, alla tipologia dei difetti da rilevare ed al luogo di lavoro, secondo quanto riportato nel seguito.

Di regola, i controlli strumentali saranno quello magnetoscopico, radiografico e ultrasonoro sul giunto completato ed il controllo con liquidi penetranti solo sulle superfici di solcatura al rovescio dei giunti a piena penetrazione. I controlli strumentali finali saranno di regola successivi a quello visivo soddisfacente.

I metodi di controllo da impiegare saranno scelti in base alle tipologie di unione e agli spessori dei materiali sulla base delle indicazioni fornite dalla norma UNI EN ISO 17635:2010.

Il personale addetto all'esame non distruttivo dei giunti saldati e del materiale base deve essere certificato almeno di livello 2 in accordo alla norma UNI EN ISO 9712:2012 da un Organismo di Certificazione accreditato ACCREDIA in accordo all'UNI EN ISO 17024.

Per l'esecuzione dell'esame visivo si raccomanda l'impiego di personale certificato come EWI (European Welding Inspector)/ IWI (International Welding Inspector).

6.6.7.14.2 Modalità di esecuzione dei controlli

Esame visivo

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17637.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 130 di 157

Controllo magnetoscopico

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17638.

Controllo con liquidi penetranti

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 3452-1.

Controllo radiografico

Prima dell'esecuzione del controllo verrà compilato, a cura dell'ESECUTORE, uno schizzo da allegare al verbale di controllo radiografico in cui risultino gli sviluppi dei giunti saldati e le sigle dei saldatori o degli operatori che li hanno eseguiti; su di esso saranno indicate, dall'incaricato delle FERROVIE o dell'Ente designato, le posizioni da radiografare distinte con lettere e/o numeri, quando tali posizioni non si evincano dai documenti di progetto. Tali elementi dovranno comparire sulle corrispondenti pellicole e serviranno per la loro identificazione.

Gli incaricati delle FERROVIE si riservano la facoltà di accertare mediante controllo diretto l'effettiva corrispondenza della ubicazione della pellicola sul giunto radiografato. A tal fine è vietata la rasatura del sovrametallo dei giunti testa a testa a filo lamiera se non dopo l'accettazione dei giunti da parte delle FERROVIE o dell'Ente di controllo designato.

Su ogni pellicola dovrà essere posto un indicatore di qualità d'immagine (penetramento); la radiografia dovrà avere sensibilità tale da rilevare l'elemento del penetramento corrispondente al 2% della somma degli spessori attraversati dai raggi (potere risolutivo).

Il controllo radiografico deve essere eseguito secondo le regole delle norme UNI EN ISO 17636-1:2013 applicando la classe B per le opere in classe di esecuzione EXC3 e EXC4 e la classe A per i restanti casi. Il controllo gammagrafico, in luogo di quello radiografico, può essere consentito a seguito di motivata richiesta alle FERROVIE.

Controllo ultrasonoro

Il controllo verrà eseguito in conformità alla norma UNI EN ISO 17640 livello almeno B.

Per la caratterizzazione delle indicazioni sarà applicata la norma UNI EN ISO 23279.

Per il controllo di giunti particolari le FERROVIE o l'Ente di controllo designato, potrà richiedere una specifica dedicata con validazione mediante appositi blocchi con difetti artificiali opportunamente posizionati.

Controllo della piolatura

Per quanto attiene alle modalità di controllo delle saldature dei pioli, valgono le seguenti prescrizioni:

Tutti i pioli saldati saranno sottoposti a esame visivo. Questo esame deve accertare la presenza continua e la regolarità del collarino di base. Tutti i pioli trovati con collarino incompleto saranno sottoposti a prove di piegamento a colpi di mazza per un angolo pari a 30°; questa stessa prova di piegamento verrà estesa almeno al 5% dei pioli che hanno superato l'esame visivo.

Per ogni piolo rotto nel corso di quest'ultimo esame ne verranno piegati altri due. Se il numero dei pioli rotti raggiunge, al termine dell'esame, il 5% dei pioli appartenenti alla membratura, tutti i pioli della stessa verranno piegati con piegamento alla mazza.

I pioli difettosi devono essere rimossi. La parete di acciaio cui erano uniti potrebbe essere interessata da strappi provocati dalla rimozione dei pioli. Le zone danneggiate devono essere riparate mediante molatura eseguendo scavi ben raccordati al materiale base circostante, fino alla scomparsa di ogni traccia di difetto. Nelle parti da riparare la necessità di ripristinare o meno lo spessore primitivo mediante riporto di saldatura sarà giudicata dal Progettista. Nel caso di ripristino mediante saldatura l'intervento dovrà essere eseguito con

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 131 di 157

procedimento manuale con elettrodi a rivestimento basico di diametro 3,25 mm da un saldatore certificato. Tali saldature dovranno essere eseguite con tutte le modalità previste per gli elementi strutturali (pulizia dei lembi, preriscaldamento, controlli).

6.6.7.14.3 Estensione dei controlli

Prima di procedere all'esecuzione dei controlli da parte delle FERROVIE e/o dell'Ente di controllo designato, l'ESECUTORE dovrà presentare ai soggetti sopra indicati la documentazione dei controlli direttamente eseguiti, compresa la verifica del corretto assemblaggio. L'estensione dei controlli non distruttivi dei giunti saldati è quella di seguito specificata.

Esame visivo

Di regola tutte le saldature dovranno essere esaminate visivamente al 100%, sia dall'ESECUTORE che dall'Ente terzo incaricato dei controlli.

Giunti con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione

Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura dell'ESECUTORE sul 100% dei giunti del ponte, esibendo i relativi verbali. La percentuale di estensione si riferisce a ogni saldatura; in caso di giunti di lunghezza inferiore a 0,5 metri è ammesso il controllo al 100% del 50% dei giunti.

In sede di collaudo da parte delle FERROVIE o di altro Ente incaricato, tale controllo sarà limitato al 30% della lunghezza di ogni cordone di ciascun giunto sia a cordoni d'angolo che a parziale penetrazione; tale estensione sarà suscettibile di aumento in relazione al tipo di procedimento di saldatura ed ai risultati del controllo stesso.

Giunti a piena penetrazione

Il controllo magnetoscopico sarà effettuato a cura dell'ESECUTORE sul 100% dei giunti a piena penetrazione testa a testa o a T. Inoltre, verrà effettuato dall'ESECUTORE l'esame radiografico e/o ultrasonoro su almeno il 50% della lunghezza di ogni giunto.

Estensioni diverse dovranno comunque essere approvate dalle FERROVIE.

Per giunti di fondamentale importanza per la statica della struttura o particolarmente sollecitati, ovvero in particolari casi in relazione alla natura ed all'entità delle sollecitazioni gli esami dovranno essere estesi al 100%.

In sede di collaudo le FERROVIE o l'Ente incaricato eseguiranno il controllo magnetoscopico al 30 % della lunghezza delle saldature ed il controllo ultrasonoro al 100% nonché la lettura delle lastre radiografiche.

Verifiche sui talloni di produzione

In tutte le travi saldate in officina dovranno essere previste opportune espansioni (talloni d'estremità) dello stesso materiale costituente le travi stesse. Le FERROVIE si riservano di richiedere, ove possibile, l'applicazione dei talloni anche sui giunti eseguiti in cantiere.

Sui talloni di produzione si dovrà misurare la durezza in zona fusa, in zona termicamente alterata e nel metallo base su almeno il 5% dei giunti delle travi saldate, nonché valutare la corretta penetrazione della saldatura, la forma del cordone e l'assenza di difetti inaccettabili, in relazione a quanto indicato nella tabella 6.6.7.9.15.1.

Le modalità e le estensioni dei controlli macrografici sui talloni d'estremità saranno definite dall'ESECUTORE mediante un'appropriata procedura da sottoporre ad approvazione da parte delle FERROVIE, previo parere favorevole dell'Ente designato. Di norma tale controllo sarà previsto su un campione almeno pari al 10% dei giunti realizzati in officina.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 132 di 157

La procedura dovrà di norma prevedere l'esecuzione di macrografie su adeguati talloni anche nei casi seguenti:

- applicazione da parte dell'ESECUTORE di procedure di saldatura per le quali non abbia una consolidata esperienza applicativa;
- durante le fasi iniziali di applicazione di procedimenti automatici o robotizzati.

Le prove di durezza saranno eseguite in almeno tre punti di una stessa zona (materiale base, zona fusa, zona termicamente alterata) e dovranno accertare che in nessun punto la durezza Vickers (HV30) ecceda i limiti indicati nella procedura di certificazione.

Il taglio del tallone va effettuato previa punzonatura a cura del personale delle FERROVIE o dell'Ente di controllo incaricato.

Nei casi in cui le travi prevedano un tratto non saldato alle estremità della giunzione anima-piattabanda, al fine di favorire la corretta esecuzione delle saldature testa a testa in cantiere, si dovrà ricorrere alla saldatura di talloni di riproduzione con i seguenti criteri.

- Per ciascuna tipologia di trave saldata saranno realizzati dei talloni di saldatura in accordo alle specifiche di procedimento previste per la produzione e qualificate in accordo alla presente sezione di capitolato, utilizzando materiali di commessa;
- Le differenti tipologie di travi saranno individuate per qualità del materiale base, spessori delle lamiere, tipo e dimensioni dei giunti, processo ed impianto di saldatura utilizzato.

I saggi, della lunghezza minima di 500 mm, saranno sottoposti al controllo macrografico su tre sezioni (ad inizio, centro e fine del tallone) per la verifica della geometria e delle dimensioni del giunto, in accordo alla norma UNI EN ISO 5817 livello di qualità funzione della classe di esecuzione, ed il controllo delle durezza secondo le indicazioni della norma UNI EN ISO 15614-1.

I talloni saranno realizzati prima dell'inizio della produzione. Eventuali esecuzioni di ulteriori talloni durante la fabbricazione e/o il montaggio in opera potranno essere richiesti dalle FERROVIE.

6.6.7.14.4 Intensificazione dei controlli per esito negativo

Qualora vengano rilevate delle anomalie con i controlli strumentali eseguiti a campione, i controlli verranno intensificati. Di regola verrà esaminato un tratto di saldatura a cavallo della zona difettosa non inferiore a 1000 mm, oppure, nel caso di giunti corti, due giunti adiacenti a quello difettoso eseguiti dallo stesso saldatore o operatore. In caso di ulteriori difetti il controllo verrà esteso al 100% della saldatura (o delle saldature simili per giunto corti). Nel caso di difetti planari l'estensione al 100% sarà immediata.

Per l'estensione verrà utilizzato almeno il medesimo metodo che ha rilevato il difetto.

Nel caso in cui il numero delle riparazioni sia elevato oppure vengano riscontrati difetti inaccettabili con carattere di sistematicità, gli elementi strutturali od i giunti in questione saranno scartati.

Quando la presenza di difetti sistematici non sia attribuibile a cattiva modalità esecutiva oppure ad imperizia del saldatore o dell'operatore della macchina, l'ESECUTORE dovrà ripetere il procedimento di qualifica.

In ogni caso l'ESECUTORE provvederà al rifacimento dei giunti scartati; i nuovi giunti dovranno essere ricontrollati con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto, con estensione percentuale doppia rispetto a quella inizialmente prescritta.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 133 di 157

6.6.7.15 Qualità delle saldature

Tutte le saldature devono essere regolari, ben raccordate al materiale base e senza eccesso di sovrametallo. I criteri di accettabilità dei difetti sono precisati nella tabella di seguito riportata.

Classi di esecuzione	Livelli di qualità ai sensi della UNI EN ISO 5817
EXC2	C
EXC3	B
EXC4	B+

Tabella 6.6.7.9.15-1

Per livello di qualità B+ si intende il livello di qualità B con gli ulteriori requisiti di cui al prospetto 17 della UNI EN 1090.

La qualità delle saldature esaminate visivamente, con liquidi penetranti e con controllo magnetoscopico deve essere rispondente in generale ai criteri di accettabilità stabiliti nella precedente tabella.

Le FERROVIE si riservano la facoltà di stabilire criteri e valori diversi da quelli riportati nella suddetta norma qualora lo ritenessero opportuno in fase di approvazione del progetto delle saldature.

I criteri di accettabilità dei difetti rilevati con l'esame radiografico sono quelli stabiliti dalla norma UNI EN 12517 livello 1.

I criteri di accettabilità dei difetti da applicare alle indicazioni rilevate al controllo ultrasonoro dovranno rispettare le prescrizioni della norma UNI EN 1712 livello 2 con la precisazione che non sono ammessi difetti planari (valutati in accordo alla UNI EN 1713).

6.6.7.16 Modalità di riparazione

6.6.7.16.1 Riparazione senza nuove saldature

Difetti superficiali e di profilo potranno essere eliminati anche senza eseguire altre saldature purché la profondità dei difetti non superi il 10% dello spessore interessato e comunque con un massimo di 2 mm.

L'eliminazione del difetto verrà ottenuta mediante molatura; ciò dovrà essere verificato con accurato esame visivo e, in caso dubbio, con esame magnetoscopico e/o liquidi penetranti; la superficie dello scavo dovrà risultare ben raccordata col materiale contiguo.

6.6.7.16.2 Riparazione con saldatura

L'ESECUTORE dovrà redigere una o più procedure di riparazione dei giunti saldati a mezzo saldatura, e sottoporle ad approvazione come le procedure di esecuzione delle saldature.

Tali procedure dovranno contenere almeno le modalità e i mezzi da adottare per gli scavi, la temperatura di preriscaldamento e tutto quanto attiene al procedimento di saldatura previsto che dovrà essere qualificato.

Nel caso in cui una riparazione debba essere ripetuta più di due volte l'ESECUTORE dovrà provvedere a redigere una non conformità e informare l'Ente di controllo incaricato. Il caso verrà esaminato al fine di

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 134 di 157

capire i motivi dell'insuccesso (errata valutazione della posizione del difetto, scarsa abilità dei saldatori impiegati, parametri del procedimento di saldatura impiegato scorretti, problemi di accessibilità al giunto...) e di valutare la necessità di prove e/o indagini particolari sul giunto in questione.

6.6.7.16.3 Esecuzione degli scavi

Gli scavi saranno eseguiti con mola oppure con elettrodo di carbone e soffio d'aria compressa (arc-air,) seguita da molatura di regolarizzazione e asportazione dello strato carburato. L'uso dell'arc – air dovrà essere preceduto dall'applicazione di un preriscaldamento di 25°C superiore rispetto a quello previsto per la saldatura del giunto oggetto dell'intervento. Le superfici dello scavo dovranno soddisfare i requisiti già descritti al punto 6.6.7.15.1.

6.6.7.16.4 Modalità esecutive delle riparazioni

La temperatura di preriscaldamento sarà, come per la puntatura, di 25°C superiore a quella prevista, per l'esecuzione del giunto, dalla procedura di saldatura approvata.

Il procedimento di saldatura da adottare sarà di norma quello manuale con elettrodi a rivestimento basico, di caratteristiche chimiche e meccaniche simili a quelle del materiale base.

Potrà essere utilizzato il procedimento a filo continuo animato per riparare giunti saldati con scavi di lunghezza superiore a 250 mm.

Per tutto quanto attiene alla conservazione dei materiali di apporto ed alla tecnica esecutiva valgono le indicazioni già espresse per le saldature di produzione.

Non è ammesso l'uso di cordoncini molto tirati (apporto termico specifico $HI < 0.8 \text{ KJ/mm}$) per riempire scavi od incisioni per evitare eccessive durezza locali.

Le riparazioni dovranno dare luogo a superfici lisce e ben raccordate con il materiale adiacente; se necessario, i cordoni di riporto o riparazione verranno lisciati con mola o fresa a bottone.

A titolo di esempio potranno essere seguite modalità di riparazione come quelle di seguito indicate :

per eliminare difetti non accettabili tipo “overlap” o eccessiva convessità: ridurre l'eccesso di metallo depositato rimuovendolo mediante mola;

- per eliminare difetti non accettabili tipo eccessiva concavità, crateri, cordoni sottodimensionati o incisioni: molatura di raccordo e saldatura fino ad ottenere un corretto profilo. La saldatura apportata per compensare il cordone sottodimensionato deve essere depositata con le prescrizioni delle riparazioni;
- per eliminare difetti non accettabili come inclusioni di scoria o eccessiva porosità : rimuovere i tratti difettosi con “arc – air” seguito da molatura e riportare saldatura fino ad ottenere un corretto profilo;
- per eliminare difetti non accettabili tipo cricche in saldatura o in zona termicamente alterata: rimuovere il tratto difettoso per una lunghezza, oltre le estremità della cricca, pari almeno alla lunghezza della cricca stessa con un massimo di 50 mm, curare la correttezza della forma dello scavo e procedere alla saldatura con le modalità di cui ai paragrafi precedenti.

6.6.7.16.5 Controlli dopo la riparazione

Ogni riparazione eseguita con o senza saldatura dovrà essere ricontrrollata almeno con il medesimo metodo che ha rilevato il difetto; le zone sulle quali sono stati rilevati difetti inaccettabili con i controlli radiografici o ultrasonori dovranno essere nuovamente controllati con lo stesso metodo che ha rilevato i difetti, in caso di dubbi i due metodi potranno essere integrati.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 135 di 157

6.6.7.16.6 Resoconto delle attività di saldatura

Dovrà essere compilato, a cura dell'ESECUTORE e secondo la UNI EN ISO 3834, un diario dei lavori di saldatura dal quale risultino tutte le particolarità e le circostanze secondo cui i lavori si svolgono.

I diari dovranno contenere un elenco di tutte le saldature eseguite, le riparazioni, i nomi dei saldatori, il procedimento di saldatura (parametri, materiali, preriscaldi, ecc.) gli eventuali controlli intermedi e quant'altro possa ritenersi utile di particolare registrazione.

I diari dovranno essere firmati dal Coordinatore di saldatura dell'ESECUTORE che si rende garante della loro esattezza.

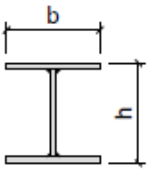
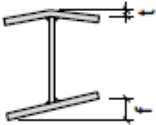
Essi dovranno essere esibiti in visione agli incaricati del controllo alla fine dei lavori; copia dei diari sarà consegnata all'incaricato delle FERROVIE per gli usi di collaudo e per essere conservata nell'incartamento del lavoro.

6.6.7.17 Controllo della geometria dei profili composti saldati

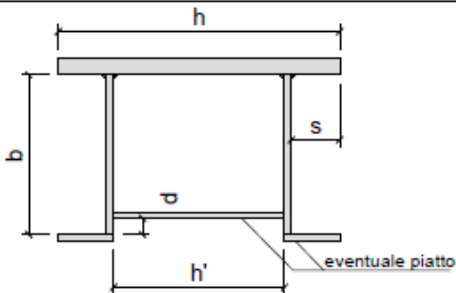
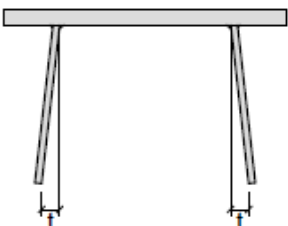
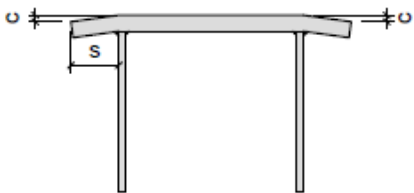
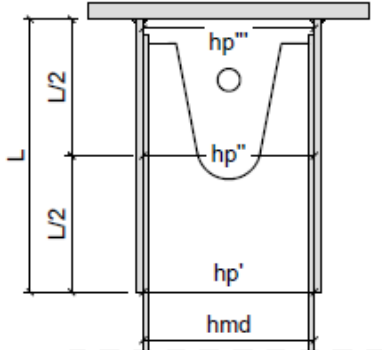
I controlli sulla geometria degli elementi dovranno essere eseguiti e certificati dall'ufficio qualità dell'ESECUTORE.

Per quanto riguarda le tolleranze geometriche, si farà riferimento a quanto indicato nell'appendice D della norma UNI EN 1090-2.

Limitatamente alle sole travate metalliche ferroviarie, il controllo della geometria dovrà estendersi non solo ai singoli elementi ma anche alla loro composizione in corrispondenza dei nodi della struttura, nel rispetto delle tabelle seguenti:

TOLLERANZE DIMENSIONALI PER MONTANTI E DIAGONALI DI TRAVI RETICOLARI PER PONTI E VIADOTTI FERROVIARI (mm)	
Dimensioni nominali	Tolleranza ammessa
	$h = -0,5 ; 0$ $b = 0 ; +5$
Incurvamento delle ali	Tolleranza ammessa
	$t \leq 0,5$ $f \leq 0,5$

Tab. 6.6.7.9.18-1

TOLLERANZE DIMENSIONALI PER I CORRENTI DI TRAVI RETICOLARI PER PONTI E VIADOTTI FERROVIARI (mm)	
Dimensioni (briglia superiore corrente)	Tolleranza ammessa
	$h (0, + 5)$ $b (0, + 5)$ $h' (+ 1, + 3)$ $d (\pm 2)$ $s (\pm 2)$
Fuori squadra (solo per l'esterno)	Tolleranza ammessa
	$t \leq 0,5 \text{ mm}$
Deformazione delle piattabande lungo il profilo (con l'esclusione delle zone di estremità)	Tolleranza ammessa
	$c \leq 2 \% s$
Zone di giunto sui piastroni	Tolleranza ammessa
	$hp''' (0, + 1)$ $hp'' (+ 1, + 2)$ $hp' (+ 2, + 3)$ $hmd \text{ costante } (-0,5, 0)$

Tab. 6.6.7.9.18-2

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 137 di 157

Le FERROVIE si riservano la facoltà di verificare, con proprio personale, che le dimensioni dei pezzi composti mediante saldatura siano corrispondenti a quelle di progetto, nel rispetto delle tolleranze suddette.

6.6.8 PREMONTAGGIO IN OFFICINA DELLE STRUTTURE PER PONTI FERROVIARI

E' fatto obbligo eseguire in officina il montaggio provvisorio per controllare ed assicurare l'esattezza e la reciproca perfetta corrispondenza dei singoli pezzi assemblati per formare l'opera completa, in modo da poter apportare eventuali modifiche che si rendessero necessarie quando l'opera si trova ancora in officina senza creare soggezioni all'esercizio.

In tale fase di montaggio provvisorio si deve dare all'opera la controfreccia di montaggio prescritta e deve essere effettuata l'alesatura dei fori a diametro definitivo con l'ausilio di spine calibrate e bulloni di montaggio.

L'alesatura dei fori di attacco della controventatura inferiore potrà essere eseguita solo in cantiere, dopo che le strutture, rimossi i calaggi intermedi, siano sistemate sugli appoggi definitivi.

All'atto dell'accettazione provvisoria, le travate metalliche dovranno risultare prive di chiodature o bullonature definitive e della verniciatura, fatta eccezione per le parti a contatto destinate ad essere definitivamente chiodate o bullonate in officina che possono essere pitturate con la sola mano di fondo del ciclo previsto.

Per le strutture le cui membrature principali prevedono conci saldati in opera, il premontaggio provvisorio dovrà essere eseguito in officina parzialmente per conci.

A discrezione delle FERROVIE, il premontaggio provvisorio può essere autorizzato direttamente in cantiere qualora sussista la disponibilità di spazio e non si arrechi disturbo alla libera e regolare circolazione dei treni. In tal caso i singoli elementi prima della spedizione in cantiere debbono essere verniciati con la mano di fondo del ciclo di verniciatura previsto.

Affinché le FERROVIE siano messe in grado di esercitare il necessario controllo, è fatto obbligo all'ESECUTORE, quando avrà effettuato il montaggio completo provvisorio e dopo che siano state eseguite le alesature, di avvertire, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni le FERROVIE per l'accettazione provvisoria.

Nel corso delle visite di accettazione saranno eseguiti almeno i seguenti controlli:

- Controllo della contro monta d'officina e delle lavorazioni;
- Controllo delle geometrie e della corrispondenza al progetto;
- Controllo delle alesature;
- Controllo visivo e dimensionale del contatto tra gli elementi da unire;
- Controllo della documentazione dei materiali, dei collaudi delle saldature, delle disposizioni scritte del coordinatore della saldatura.

Per permettere il controllo di tutte le membrature, unioni ecc., l'ESECUTORE dovrà predisporre idonee impalcature di servizio, secondo le norme antinfortunistiche in vigore. In mancanza, la visita di accettazione sarà rinviata, restando a carico dell'ESECUTORE ogni dannosa conseguenza.

Successivamente al premontaggio (in officina o in cantiere) una volta accertato l'esito positivo dei controlli previsti, le FERROVIE rilasceranno apposito certificato di accettazione provvisoria affinché le varie membrature possano essere predisposte per le successive lavorazioni.

Prima di procedere allo smontaggio occorre contrassegnare ogni singolo elemento in modo chiaro e distinto al fine di evitare confusioni durante il montaggio in opera.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 138 di 157

6.6.9 MONTAGGIO IN OPERA

6.6.9.1 Prescrizioni generali

L'ESECUTORE, dovrà inviare alle FERROVIE il programma e il progetto particolareggiato secondo il quale intende provvedere alle operazioni di montaggio e posa in opera della struttura metallica tenendo conto che dovrà essere sempre previsto un piano inferiore alla struttura per la sicurezza degli operai e per un agevole controllo dei lavori della struttura assemblata.

Detto programma e progetto dovrà riportare l'approvazione delle FERROVIE che si riservano di introdurre tutte le modifiche per assicurare, con la più ampia garanzia, la perfetta riuscita delle operazioni di montaggio e/o dell'eventuale varo se previsto.

In caso di strutture interessanti l'esercizio ferroviario, tutte le operazioni ed i macchinari da utilizzare non dovranno interferire con la regolarità e la sicurezza dell'esercizio.

Durante la fase di montaggio in opera, oltre le verifiche da effettuare già descritte nel precedente par. 6.6.7 (se attinenti al tipo di opera), dovranno essere controllati i lavori onde verificare che non avvengano difetti del tipo frequentemente riscontrati quali quelli appresso indicati:

- inversione o scambio di posizione degli elementi;
- correzioni di forma con fiamma e conseguente forzatura degli elementi;
- mancato inserimento di imbottiture previste in progetto;
- superfici da coprigiuntare non pulite;
- chiodi non ribaditi correttamente;
- bulloni non serrati correttamente;
- sequenze operative non rispettate per la chiodatura e bullonatura (es. dall'interno verso l'esterno dei coprigiunti);
- esecuzione e/o allargamento di fori con fiamma;
- elementi assemblati fuori squadra (orizzontale e verticale);
- fori non corrispondenti;
- sostegni provvisori della struttura non stabili;
- assiemaggio degli elementi con punti di saldature;
- saldature in opera non previste e non eseguite correttamente;
- saldature eseguite su superfici ossidate, verniciate, zincate o comunque non preparate adeguatamente;
- inserimento di imbottiture di dimensioni non adeguate (ad esempio solo tra le superfici a vista -parti esterne);
- non ripristino della verniciatura delle superfici sottostanti alle zone piolate;
- saldatura dei connettori senza adeguato preriscaldamento del materiale e senza preparazione delle superfici;
- inserimento di bulloni di dimensioni e lunghezze non conformi al progetto;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 139 di 157

- sostituzione di elementi deformati, inservibili o comunque mancanti con altri con caratteristiche meccaniche e chimiche non certe;
- riparazione di elementi con operazioni che ne compromettono la integrità;
- saldature in opera non autorizzate;
- saldature incomplete dei connettori (collarini);
- vernici non aderenti al supporto;
- verniciature eseguite in opera in difformità del ciclo approvato;
- adozione di procedimenti di saldatura non idonei in fase di montaggio;
- mancata pulizia dei fori di scarico delle acque;
- puntature di tondi per c.a. sui connettori o sulle piattabande delle strutture miste acciaio-calcestruzzo;
- mancata complanarità degli appoggi definitivi;
- movimentazione di materiale con dispositivi tali da deformare e/o incidere il materiale
- (es. incisioni da pinze ammorsatrici);
- mancata pulizia (sabbiatura) della superficie delle piattabande superiori nelle strutture miste acciaio-calcestruzzo;
- difetti conseguenti ad un non corretto trasporto in opera dei materiali;
- difetti e distorsioni in alcuni elementi strutturali a seguito di una errata posa in opera delle strutture, in particolare modo nei vari.

Al termine del montaggio in opera le FERROVIE rilasceranno apposito benestare affinché si possa dar corso all'applicazione delle successive mani di pittura previste dal ciclo di verniciatura richiesto.

6.6.9.2 Saldature in fase di montaggio in cantiere

Nel piano di controllo della qualità si dovrà prevedere la presenza di un rappresentante delle FERROVIE e/o dell'Ente di Controllo designato, durante la saldatura in cantiere dei giunti testa a testa degli elementi strutturali più significativi.

Per le saldature in fase di montaggio in cantiere valgono tutte le prescrizioni concernenti i particolari strutturali, le procedure di saldatura e le modalità di conservazione dei materiali base e di apporto, le modalità esecutive, il personale impegnato nelle attività di saldatura, nonché la qualità dei giunti saldati ed il loro collaudo indicati ai punti precedenti.

Particolare riguardo andrà posto alla protezione dei lembi del cianfrino dalla ossidazione ed alla predisposizione di opportuni ripari durante le fasi di saldatura, prevedendo l'uso di idonee attrezzature; quest'ultima esigenza acquista maggiore rilevanza quando sia previsto l'impiego di procedimenti di saldatura diversi dall'elettrodo rivestito; in tal caso verrà preparata, a cura dell'ESECUTORE, un'adeguata procedura che dovrà descrivere le modalità di protezione dagli agenti atmosferici delle zone interessate dall'esecuzione delle saldature.

Dovrà essere posta la massima cura nello studio e nella realizzazione dell'assieme dei giunti e nella preparazione dei lembi, al fine di consentire la corretta esecuzione dei giunti stessi. In ogni caso, prima della saldatura, dovrà essere eseguito dall'Ente designato il controllo del cianfrino con rilievo della luce del giunto

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 140 di 157

da saldare in opera per la verifica della corrispondenza con quanto riportato nel quaderno delle saldature approvato.

Il procedimento di saldatura previsto per le saldature al montaggio sarà generalmente quello manuale con elettrodi rivestiti basici omologati, simili, per caratteristiche meccaniche e chimiche, al materiale base. Altri procedimenti dovranno essere autorizzati preventivamente dalle FERROVIE.

I saldatori dovranno essere qualificati per la posizione di saldatura di lavoro. Potrà essere richiesta una verifica dell'abilità operativa in cantiere, specie in presenza di giunzioni particolarmente importanti o da eseguirsi in posizioni non agevoli, mediante la realizzazione di talloni di pre - produzione.

I giunti eseguiti in cantiere verranno controllati con modalità analoghe a quelle previste per i giunti di officina; valgono i medesimi criteri sull'estensione dei controlli per esito sfavorevole. Comunque, i giunti testa a testa delle strutture principali eseguiti in opera dovranno essere controllati con metodo magnetoscopico, radiografico ed ultrasonoro.

Sui giunti in acciaio di classe di resistenza S355 o inferiore, i controlli non distruttivi dovranno essere eseguiti non prima di 48 ore dopo l'ultimazione delle operazioni di saldatura se lo spessore combinato S_c è maggiore di 100 mm (figura 6.6.7.10-1). Per gli acciai a resistenza superiore i controlli dovranno essere eseguiti in ogni caso non prima di 48 ore dopo l'ultimazione delle operazioni di saldatura.

6.6.10 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

6.6.10.1 Generalità

Il presente capitolo definisce i requisiti relativi al processo di protezione contro la corrosione delle opere metalliche nuove, nonché per la manutenzione di quelle esistenti attraverso impiego di sistemi di verniciatura o rivestimenti metallici (es.: zincatura). Le prescrizioni riportate nel seguito si applicano a tutte le classi di esecuzione indicate nel paragrafo 6.6.1 ad eccezione dei componenti metallici realizzati in acciaio inossidabile.

6.6.10.2 Zincatura a caldo

6.6.10.2.1 Generalità

La zincatura a caldo è un processo, che permette la formazione di un rivestimento di zinco su oggetti di acciaio attraverso un processo d'immersione a caldo. Questo tipo di protezione permette la formazione di uno strato di lega intermedio zinco-ferro con proprietà di durezza e resistenza maggiori di quella del ferro.

La zincatura a caldo dovrà essere effettuata in conformità alla EN ISO 1461, nella quale vengono definiti gli spessori di rivestimento minimi previsti, riportati in forme tabellare in funzione dei differenti spessori del manufatto di acciaio zincato, per diversi tipi di pezzi trattati. Vengono parimenti indicati i metodi di prova per le verifiche di tali spessori ed la procedura di campionatura relativa. Inoltre, vengono stabiliti l'aspetto e le caratteristiche finali che la zincatura deve possedere. Sul rivestimento infatti dovranno essere assenti bolle, punte, aree scoperte, eccessiva ruvidità, residui di flussante; eventuali presenze di ceneri o gocce di zinco, che dovranno necessariamente essere contenute per quanto le difficoltà di lavorazione lo permettano, devono trovarsi in posizioni tali da non interferire con l'efficace utilizzo del manufatto. Piccole rugosità superficiali, piccoli noduli di zinco saranno di norma tollerati. Eventuali parti taglienti che possono costituire un rischio, dovranno essere rimosse.

La norma UNI EN ISO 14713 rappresenta il riferimento generale per le proprietà del rivestimento di zincatura in termini di ambienti di utilizzo, durabilità e progettazione, nonché la qualità degli acciai da sottoporre a zincatura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 141 di 157

Di regola, tutti gli acciai da costruzione possono essere zincati a caldo. Tuttavia alcuni elementi derivanti dal ciclo di produzione dell'acciaio possono alterare la formazione della lega ferro-zinco, come ad esempio silicio e fosforo.

La zincatura a caldo di acciai che presentano percentuali di silicio e fosforo fuori dai limiti potrebbe risultare con:

- aspetto non brillante
- colore opaco-scuro
- puntinatura
- presenza di macchie, retinatura
- sovrasspessore del rivestimento di zinco con conseguente infragilimento e sfogliatura

Nei casi di strutture scatolari è necessario che durante l'immersione nel bagno di zinco esso possa penetrare liberamente e rapidamente all'interno dei profilati facendo in modo che nello stesso tempo venga eliminata del tutto l'aria all'interno delle strutture stesse. Ogni profilato dovrà permettere quindi, nello stesso momento l'entrata dello zinco e l'uscita dell'aria da apposite aperture praticate sul profilato stesso.

6.6.10.2.2 Preparazione superficiale

Per la rimozione di chiazze e strati contaminati, quali ruggine e calamina, prodotti dell'ossidazione ed altre sostanze estranee come saponi, oli, vernici, scorie di saldatura e residui di lavorazioni precedenti, di regola si dovrà sottoporre il pezzo da zincare a trattamenti chimici di sgrassaggio e decapaggio.

In casi particolari, in cui i pezzi si presentino particolarmente contaminati o sporchi, si potrà ricorrere alla pulizia meccanica, attraverso molatura, spazzolatura o sabbiatura.

Relativamente alle lavorazioni di taglio e arrotondamento degli spigoli, valgono le prescrizioni di cui al par. 6.6.5.2 della presente sezione del Capitolato.

6.6.10.3 Verniciatura

6.6.10.3.1 Prescrizioni e controlli in fase di applicazione

6.6.10.3.1.1 Prescrizioni generali

Si definisce ciclo di verniciatura un sistema composto da uno o più prodotti vernicianti applicati in progressione secondo specifiche condizioni. Il ciclo di verniciatura da applicare sulle opere oggetto del presente capitolato dovrà essere scelto dall'ESECUTORE tra quelli omologati da FERROVIE. L'elenco di suddetti cicli potrà essere richiesto alla Struttura che ha emanato il presente Capitolato.

Il ciclo dovrà essere scelto in funzione dell'ambiente atmosferico cui l'opera è destinata, sulla base delle indicazioni fornite al riguardo dal progettista dell'opera, salvo diverse indicazioni di FERROVIE. Nella seguente tabella sono indicate le classi di corrosività relative ai vari ambienti atmosferici con il corrispondente spessore minimo del film protettivo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 142 di 157

Descrizione dell'ambiente	Classe di corrosività	Spessore nominale del film secco
Ambienti con basso livello di inquinamento (ad esempio, le aree rurali). Ambienti urbani e industriali, con modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	C3	200 µm (160 µm con primer zincante)
Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	C4	280 µm (240 µm con primer zincante)
Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva (distanza da aree industriali inferiore a 500 m)	C5-I	320 µm
Zone costiere con alta salinità (distanza dalla costa inferiore a 500 m)	C5-M	320 µm

Tabella 6.6.10.3.1.1.1 - Classi di corrosività e requisiti minimi per cicli di verniciatura su substrato in acciaio

Relativamente ai cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo, di seguito si riportano i requisiti minimi di spessore in funzione delle classi di corrosività:

Classe di corrosività	C3	C4	C5-M e C5- I
Spessore nominale del film secco	80 µm	120 µm	160 µm

Tabella 6.6.10.3.1.1.2 - Classi di corrosività e requisiti minimi per cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo

Per quanto non specificato nella presente norma per i cicli di verniciatura su substrato in acciaio zincato a caldo, si rimanda al prospetto A.9 della norma UNI EN ISO 12944-5.

I cicli di verniciatura su substrato in acciaio dovranno avere una durabilità, intesa come durata dell'efficacia di una verniciatura protettiva fino al primo intervento importante di manutenzione, "alta" (durata superiore a 15 anni) ai sensi di quanto indicato nella norma UNI EN ISO 12944-1. I cicli di verniciatura per la protezione di strutture zincate a caldo e quelli per apparecchi d'appoggio dovranno invece avere almeno una durabilità "media" (durata compresa tra 5 e 15 anni).

Per tutti i cicli di verniciatura è previsto un limite superiore del numero di mani, pari a 3.

In tutti i lavori di manutenzione di opere esistenti, l'ESECUTORE dovrà utilizzare esclusivamente un ciclo di verniciatura di tipo manutentivo, tra quelli omologati da FERROVIE.

I prodotti vernicianti dovranno provenire da PRODUTTORE in possesso delle certificazioni UNI-EN ISO 9001 e UNI EN ISO 14001.

Le prove e i controlli dovranno essere svolte alla presenza di un ispettore di FERROVIE, presso laboratori accreditati in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (per le singole tipologie di prove da effettuare) da Organismi autorizzati dallo Stato a svolgere attività di accreditamento. L'interpretazione degli esiti delle prove dovrà essere effettuata da un ispettore qualificato NACE o FROSIO, interno al laboratorio o incaricato a spese del laboratorio stesso.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 143 di 157

6.6.10.3.1.2 Condizioni di fornitura

I prodotti vernicianti dovranno essere forniti in condizioni tali da essere pronti per l'impiego seguendo le modalità di applicazione specificate nelle relative schede tecniche.

Per ciascuna fornitura l'ESECUTORE dovrà consegnare a FERROVIE, unitamente alla bolla di consegna, la dichiarazione del PRODUTTORE attestante la conformità della pittura a quella corrispondente omologata.

6.6.10.3.1.3 Modalità di stoccaggio

Se non diversamente specificato nelle istruzioni del PRODUTTORE o nelle specifiche dei lavori, i prodotti vernicianti dovranno essere immagazzinati, in ambienti chiusi o quantomeno coperti, a temperature comprese tra +5°C e +30°C. Particolare attenzione dovrà essere rivolta ai prodotti a base d'acqua che il gelo può rendere inutilizzabili.

I prodotti vernicianti stoccati in luoghi freddi dovranno essere posti, 24 ore prima del loro utilizzo, in un locale con temperatura di almeno 15°C, onde evitare che vengano utilizzati con viscosità inadeguata e con tempi di reticolazione eccessivamente lunghi.

I prodotti dovranno essere conservati nei contenitori originali sigillati fino al momento dell'impiego ed essere accessibili ai rappresentanti di FERROVIE per gli opportuni controlli.

6.6.10.3.1.4 Preparazione delle superfici

Il profilo superficiale dei substrati influenza l'adesione del rivestimento, pertanto sarà necessario preparare adeguatamente le superfici da verniciare, garantendo una rugosità superficiale riconducibile ad un profilo "medio G" per le strutture nuove oppure "medio S" per le esistenti, come definiti nella norma UNI EN ISO 8503.

Prima di procedere alla preparazione delle superfici, si dovrà eliminare: olio, grasso, sali, impurezze e altri contaminanti con metodi appropriati (vedi appendici A e C all'UNI EN ISO 12944-4).

Di seguito si riportano le diverse preparazioni superficiali per ciascuna tipologia e condizione del substrato.

Strutture metalliche nuove

La preparazione superficiale consiste nella rimozione della ruggine e della calamina mediante sabbiatura con abrasivo sintetico o metallico di adeguata granulometria, privo di silice libera, sino al raggiungimento del grado Sa 2½ (metallo quasi bianco) ai sensi della norma UNI EN ISO 8501. Dovranno essere eliminati, preliminarmente con molatura, tutte le eventuali incisioni presenti sia sulle superfici degli elementi che sui bordi, provocate dall'ossitaglio.

Strutture metalliche nuove zincate a caldo

La preparazione superficiale consiste nello sgrassaggio con idonei detergenti biodegradabili e nella spazzolatura, smerigliatura e carteggiatura mediante utensili manuali o meccanici.

Ove possibile, a giudizio delle FERROVIE, la preparazione delle superfici zincate potrà essere effettuata mediante sabbiatura di spazzolatura (punto 6.2.3.4.1 norma 12944-4) usando un abrasivo non metallico.

Strutture metalliche esistenti

La preparazione superficiale consiste nella spazzolatura, smerigliatura e carteggiatura mediante utensili manuali o meccanici, per la rimozione di ruggine, calamina, vecchie pitture non aderenti e vescicature sino al raggiungimento del grado St 3 ai sensi della norma UNI EN ISO 8501.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 144 di 157

La preparazione delle superfici potrà anche essere effettuata mediante sabbiatura sino al raggiungimento del grado Sa 2 ai sensi della norma UNI EN ISO 8501, salvo diverse indicazioni del PRODUTTORE o dalle FERROVIE.

Strutture metalliche esistenti zincate a caldo

La preparazione superficiale di superfici zincate a caldo, di norma sarà effettuata attraverso idrolavaggio a bassa pressione (<350 bar) per non intaccare lo spessore della zincatura.

6.6.10.3.1.5 Controlli

Non potrà procedersi alle operazioni di verniciatura in assenza della verifica di conformità dei prodotti vernicianti con quelli omologati. A tale scopo, l'ESECUTORE ha l'obbligo di approvvigionare tempestivamente tutti i prodotti per la verniciatura, in modo da consentire a FERROVIE il prelievo di due campioni di ciascun prodotto (ai sensi della norma UNI EN ISO 1512) per la suddetta verifica di conformità. Tali prove dovranno effettuarsi presso un laboratorio, da individuare in base alle indicazioni fornite al paragrafo 6.6.10.3.1.1, a cura e spese dello stesso ESECUTORE.

Le FERROVIE apporranno su ogni barattolo, contenente la pittura o il relativo catalizzatore, il nome, il codice e il lotto di fornitura del prodotto. Tali informazioni dovranno essere riportate anche sulla lettera di accompagnamento, redatta dall'ESECUTORE, per l'invio dei campioni.

Sul campione prelevato si dovrà effettuare:

- analisi qualitativa attraverso spettrofotometria infrarossa, con la quale avere informazioni qualitative sui gruppi funzionali presenti nelle molecole che formano il campione e quindi, indirettamente, sulle molecole stesse. L'analisi dovrà essere effettuata di regola sul prodotto base e sul catalizzatore. FERROVIE si riserva la possibilità di effettuarla anche sul prodotto catalizzato.
- Analisi quantitativa al fine di determinare la composizione del prodotto, secondo quanto indicato nella parte 2 della scheda di identificazione allegata al presente documento (allegato 1).

Lo spettro infrarosso ottenuto dal campione prelevato dovrà essere corrispondente in termini di posizione, intensità e forma della banda di assorbimento a quello depositato presso FERROVIE in fase di omologazione. Relativamente alle determinazioni quantitative, non saranno ammessi scostamenti maggiori del 5% tra i dati ottenuti dal campione prelevato e quelli depositati presso FERROVIE in fase di omologazione.

La composizione del prodotto verniciante, salvo ulteriori più severe prescrizioni, dovrà comunque essere esente da ammine aromatiche, da metalli pesanti (sono ammesse lievi impurezze non superiori allo 0.05%) e da cianuri. In particolare, dovranno risultare assenti: ossidi e sali di piombo e di cromo, solventi clorurati e benzene (legge n° 245 del 5.3.63). Per i carbonati è ammessa la presenza di tracce come impurezza (< 3% sulla pittura).

Si fa presente che al fine di produrre risultati analitici accettabili le campionature di vernici dovranno essere analizzate entro un tempo massimo di 6 mesi dall'invio al laboratorio e comunque entro la data di scadenza apposta sul barattolo.

Oltre ai controlli preventivi sui materiali descritti in precedenza, le FERROVIE potranno effettuare a proprio insindacabile giudizio i seguenti controlli su ogni fase dei lavori di verniciatura, in particolare:

Prima dell'applicazione

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 145 di 157

- accertamento, mediante una lunga spatola, che il prodotto verniciante nel contenitore si presenti privo di alterazioni irreversibili quali gelatinizzazione della massa, sedimento duro indisperdibile, geletti di resina o grumetti di pigmento non disperdibili, pelle superficiale;
- accertamento visivo della corretta preparazione della superficie da trattare;
- verifica della rispondenza dei mezzi e delle apparecchiature alle prescrizioni delle schede tecniche;

Sul film essiccato

- accertamento visivo dell'assenza di colature, festonature, bolle, raggrinzimenti, macchie, disuniformità di tinta o di brillantezza;
- controllo dello spessore delle singole mani e totale, secondo UNI EN ISO 2808. Il valore "medio" dello spessore rilevato non deve essere inferiore a quello nominale di omologazione e ciascun "singolo" valore rilevato non deve essere inferiore all'80% del valore nominale di omologazione;
- controllo dell'aderenza effettuato mediante pull-off secondo UNI EN 4624. Come requisito, non è ammessa nessuna rottura a meno che i valori di trazione siano 4 MPa o maggiori. La suddetta prova dovrà essere svolta da un ispettore qualificato NACE o FROSIO incaricato dall'ESECUTORE

Il numero dei controlli sarà effettuato a discrezione delle FERROVIE in relazione all'entità del lavoro ed all'esito dei primi accertamenti.

6.6.10.3.1.6 Applicazione dei prodotti

I prodotti vernicianti dovranno essere impiegati solamente previa autorizzazione delle FERROVIE a seguito dell'esito positivo delle prove di cui al paragrafo 6.6.10.3.1.5.

Al momento dell'apertura del contenitore, il prodotto verniciante dovrà presentarsi senza difetti, degradamenti di sorta, quali sedimentazione irreversibile del pigmento, formazione di pelli, impolmonimento, gelatinizzazione, addensamento, presenza di mucillagine etc. E' comunque sempre indispensabile omogeneizzare la massa, preferibilmente con agitatori meccanici, e poi procedere alla filtrazione con apposite reti per allontanare qualsiasi eventuale grumo. Nel caso di pitture a due componenti si dovranno omogeneizzare separatamente base ed induritore e mescolarli successivamente fra loro, tassativamente nelle proporzioni indicate dal fornitore.

La diluizione è consentita solo se prescritta dal colorificio: in tal caso dovrà essere effettuata esclusivamente con i diluenti prescritti, nella percentuale e con le modalità indicate dallo stesso e comunque sempre in modo tale da ottenere, per ogni singola mano, gli spessori richiesti a film secco.

Per assicurare la protezione richiesta alla verniciatura, le condizioni ambientali del sito dovranno essere controllate per verificare la loro conformità ai requisiti forniti dalla scheda tecnica del PRODUTTORE per quel particolare prodotto verniciante.

Durante i lavori di verniciatura si dovrà prestare attenzione che non vi siano influenze esterne che possano provocare una riduzione della qualità del film protettivo. I lavori di verniciatura dovranno essere effettuati in una zona separata da quella adibita a lavori di altro tipo (sabbatura, saldatura, etc...). Se durante l'applicazione sopraggiungono condizioni atmosferiche avverse, occorre sospendere i lavori e proteggere quanto meglio è possibile le zone verniciate di fresco.

Le temperature minime e massime ammissibili della superficie da verniciare e dell'aria circostante dovranno essere conformi a quelle specificate nella scheda tecnica del PRODUTTORE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 146 di 157

Fatto salvo quanto detto, in ogni caso non potranno effettuarsi i lavori in condizioni diverse da quelle sotto elencate:

- temperatura dell'aria e delle superfici da verniciare comprese tra +5° C e +35° C;
- umidità relativa non superiore all'80%;
- assenza di vento con particelle o polveri in sospensione, di fumi o di vapori aggressivi.

Inoltre:

- le superfici devono essere completamente asciutte,
- la verniciatura deve essere programmata in modo che polvere, intemperie, condensa ed altri contaminanti non cadano sulle superfici appena verniciate.

L'applicazione delle pitture dovrà essere eseguita da personale specializzato con mezzi adeguati alla tipologia di lavoro da eseguire e secondo le prescrizioni del PRODUTTORE e nel rispetto delle condizioni climatiche e di sicurezza fornite nelle schede tecniche e definite da FERROVIE; la prima mano dovrà essere applicata non oltre 12 ore dall'ultimazione dell'operazione di preparazione e/o pulitura per evitare fenomeni di flash rust.

Ciascuna mano dovrà essere applicata con lo spessore per essa indicato nel ciclo omologato e pertanto l'operatore dovrà disporre di spessimetri ad umido per verificare la corretta applicazione.

L'applicazione non dovrà dar luogo a colature e sgocciolamenti, che dovranno eventualmente essere tempestivamente eliminati a film ancora bagnato.

Ciascuna mano dovrà essere essiccata prima di applicare la mano successiva; i tempi di sovrapplicazione sono quelli riportati nelle schede tecniche relative.

Dopo l'applicazione dell'ultimo strato di finitura il supporto deve presentarsi completamente ricoperto, di tonalità omogenea e di aspetto uniforme.

Per i cicli su strutture nuove la prima mano di fondo sarà applicata in officina e le successive mani, a completamento del ciclo, in cantiere una volta completato il montaggio.

Dopo l'applicazione della mano di fondo, sarà possibile immagazzinare in officina le nuove strutture per un periodo massimo di sei mesi, dopo il quale, qualora non sia ancora possibile procedere con il montaggio in opera e con l'applicazione delle mani residue, si dovrà procedere ad una nuova applicazione della mano di fondo, previa preparazione superficiale.

6.6.10.3.1.7 Colore

Il colore di ciascuna mano del ciclo di verniciatura deve essere tale da distinguersi dal precedente e dovrà corrispondere a quello indicato dalle FERROVIE.

6.6.10.3.1.8 Protezione per la spedizione

La movimentazione, l'accatastamento e la spedizione degli elementi pitturati dovranno essere effettuate con tutte le precauzioni necessarie a non arrecare danni ad essi ed alla loro protezione.

Le corde per imballaggio non dovranno essere in contatto con il materiale; ove possibile tra i due dovrà essere interposto uno spessore di legno o altri elementi che impediscano danni allo strato di protezione.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 147 di 157

Se durante il carico per la spedizione, lo stato protettivo in alcune parti si deteriorasse queste dovranno essere nuovamente protette.

6.6.10.3.1.9 Ritocchi

Durante il montaggio dovranno essere tempestivamente eseguiti i ritocchi necessari per ripristinare tutte le parti verniciate, danneggiate da saldature, escoriazioni o altro.

Di norma i ritocchi saranno eseguiti preparando la superficie mediante spazzolatura fino al grado ST 3 secondo la norma UNI EN ISO 8501. I prodotti da impiegare per i ritocchi saranno gli stessi del ciclo applicato sia nel numero delle mani che negli spessori; eventuali modalità diverse dovranno essere sottoposte al preventivo benestare delle FERROVIE.

L'esecuzione dei ritocchi, sia in fase di preparazione della superficie che in fase di pitturazione, non dovrà causare alcun danno alle superfici limitrofe; i ritocchi vanno estesi in modo tale da eliminare qualsiasi traccia di corrosione sotto pellicolare.

6.6.10.3.1.10 Garanzia

L'ESECUTORE, per la durata indicata nel contratto e comunque per un periodo non inferiore a cinque anni, è tenuto a garantire che sia i materiali sia l'applicazione siano esenti da vizi, difetti o difformità. Per tutelare tale garanzia, le FERROVIE potranno chiedere all'appaltatore una polizza assicurativa indennitaria a copertura della garanzia richiesta.

La durata della garanzia, in accordo con le Condizioni Generali di Contratto, decorre dall'emissione del certificato di regolare esecuzione.

Durante detto periodo di garanzia l'ESECUTORE sarà tenuto a riparare o a rifare, a propria cura e spese, quelle parti che risultassero non eseguite a perfetta regola d'arte o difettose per inadeguatezza di preparazione delle superfici, di applicazione delle pitture o insufficiente resistenza di queste agli agenti atmosferici, mostrando difetti quali distacchi, screpolature, scagliature, colature, insaccature o affioramenti di ruggine.

Al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera, se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia superano il 20% della superficie totale, l'ESECUTORE sarà tenuto ad eseguire, a propria cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 148 di 157

ALLEGATO 1 – OMOLOGAZIONE E RINNOVO DI CICLI DI VERNICIATURA

1.1 ITER DI OMOLOGAZIONE

I Produttori che intendono omologare cicli di verniciatura per le opere metalliche, dovranno presentare apposita richiesta alla seguente Struttura di FERROVIE, responsabile della procedura di omologazione:

RFI S.p.A.

Direzione Tecnica

Standard Infrastruttura Civile e Sperimentali

S.O. Ponti e Strutture

Piazza della Croce Rossa n° 1

00161 Roma

Nella domanda dovrà essere specificata:

- la tipologia di substrato metallico (normale o zincato a caldo) sulla quale potrà essere applicato il ciclo di verniciatura;
- la tipologia di ciclo (ciclo di verniciatura per la protezione di strutture nuove o di un ciclo di verniciatura per la manutenzione di quelle esistenti);

Alla domanda dovranno essere allegate:

- le schede tecniche dei prodotti con le relative caratteristiche;
- tutti i dettagli non compresi nelle suddette schede che possono influenzare le condizioni di applicazione o la qualità finale del lavoro;
- l'allegato 2 alla presente specifica "Scheda di identificazione dei prodotti vernicianti".

Una volta esaminata la domanda, le FERROVIE invieranno al PRODUTTORE il preventivo di spesa relativo alle attività del proprio personale incaricato. A valle della dimostrazione di avvenuto pagamento del suddetto preventivo di spesa, sarà dato avvio all'attività di omologazione.

Le FERROVIE si riservano di presenziare con proprio personale a tutte le fasi di prova, che consistono in: prove di prequalifica in laboratorio e prove di verniciatura presso un applicatore.

Il PRODUTTORE, dovrà individuare uno o più laboratori, come da indicazioni fornite al paragrafo 6.6.10.3.1.1, presso i quali svolgere, a sua cura e spese, le prove richieste dalla presente specifica ai paragrafi 1.3 e 1.4. Inoltre, al termine di tutte le prove e controlli, dovrà predisporre e trasmettere alle FERROVIE un "Dossier di omologazione", nel quale siano riportati gli esiti di tutte le prove effettuate, le apparecchiature utilizzate in conformità alle norme pertinenti e tutta la documentazione prodotta nel corso dei controlli.

FERROVIE, esaminato e approvato il dossier suddetto, procederà a trasmettere al PRODUTTORE il certificato di omologazione, della durata di tre anni.

Alla scadenza del suddetto certificato, il PRODUTTORE potrà richiedere il rinnovo per ulteriori tre anni secondo l'iter indicato al successivo paragrafo 1.6.

L'omologazione potrà essere sospesa al verificarsi di una delle seguenti condizioni:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 149 di 157

- variazione delle condizioni d'impiego, riportate nelle schede tecniche di prodotto;
- variazione dei materiali e dei componenti impiegati;
- variazione dei processi di produzione;
- spostamento della sede produttiva;
- inconvenienti gravi o ripetuti;
- scostamenti significativi dallo standard qualitativo del prodotto.

FERROVIE si riserva di verificare in qualsiasi momento il rispetto delle condizioni originali di omologazione. Qualsiasi modifica, non tempestivamente comunicata a FERROVIE, farà decadere l'omologazione.

1.2 CLASSI DI CORROSIVITÀ ATMOSFERICA E REQUISITI MINIMI

Per la definizione della classe di corrosività atmosferica del ciclo di verniciatura, si dovrà fare riferimento alle tabelle 6.6.10.3.1.1.1 e 6.6.10.3.1.1.2, nelle quali sono riportati gli spessori minimi complessivi dei film protettivi. La classe di corrosività C3 rappresenta la soglia minima alla quale i cicli di verniciatura dovranno essere omologati. Per quanto non specificato nella presente norma, si rimanda ai prospetti A.3, A.4 e A.5 della norma UNI EN ISO 12944-5. Per i primer zincanti, ai sensi della norma UNI EN ISO 12944-5, il contenuto minimo di zinco in polvere sulla parte non volatile della pittura deve essere l'80% in massa (m/m), sia per i leganti organici che inorganici.

1.3 PROVE DI PREQUALIFICAZIONE DELLA VERNICIATURA

Le prove da effettuare in fase di prequalifica sono di seguito elencate:

- analisi chimica qualitativa e quantitativa;
- invecchiamento artificiale in nebbia salina ai sensi della norma UNI EN ISO 9227;
- invecchiamento artificiale per esposizione ad UV ai sensi della norma UNI EN ISO 16474;
- prove di deformazione rapida (resistenza all'urto) ai sensi della norma UNI EN ISO 6272-1;
- determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti anidride solforosa ai sensi della norma UNI EN ISO 3231 (solo per i cicli con classe di corrosività C5-I).

1.3.1 CAMPIONI E PROVINI

Il campione liquido di ogni singolo prodotto del ciclo, non inferiore a 2 litri, necessario per le analisi chimiche, dovrà essere prelevato come descritto nella norma UNI EN ISO 1512.

I pannelli metallici per le prove devono essere in acciaio tipo S275 (ai sensi del DM 17.01.2018) e, se non diversamente concordato con FERROVIE, avere le dimensioni indicate nella norma di riferimento della prova per i quali sono stati preparati.

Le dimensioni e gli spessori dei provini con substrato di acciaio zincato devono essere uguali a quelli definiti in precedenza per i substrati di acciaio.

La preparazione superficiale dei provini dovrà essere effettuata con la stessa modalità indicata nella scheda tecnica del ciclo, sempre con riferimento ai contenuti della norma UNI EN ISO 8501.

Se non diversamente concordato, il numero minimo di provini è di tre per ogni prova.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 150 di 157

Gli spessori dei vari strati dovranno essere conformi a quelli indicati nella scheda tecnica di applicazione del ciclo. Non saranno ritenuti validi ai fini della verifica dei requisiti minimi fissati, provini che presentino spessori con tolleranze maggiori del $\pm 20\%$ di quelli dichiarati.

I contenitori dei campioni di vernice liquida e i pannelli di prova, da inviare al laboratorio, dovranno essere muniti di marchio e sigilli, e recare in modo chiaramente leggibile:

- l'indicazione del PRODUTTORE;
- il tipo, la qualità e la codifica del prodotto;
- l'identificazione del lotto di produzione e le precauzioni per la sicurezza del personale in relazione alla pericolosità del prodotto in termini di tossicità e infiammabilità;
- la data di scadenza del prodotto.

Inoltre, i provini metallici, dovranno essere accompagnati da una dichiarazione riportante il tipo di preparazione superficiale, le modalità e le date di applicazione dei vari strati e l'attestazione della corrispondenza dei prodotti usati con quelli della campionatura presentata alle analisi chimiche. La dichiarazione dovrà riportare inoltre, per ogni provino, gli spessori dei vari strati misurati secondo la norma UNI EN ISO 2808.

1.3.2 ANALISI CHIMICHE

Le analisi chimiche, qualitative e quantitative, dovranno essere svolte secondo quanto indicato al paragrafo 6.6.10.3.1.5.

1.3.3 INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE IN NEBBIA SALINA

La prova di resistenza in nebbia salina verrà eseguita su provini, di dimensione pari a 200x150x4, sui quali sono state praticate con un attrezzo sottile e ben affilato due incisioni lunghe circa 80 mm e profonde fino al metallo in modo da formare una croce di Sant'Andrea.

Tale incisione, praticata nella zona inferiore della superficie esposta, serve per comparare i risultati su una superficie integra ed una con soluzione di continuità.

Prima della prova di invecchiamento artificiale è prevista la valutazione dell'aderenza (effettuata su provino tal quale a quello che sarà sottoposto alla prova di invecchiamento) ai sensi della norma UNI EN ISO 2409 (metodo della quadrettatura) e il requisito da soddisfare deve essere il raggiungimento della classificazione 0 sul primer e 1 sull'intero ciclo, ai sensi della citata norma. Se lo spessore della pellicola secca della verniciatura è maggiore di 200 μm , dovrà essere effettuata la prova di aderenza per trazione ai sensi della norma UNI EN ISO 4624 (Pull-off) invece della prova prevista nella norma UNI EN ISO 2409. Come requisito, non è ammessa nessuna rottura a meno che i valori di trazione siano 4 MPa o maggiori.

Nel prospetto seguente, si riporta la durata della prova di invecchiamento artificiale per ciascuna classe di corrosività.

<i>Classe di corrosività come definita nella ISO 12944-2</i>	<i>Prova di invecchiamento artificiale in nebbia salina</i>
C3	480 h
C4	720 h
C5-I	1440 h
C5-M	1440 h

Tabella 1.3.3.1 - Prospetto della durata della prova di invecchiamento artificiale

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 151 di 157

Non è ammessa propagazione della corrosione oltre i 3 mm dall'intaglio e il grado di blistering sarà ritenuto accettabile solo se uguale o superiore a "8 medium" ai sensi della norma ASTM D714.

Dopo il processo di invecchiamento artificiale, è prevista la valutazione dello stato della superficie del provino ai sensi della norma UNI EN ISO 4628 e il requisito da soddisfare dovrà essere l'assenza di fenomeni di vescicamento, arrugginimento, screpolatura e sfogliamento.

Dopo un ricondizionamento di 24 h (in atmosfera normale a circa 23 °C e 50 % di umidità relativa), dovrà essere effettuata una prova di aderenza ai sensi della norma UNI EN ISO 2409 (metodo della quadrettatura) e il requisito da soddisfare è il raggiungimento del grado di classificazione 0 sul primer e 1 sull'intero ciclo, ai sensi della citata norma. Come in precedenza, se lo spessore della pellicola secca della verniciatura è maggiore di 200 µm, dovrà essere effettuata la prova di aderenza per trazione ai sensi della norma UNI EN ISO 4624 (Pull-off) invece della prova prevista nella norma UNI EN ISO 2409. Come requisito, non è ammessa nessuna rottura, a meno che i valori di trazione siano 4 MPa o maggiori.

1.3.4 INVECCHIAMENTO ARTIFICIALE PER ESPOSIZIONE AI RAGGI UV

Prima della prova di invecchiamento artificiale per esposizione ai raggi UV, secondo il metodo A, è prevista la determinazione delle seguenti caratteristiche:

- brillantezza della finitura (misurata ai sensi della norma UNI EN ISO 2813 con un angolo di 60°);
- colore della finitura (valutato ai sensi della norma UNI 8941-3).

Nella tabella seguente si riportano le durate di esposizione in funzione della classe di corrosività.

<i>Classe di corrosività come definita nella ISO 12944-2</i>	<i>Esposizione ad UV ai sensi della norma UNI EN ISO 16474</i>
C3	500 h
C4	750 h
C5-M e I	1000 h

Tabella 1.3.4.1 - Prospetto della durata della prova di invecchiamento artificiale

Ogni ciclo di esposizione sarà composto da 8 ore di UV a 60°C e 12 ore di Condensa a 40°C. La prova si riterrà soddisfatta in assenza di cracking e blistering.

Al termine della prova, inoltre, dovrà verificarsi:

- una riduzione della brillantezza della finitura minore o uguale al 20% (misurata come indicato in precedenza);
- una variazione di colore ΔE minore o uguale a 3 ai sensi della norma UNI EN ISO 11664.

1.3.5 PROVA DI RESISTENZA ALL'URTO

La prova di resistenza all'urto, ai sensi della norma UNI EN ISO 6272-1, si riterrà soddisfatta qualora al termine della stessa la superficie non presenti nessuna fessurazione, per un valore dell'energia di impatto pari a 5 J.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 152 di 157

1.3.6 RESISTENZA ALLE ATMOSFERE UMIDE CONTENENTI ANIDRIDE SOLFOROSA

La prova di determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti anidride solforosa, ai sensi della norma UNI EN ISO 3231, sarà ritenuta soddisfatta qualora il provino presenti una porzione interessata da punti di ruggine delle dimensioni massime del 15% della superficie stessa del provino, dopo 10 cicli da 24 ore di esposizione.

1.4 PROVE DI APPLICAZIONE DEL CICLO

Qualora le prove di prequalificazione sui prodotti vernicianti risultino soddisfatte, dovranno effettuarsi prove pratiche di applicazione del ciclo sull'elemento campione indicato nell'allegato 3, approvvigionato dallo stesso PRODUTTORE. Per omologazioni di cicli su supporto zincato a caldo, lo spessore della zincatura dovrà avere un valore minimo di 85 micron e non dovrà superare il valore nominale del film secco applicato sulla piastra stessa.

Laddove possibile, sarà applicato sulle piastre campione lo stesso lotto di prodotto impiegato per i pannelli di prova utilizzati nella fase di test di laboratorio, in caso contrario si dovrà svolgere almeno un'analisi spettrofotometrica (IR) del nuovo lotto applicato.

Nel caso di cicli di verniciatura per apparecchi d'appoggio, per le prove di applicazione del ciclo il PRODUTTORE dovrà approvvigionare, tre piastre metalliche quadrate con lato non inferiore a 500 mm, dello spessore minimo di 10 mm, con un foro da 30 mm di diametro in prossimità di uno degli angoli.

Nella preparazione della piastra campione, relativa ai cicli di verniciatura di tipo manutentivo, si dovrà applicare preventivamente un prodotto verniciante (differente da quelli del ciclo) per simulare il processo di manutenzione. Su tale strato iniziale dovrà essere effettuata la preparazione superficiale prevista dal ciclo di verniciatura in omologazione..

Sugli elementi metallici campione sarà applicato, in presenza di un ispettore di FERROVIE, il ciclo di verniciatura in fase di omologazione, presso un applicatore scelto dal PRODUTTORE, a sua cura e spese.

Il PRODUTTORE provvederà ad incaricare a sua cura e spese, un ispettore qualificato da NACE o FROSIO (definito nel seguito "Ispettore Qualificato") per la supervisione del processo di applicazione della vernice e per lo svolgimento delle seguenti prove:

All'atto dell'applicazione del ciclo di verniciatura

- misura degli spessori in condizioni umide delle varie mani;
- verifica della presenza di eventuali difetti di verniciatura (colature, grumi, mancanze, etc...).

Trascorsi 60 giorni dall'applicazione del ciclo di verniciatura (sempre in presenza di un ispettore di FERROVIE)

- esame visivo al fine di verificare la presenza di eventuali fenomeni di degrado della superficie del film protettivo;
- controllo dello spessore secondo UNI EN ISO 2808, seguendo i criteri citati in precedenza;
- controllo dell'aderenza effettuato mediante strappo secondo UNI EN 4624, seguendo i criteri citati in precedenza.
- determinazione del colore ai sensi della norma UNI 8941-3;
- determinazione della brillantezza della finitura ai sensi della norma UNI EN ISO 2813 con un angolo di 60°;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 153 di 157

La strumentazione per le prove suddette, adeguatamente certificata, dovrà essere fornita dal PRODUTTORE.

Al termine delle suddette attività, l'Ispettore Qualificato rilascerà la propria documentazione contenente l'esito di ciascun controllo. Tale documentazione è parte integrante del Dossier di omologazione.

1.5 DOSSIER DI OMOLOGAZIONE

Il dossier, redatto a cura del PRODUTTORE, dovrà contenere almeno le seguenti informazioni:

- i dati del PRODUTTORE e la domanda di omologazione comprensiva di tutti gli allegati (come indicato nel paragrafo 1.1);
- i dati di ciascun laboratorio di prova utilizzato;
- i certificati originali rilasciati dai laboratori di prova, nei quali siano riportate almeno la tipologia, la durata, la data e gli esiti di ciascuna prova;
- la documentazione prodotta dall'ispettore qualificato da NACE o FROSIO nella fase di applicazione;
- il materiale fotografico di tutte le fasi del processo di omologazione;
- i verbali di constatazione compilati dagli ispettori di FERROVIE presenti durante le fasi dell'omologazione.

1.6 RINNOVO DEI CICLI DI VERNICIATURA

Relativamente al rinnovo, il PRODUTTORE dovrà presentare apposita domanda, come nel caso dell'omologazione, alla Struttura competente di FERROVIE.

FERROVIE, esaminata la domanda e presa visione del pagamento del preventivo di spesa comunicato, darà avvio all'attività di rinnovo, alla quale si riserva di presenziare con proprio personale ai controlli previsti. Quest'ultimi, e gli esiti relativi, sono di seguito indicati:

- misura degli spessori ai sensi della norma UNI EN ISO 2808 (la strumentazione, adeguatamente certificata, dovrà essere fornita dal PRODUTTORE). Il valore "medio" dello spessore rilevato non deve essere inferiore a quello nominale di omologazione e ciascun "singolo" valore rilevato non deve essere inferiore all'80% del valore nominale di omologazione;
- prova di aderenza (pull-off) ai sensi della norma UNI EN ISO 4624 (la strumentazione, adeguatamente certificata, dovrà essere fornita dal PRODUTTORE). Non sono ammesse rotture per valori di trazione inferiori a 4 MPa;
- Misura del colore, effettuata con l'ausilio dello spettrofotometro (la strumentazione, adeguatamente certificata, dovrà essere fornita dal PRODUTTORE). Il valore della differenza visiva di colore (ΔE), rispetto a quella precedentemente rilevata, dovrà essere minore o uguale a 3, ai sensi della norma UNI 8941-3.
- Determinazione della brillantezza della finitura ai sensi della norma UNI EN ISO 2813 con un angolo di 60°. Il valore della riduzione della brillantezza della finitura dovrà essere minore o uguale al 20% rispetto al valore misurato in fase di omologazione.

Il PRODUTTORE, al termine di tutte le prove e controlli, dovrà predisporre e trasmettere a FERROVIE un "Dossier di rinnovo", nel quale siano riportate tutte le prove effettuate con i relativi esiti, le apparecchiature utilizzate in conformità alle norme pertinenti e tutta la documentazione prodotta nel corso dei controlli.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 154 di 157

FERROVIE, esaminato e approvato il Dossier suddetto, procederà a comunicare al PRODUTTORE il rinnovo dell'omologazione.

1.7 DISPOSIZIONI TRANSITORIE

Per i tutti i cicli che hanno subito un processo di riclassificazione con l'entrata in vigore del Capitolato edizione 2015, ciascun PRODUTTORE, all'atto primo rinnovo, dovrà:

- approvvigionare, a sua cura e spese, un elemento campione in acciaio con le dimensioni indicate in allegato 3, che dovrà essere depositato, a valle dell'applicazione del ciclo di verniciatura, presso il Campo Prove di Ceccano (FR);
- fornire a FERROVIE gli esiti delle analisi chimiche qualitative dei vari prodotti vernicianti che compongono il ciclo omologato, effettuate attraverso spettrofotometria infrarossa (IR), come indicato al par. 6.6.10.3.1.5.

Qualora il PRODUTTORE ritenga opportuno modificare la classe assegnata al proprio ciclo nell'operazione di riclassificazione, potrà richiedere a FERROVIE il riposizionamento attraverso le seguenti prove:

- prova di applicazione del ciclo di verniciatura sull'elemento campione suddetto, modificando gli spessori in funzione della nuova classe di corrosività richiesta. La prova dovrà essere svolta presso un applicatore scelto a cura e spese del PRODUTTORE e in presenza di un ispettore di FERROVIE, e a valle dell'applicazione dovranno risultare assenti sulla superficie: colature, festonature, bolle, raggrinzimenti, macchie, disuniformità di tinta o di brillantezza;
- prove di invecchiamento artificiale, in nebbia salina e per esposizione ai raggi UV, da svolgere con le modalità indicate al paragrafo 6.6.10.3.2.3, con le prestazioni relative alla nuova classe richiesta. Le prove dovranno avere esito positivo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 155 di 157

ALLEGATO 2 – SCHEDA DI IDENTIFICAZIONE DEI PRODOTTI VERNICIANTI

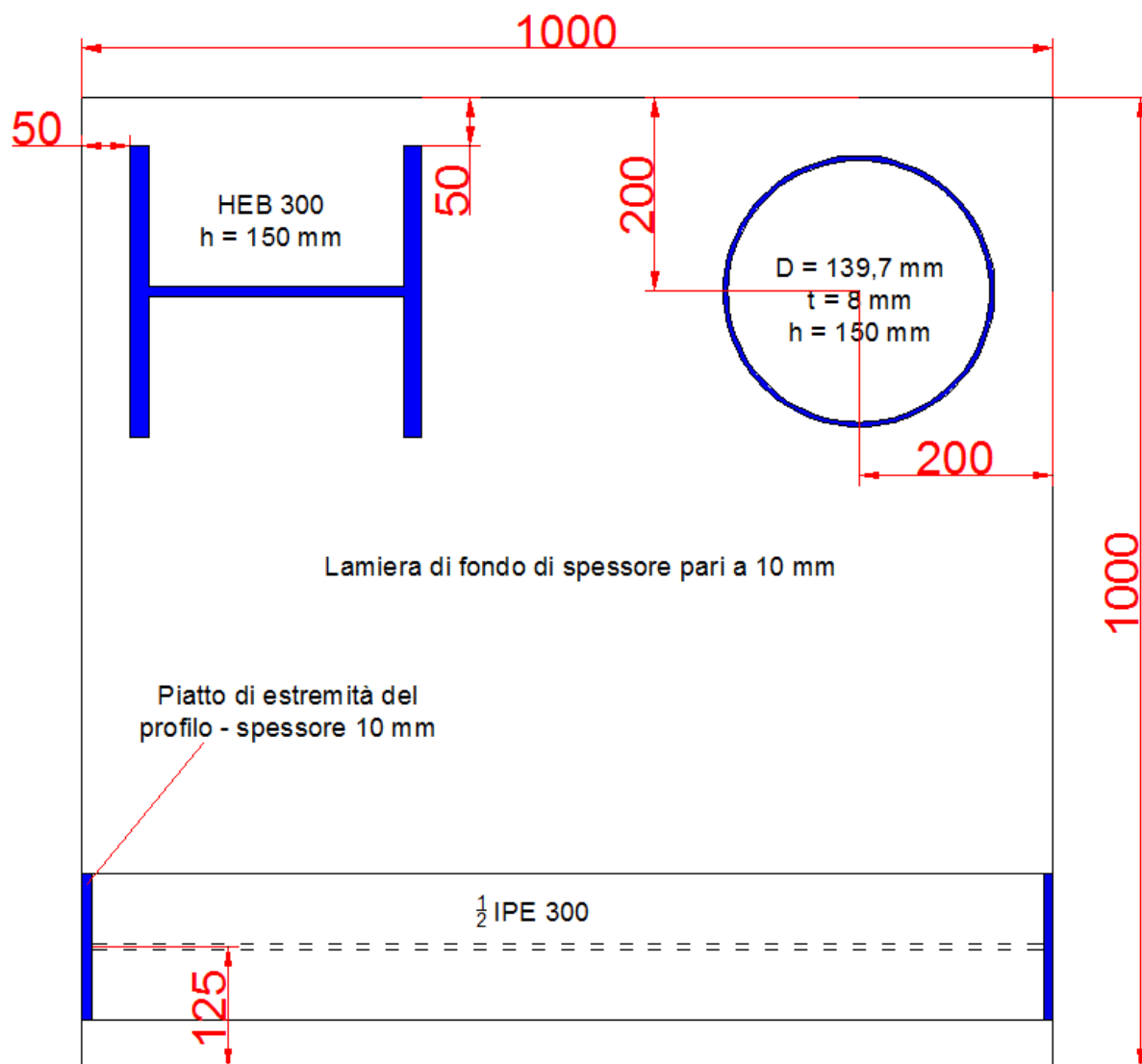
DATI DEL PRODOTTO VERNICIANTE (PARTE 1)	
PRODUTTORE:.....	
Denominazione del prodotto:.....	
Impiego:.....	
Condizioni di esercizio	
• Temperatura:..... °C • Umidità relativa:.....%	
Tipo: bicomponente monocomponente	
Rapporto di miscelazione in peso:...../...../.....	
Sistemi di applicazione consigliati:.....	
Contenuto di sostanze volatili:.....g/litro	
Peso specifico (UNI EN ISO 2811): kg/litro	
Tipo di diluente idoneo:.....	
Diluizione consigliata:..... %	
Tempo di essiccazione in superficie (UNI EN ISO 9117):.....minuti	
Tempo di essiccazione in profondità (UNI EN ISO 9117):.....h	
Tempo di immagazzinamento:.....mesi	
Tempo minimo di sovra verniciatura:.....h	
Resa teorica:.....m ² /kg	
Spessore della pellicola essicata (UNI EN ISO 2808):.....micron	
Spessore della pellicola umida (UNI EN ISO 2808):.....micron	
Potere coprente (UNI 11271):.....%	
Nome colore:	
RAL:.....	
Coordinate del colore:.....	

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 156 di 157

IDENTIFICAZIONE CHIMICA DEL PRODOTTO (PARTE 2)				
Nome del prodotto verniciante:				
Produttore:				
Nome del Laboratorio:				
Data:				
		Norma o metodo di prova	Risultati	Tolleranze
Contenuto in legante (massa)		Per differenza		± 5%
Contenuto in pigmenti (compresi gli additivi)		ISO 14680-2 o ISO 11358-1		± 5%
Massa non volatile		ISO 3251		± 5%
Densità		ISO 2811		± 0,1 g/ml
Residuo in cenere		ISO 14680-2		± 5%
Contenuto dei pigmenti	Zn	ISO 14680-2		± 5%
	Fe			± 5%
	P			± 5%
	Al			± 5%
	CaCO ₃			≤ 3%
	Cr			Assenti
	Pb			Assenti

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 6 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO E IN ACCIAIO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 6	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 001 C	FOGLIO 157 di 157

**ALLEGATO 3 – ELEMENTO CAMPIONE PER LE PROVE DI APPLICAZIONE PRATICA
DEL CICLO DI VERNICIATURA**



NOTA: predisporre opportuni ganci per lo spostamento e un foro all'interno del profilo tubolare per il deflusso dell'acqua.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 7
PALI E MICROPALI**

- 7.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 7.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 7.3 DEFINIZIONI
- 7.4 ABBREVIAZIONI
- 7.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI
- 7.6 PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO
- 7.7 MICROPALI
- 7.8 CONTROLLI
- 7.9 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A. Latorre	A. Rinaldi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A. Latorre	A. Rinaldi	F. Iacobini
C	21/12/2018	Emissione per Applicazione	A. Latorre	A. Rinaldi	F. Iacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 2 di 28

INDICE

7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
7.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE	4
7.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
7.2.1. NORMATIVA NAZIONALE	4
7.2.2. NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA.....	4
7.2.3. NORMATIVA FERROVIARIA	5
7.3. DEFINIZIONI	5
7.4. ABBREVIAZIONI.....	8
7.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI.....	8
7.5.1. RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA	9
7.6. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO	10
7.6.1. MATERIALI	10
7.6.1.1. Armature metalliche	10
7.6.1.2. Rivestimenti metallici	10
7.6.1.3. Conglomerati cementizi	11
7.6.1.4. Fanghi per il sostegno dello scavo	11
7.6.2. MODALITÀ ESECUTIVE.....	11
7.6.2.1. Pali infissi	11
7.6.2.1.1. <i>Pali infissi gettati in opera</i>	<i>11</i>
7.6.2.1.2. <i>Pali infissi prefabbricati</i>	<i>13</i>
7.6.2.2. Pali trivellati	14
7.6.2.2.1. <i>Pali trivellati tradizionali</i>	<i>14</i>
7.6.2.2.2. <i>Pali trivellati con fanghi stabilizzanti</i>	<i>15</i>
7.6.2.2.3. <i>Pali trivellati con rivestimento provvisorio (tubo-forma estraibile)</i>	<i>15</i>
7.6.2.2.4. <i>Pali trivellati ad elica continua</i>	<i>16</i>
7.6.2.2.5. <i>Pali con morsa giracolonna</i>	<i>17</i>
7.7. MICROPALI	18
7.7.1. TIPOLOGIE	18
7.7.1.1. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive	18
7.7.1.2. Micropali a semplice cementazione	18
7.7.2. MATERIALI	19
7.7.3. MODALITÀ ESECUTIVE.....	20
7.7.3.1. Tecniche ed attrezzature per la perforazione	20
7.7.3.2. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive	20
7.7.3.3. Micropali a semplice cementazione	21
7.7.3.3.1. <i>Riempimento a gravità</i>	<i>21</i>
7.7.3.3.2. <i>Riempimento a bassa pressione</i>	<i>22</i>
7.8. CONTROLLI.....	22

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 3 di 28

7.8.1. PROVE IN CORSO D'OPERA.....	22
7.8.2. PROVE SU PALI STRUMENTATI	24
7.8.3. PROVE DI CONTROLLO SONICO	24
7.8.3.1. Carotaggio sonico	24
7.8.3.1.1. <i>Descrizione della prova</i>	24
7.8.3.1.2. <i>Frequenza di esecuzione</i>	24
7.8.3.1.3. <i>Modalità di esecuzione</i>	25
7.8.3.1.4. <i>Documentazione della prova</i>	25
7.8.3.2. Prove cross-hole	25
7.8.3.2.1. <i>Descrizione della prova</i>	25
7.8.3.2.2. <i>Frequenza delle prove</i>	25
7.8.3.2.3. <i>Modalità di esecuzione</i>	26
7.8.3.2.4. <i>Documentazione della prova</i>	26
7.8.4. PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)26	
7.8.4.1. Descrizione della prova	26
7.8.4.2. Modalità di esecuzione	26
7.8.4.3. Documentazione della prova	27
7.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE	27
7.9.1. OBIETTIVI	27
7.9.2. DEFINIZIONI	27
7.9.3. MODALITÀ DI LETTURA	27

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 C</u>	FOGLIO 4 di 28

7.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 7 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 005 B - del 22/12/2017).

7.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del Capitolato si applica a tutte le opere di fondazione ove sono previsti pali e micropali.

Per l'utilizzo dei pali nelle opere di sostegno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 8 "Paratie di pali, diaframmi e palancolate" del presente Capitolato.

Per l'utilizzo dei micropali nelle opere di rinforzo e stabilizzazione del terreno valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 10 "Opere di miglioramento rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato.

I PALI sono distinti, con riferimento alle loro dimensioni, in pali di medio e grande diametro.

Nel presente documento si utilizza la seguente classificazione:

- *pali di medio diametro:* $300 \text{ mm} \leq D \leq 600 \text{ mm}$
- *pali di grande diametro:* $D > 600 \text{ mm}$

I "MICROPALI" sono perforazioni trivellate aventi diametro $D < 300 \text{ mm}$, costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Si precisa che per le modalità di gestione dei materiali di risulta, derivanti dalla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015, etc.).

7.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la normativa e documentazione di riferimento.

Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse norme, vale l'interpretazione più favorevole per Rete Ferroviaria Italiana.

7.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008" per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018
- D.lgs. 03 aprile 2006 n° 152 "Norme in materia ambientale"

7.2.2. NORMATIVA EUROPEA E NORMATIVA TECNICA

- EN 1990:2006 "Eurocode - Basis of structural design"
- EN 1997-2:2007 "Eurocode 7- Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing"

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 C</u>	FOGLIO 5 di 28

- UNI EN 1536:2015 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati”
- UNI EN 10025-1:2005 “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura”
- UNI EN 10025-2:2005 “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali”
- UNI EN 10080:2005 “Acciaio d’armatura per calcestruzzo - Acciaio d’armatura saldabile – Generalità”
- UNI EN 10210-1:2006 “Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10210-2:2006 “Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo”
- UNI EN 10219-1:2006 “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10219-2:2006 “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 2: Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo”
- UNI EN 12699:2015 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali eseguiti con spostamento del terreno”
- UNI EN 12794:2007 “Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Pali da fondazione”
- UNI EN 14199:2015 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Micropali”

7.2.3. Normativa ferroviaria

- RFI DTC SI CS MA IFS 001 “Manuale di progettazione delle opere civili” Parte II - Sezione 3
- Manuale di progettazione RFI Parte II – Sezione 2: Ponti e Strutture
In generale dovranno considerarsi tutte le norme tecniche internazionali e nazionali di riconosciuto valore. Ai fini del presente capitolato possono essere considerate di riconosciuto valore:
- Normative Europee (EURONORME)
- Normative ISO
- Norme tecniche nazionali e linee guida

7.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante.

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali.

Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, Contraente Generale, General Contractor).

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 6 di 28

Micropali a iniezione multipla selettiva: micropali realizzati attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno, connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

Micropali a semplice cementazione: micropali realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e solidarizzati mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

Pali infissi gettati in opera: pali realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo per battitura il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato o non armato;
- pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo-forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene armato con gabbia in acciaio e completato con getto di calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

Pali infissi prefabbricati: pali realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, ed eventualmente con l'ausilio di un getto d'acqua in pressione che fuoriesce dalla punta attraverso un foro centrale longitudinale.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica;
- pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

Pali trivellati: I pali trivellati sono costruiti in opera, eseguendo il getto di calcestruzzo all'interno di un foro, dopo l'introduzione di una gabbia di armatura, quando prevista. Si differenziano essenzialmente per i metodi di perforazione, sostegno delle pareti e getto del calcestruzzo.

Pali trivellati tradizionali: Si definiscono pali trivellati tradizionali quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere garantita con l'ausilio di fanghi stabilizzanti ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

Pali trivellati ad elica continua: Si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per roto-traslazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

L'eventuale gabbia di armatura viene posta in opera una volta completato il getto di calcestruzzo.

Pali con morsa giracolonna: pali trivellati realizzati all'interno di tubo-forma provvisorio in acciaio infisso con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna. Tale tipologia è da utilizzare in presenza di

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS 005</u> <u>C</u>	FOGLIO 7 di 28

trovanti, strati lapidei, murature esistenti e ove non fosse possibile l'utilizzo di diversa attrezzatura di perforazione.

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 8 di 28

7.4. ABBREVIAZIONI

cls: calcestruzzo

DL: Direzione Lavori

SLE: Stati Limite di Esercizio

WBS: Work Breakdown Structure

7.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle "Disposizioni generali" del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, prima di dare inizio alle lavorazioni, dovrà:

- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnico – operativa, così come indicato al paragrafo 7.5.1;
- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione finale delle risultanze del campo prova al fine di concordare l'esecuzione di eventuali prove per la taratura dei parametri geotecnici;
- eseguire il tracciamento preliminare dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo, e accertare che su ogni picchetto sia riportato il numero progressivo del palo in conformità alla planimetria presentata ed accettata dalla DIREZIONE LAVORI.

All'inizio e durante le lavorazioni, l'ESECUTORE, se non diversamente prescritto, dovrà:

- mantenere la piazzola di lavoro pulita e sgombra, anche al fine di consentire il costante controllo della quota di testa-palo;
- per eventuali variazioni delle metodologie esecutive precedentemente approvate, presentare un' ulteriore relazione tecnico-operativa sulle nuove metodologie, da sottoporre all'approvazione della DIREZIONE LAVORI, la quale potrà, a sua discrezione, richiedere l'esecuzione di prove tecnologiche (campo prova) al fine di verificare l'idoneità delle nuove metodologie esecutive;
- comunicare alla DIREZIONE LAVORI anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, e comunque ogni qual volta le condizioni reali risultino sensibilmente differenti da quelle di progetto;
- eseguire tutte le prove, previste nella relazione tecnico operativa di cui al paragrafo 7.5.1, in situ e/o di laboratorio, e allegare i certificati alla specifica documentazione di controllo elaborata per ciascuna opera. Detto laboratorio potrà essere di cantiere (per le prove per cui è attrezzato), o qualificato ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI, od ancora un Laboratorio Ufficiale autorizzato;;
- curare che lo stoccaggio in cantiere delle gabbie di armatura avvenga in apposita area preliminarmente individuata, verificando che le gabbie non siano a contatto diretto con il terreno e siano provviste di idoneo contrassegno indicante gli estremi della fornitura dell'opera o porzione di opera per cui è previsto l'impiego (WBS), del numero del palo e della posizione della gabbia;
- provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali con martello demolitore, di peso operativo non superiore a 170 kg e diametro della punta adeguato alla geometria della struttura, fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura e della testa del palo con aria in pressione;
- provvedere, al completamento dei lavori e nel rispetto delle scadenze fissate contrattualmente, alla redazione e trasmissione della documentazione finale "as-built" prevista da contratto;
- indicare, per ciascun palo, i mc gettati da ogni betoniera e la corrispondente quota raggiunta dal cls nel foro, onde poter riscontrare le eventuali difformità tra i valori gettati e quelli attesi, verificare che tali dati siano registrati in specifici documenti di controllo resi disponibili alla DIREZIONE LAVORI, ed

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 9 di 28

accertare che le eventuali anomalie siano comunicate tempestivamente alla DIREZIONE LAVORI e riportate nella documentazione “as-built”.

L'ESECUTORE dovrà dare evidenza delle attività di controllo effettuate per garantire la conformità alle prescrizioni della presente sezione attraverso la redazione di specifica documentazione di registrazione, elaborata per ciascun palo/micropalo.

7.5.1. RELAZIONE TECNICO – OPERATIVA

La relazione tecnico operativa che l'ESECUTORE deve presentare alla DIREZIONE LAVORI dovrà contenere:

- il rilievo stratigrafico del terreno individuato dal progetto;
- una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo distintivo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a Rete Ferroviaria Italiana con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;
- l'elenco e la descrizione tecnica delle apparecchiature da utilizzare, con indicate le modalità di esecuzione e le seguenti caratteristiche:

per i pali infissi (nel caso di utilizzo di battipalo):

- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza "E" del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza, costante elastica, coefficiente di costituzione);
- caratteristiche della cuffia (materiale e peso);
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

per i pali trivellati:

- caratteristiche, numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature, in funzione delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché delle dimensioni dei pali da eseguire;
- caratteristiche dei macchinari da utilizzare nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati cementati o nel caso si voglia conseguire un adeguato ammorsamento in sub-strati di roccia dura;
- in caso di impiego di fanghi stabilizzanti, le modalità operative di utilizzo degli stessi e le caratteristiche tecniche dell'impianto di trattamento cui devono essere soggetti;
- il programma di esecuzione delle opere nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per la realizzazione dei pali/micropali;
- la programmazione di un eventuale specifico campo prova (pali/micropali “pilota” esterni all’opera) al fine di verificare l'idoneità di tutte le attrezzature e l'adeguatezza delle modalità esecutive, nelle particolari condizioni stratigrafiche e in relazione all'importanza dell'opera o a particolari soggezioni ambientali;
- l'indicazione, mediante adeguati contrassegni, di tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, funi) allo scopo di effettuare i necessari controlli.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: RFI DTC SI CS SP IFS 005 C	FOGLIO 10 di 28

7.6. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

7.6.1. MATERIALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto nel paragrafo 7.5 ("Oneri e Prescrizioni generali") della presente Sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato. Queste ultime si intendono integralmente applicabili.

7.6.1.1. Armature metalliche

L'ESECUTORE può ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, delle spirali, o degli anelli irrigidenti ai ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione; in questo caso L'ESECUTORE deve verificare che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre, mediante l'esecuzione di prove a trazione su elementi sottoposti a saldatura. A tal fine L'ESECUTORE dovrà prelevare all'estremità delle gabbie 3 campioni di barra longitudinale con staffa/spirale (ogni 500 ml di gabbia) e ripristinare l'armatura aggiungendo barre e staffe/spirale con sovrapposizione di 40 diametri.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le armature siano pre-assemblate fuori opera in "gabbie";
- i collegamenti tra armatura longitudinale e trasversale siano ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti, o con saldatura - puntatura, e che le sporgenze ricadano sempre all'interno della gabbia senza intralciare l'inserimento del tubo getto;
- le armature elicoidali siano fissate solidamente a tutte le armature longitudinali intersecate e che l'interasse delle staffe ed il passo della spirale non sia superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 12 mm (Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario, par. 1.8.3.3);
- l'interasse fra le barre longitudinali non sia in alcun caso inferiore a 7,5 cm;
- sulle gabbie di armatura, nella fase di stoccaggio in cantiere, siano stati posizionati opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 4 cm rispetto al rivestimento definitivo o, nel caso di pali trivellati di grande diametro, di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%;
- i distanziatori siano posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 2-3 m;
- l'armatura sia mantenuta in posizione senza essere poggiata sul fondo del foro, secondo la metodologia indicata nella relazione tecnico-operativa.

7.6.1.2. Rivestimenti metallici

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la tipologia di rivestimento per ogni palo, nonché le caratteristiche geometriche del rivestimento stesso, sia provvisorio che definitivo, siano conformi alle prescrizioni di progetto;
- i tubi di rivestimento siano in acciaio, di qualità, forma e spessore tali da sopportare, senza danni o deformazioni, tutte le sollecitazioni agenti durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e tali da impedire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno o alla infissione di pali vicini;
- i rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera siano chiusi alla base mediante una piastra d'acciaio di spessore minimo di 8 mm, e comunque proporzionato al diametro del rivestimento. Tale piastra deve

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 11 di 28

essere saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne. E' ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile, con raccordi opportunamente saldati o flangiati.

Nel caso di tubo-forma estraibile, questo deve essere costituito da un cilindro chiuso inferiormente da un piattello metallico a perdere con un bordo che fa tenuta sul tubo impedendo l'ingresso all'interno di acqua o terreno.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Gli eventuali altri spezzoni, nel corso della saldatura, saranno mantenuti in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

7.6.1.3. Conglomerati cementizi

Per i conglomerati cementizi l'ESECUTORE dovrà rispettare quanto prescritto dal progetto e dalla Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato e dovrà verificare, se non diversamente previsto, che la dimensione massima degli inerti, sia tale che $D_{max} < i_{min}/2,5$ dove i_{min} è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

7.6.1.4. Fanghi per il sostegno dello scavo

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l'esecuzione di pali trivellati tradizionali è consentito all'ESECUTORE l'uso di sostanze quali bentonite e/o polimeri che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma UNI EN 1536: "Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali trivellati".

7.6.2. MODALITÀ ESECUTIVE

7.6.2.1. Pali infissi

7.6.2.1.1. Pali infissi gettati in opera

a) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del rivestimento

Nel caso di infissione mediante battitura l'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione dei rivestimenti avvenga tramite battitura, senza estrazione di materiale, eventualmente mediante fasi intermedie, in conformità al progetto e/o alla relazione tecnico-operativa di cui al punto 7.5.1, approvata dalla DIREZIONE LAVORI;
- venga eseguito e registrato il conteggio dei colpi d'avanzamento: nel corso dell'infissione verrà conteggiato il numero di colpi per avanzamenti di 1 m;
- venga registrato il grafico dei colpi relativi agli ultimi 4 metri: in corrispondenza degli ultimi 4 m o più se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, si conterà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm;
- venga registrato il tempo necessario per l'infissione;
- per i rivestimenti definitivi, nel caso di utilizzo di mandrino di acciaio questo sia inserito nel rivestimento;
- nel caso il mandrino sia espanso, questo sia mantenuto del tutto solidale al tubo-forma per l'intera durata dell'infissione, al termine della quale sarà estratto;
- l'inserimento del mandrino nel rivestimento sia eseguito, se necessario, con l'ausilio di un "palo-pozzo" di diametro superiore a quello dei pali di esercizio. Il "palo-pozzo" potrà essere trasformato in palo di esercizio, solo previa accettazione della DIREZIONE LAVORI.

Per l'espulsione del fondello posto ad occludere l'estremità inferiore, nel caso di tubo-forma estraibile, è ammesso l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma collegato, tramite

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 C</u>	FOGLIO 12 di 28

un'asta rigida, alla base della testa di battuta. E' ammesso l'impiego di tubi-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.

L'ESECUTORE dovrà verificare che l'infissione dei rivestimenti sia arrestata quando è soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- rifiuto della battitura. Si intende raggiunto il rifiuto quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore a 2 cm.

In questo ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI avrà facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

L'ESECUTORE, previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI, potrà eseguire dei prefiori di guida all'infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il prefioro avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Di norma la profondità sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante (se esistente). Il prefioro potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

a.1) Vibro-infissione

Per quanto riguarda la vibro-infissione, ferme restando le prescrizioni per l'infissione del precedente paragrafo, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che sia utilizzato un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico. Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno verificate dall'ESECUTORE in relazione alle prestazioni da ottenere, a seguito di prove tecnologiche preliminari (campo prova su elementi sacrificali).

b) Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.1.1, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima del posizionamento delle gabbie d'armatura si abbia cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo;
- l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

c) Getto del calcestruzzo

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE, accertata la conformità alle prescrizioni riportate al paragrafo 7.5, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di realizzazione di pali con utilizzo di morsa idraulica il mix del calcestruzzo sia opportunamente dimensionato al fine di garantire, nelle condizioni specifiche di temperatura, un ritardo della presa in relazione alla lunghezza del palo, per ovviare ad eventuali inconvenienti che potrebbero prolungare il tempo di estrazione del tubo forma; tali accorgimenti non dovranno modificare la resistenza finale del calcestruzzo;
- il getto sia effettuato ad iniziare dal fondo foro, utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro di 20-26 cm, in spezzoni di circa 3 m, dotato in sommità di una tramoggia di carico della capacità di almeno 0.5-0.6 mc e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento (tubo-getto);

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 C</u>	FOGLIO 13 di 28

- l'interno del tubo-getto sia pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2.0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a 30÷60 cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo getto e/o di almeno 3 ÷ 4 m di palo;
- le operazioni di getto avvengano senza soluzione di continuità; in particolare, per i pali di grande diametro, si prescrive una cadenza di getto non inferiore a 15 mc/ora;
- durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, utilizzando uno scandaglio costituito da un grave metallico, del peso di circa 0,05 kN, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato, sia verificata la quota di riempimento del palo al fine di avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta, per valutare eventuali dispersioni;
- nel corso del getto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo, di 2.0 m. Per diametro del palo $\geq 1,2$ m l'immersione dovrà essere almeno di 2,5 m;
- la quota di fine getto sia portata ad almeno 0.5-1.0 m al di sopra della quota di progetto prevista per la testa palo (scapitozzatura).

c.1) Getto in presenza di tubo-forma estraibile

Per quanto riguarda il getto in presenza di tubo-forma estraibile, ferme restando le prescrizioni riportate nel paragrafo precedente, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- prima di installare il tubo-getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si dovrà provvedere alle operazioni di pulizia mediante air-lifting;
- il getto sia eseguito provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m e non superiore a 5 m;
- ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore sia preceduta dalla misurazione della quota raggiunta dal calcestruzzo.

7.6.2.1.2. Pali infissi prefabbricati

a) Prefabbricazione dei pali

La prefabbricazione dei pali potrà avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere.

In entrambi i casi, L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- i pali siano realizzati con calcestruzzo di caratteristiche conformi alle prescrizioni riportate nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del Capitolato. La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido oppure a vapore; in ogni caso i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture;
- nel caso di palificate da realizzare in ambienti aggressivi, qualora non previsto dal progetto, siano adottati opportuni accorgimenti tra i quali la definizione di un idoneo mix-design del cls e/o l'incremento del copriferro; altri accorgimenti, quali ad esempio vernici protettive, rivestimenti autoprotetti per proteggere la superficie esterna del palo, dovranno essere sottoposti all'approvazione preliminare della DIREZIONE LAVORI.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 14 di 28

b) Giunzione dei pali

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il giunto sia costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire;
- gli anelli vengano saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

c) Protezione della punta

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la punta dei pali sia protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza ed annegati nel calcestruzzo. In terreni poco compatti, l'uso della puntazza potrà essere evitato;
- in terreni molto compatti, la puntazza sia rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia).

d) Tecniche ed attrezzature per l'infissione del palo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nel caso di strati granulari addensati, in cui è stato concordato con la DIREZIONE LAVORI l'utilizzo di iniezioni d'acqua per facilitare l'infissione, la discesa del palo avvenga per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura;
- le iniezioni d'acqua siano interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto, e che le modalità, le pressioni e la portata del getto d'acqua siano comunicate alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di esecuzione di prefiori, al fine di ridurre le vibrazioni, o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, questi abbiano diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo;
- il prefioro non raggiunga lo strato portante, se esistente, e si fermi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.
- l'infissione dei pali sia arrestata quando si registri il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:
 - arrivo alla quota di progetto;
 - misurazione del rifiuto alla battitura (si intende raggiunto il rifiuto quanto l'infissione, corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente, è inferiore a 2 cm).

In quest'ultimo caso, la DIREZIONE LAVORI ha facoltà di chiedere all'ESECUTORE la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, per tratti anche superiori a 0,5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (es. forti sovrappressioni interstiziali).

7.6.2.2. Pali trivellati

7.6.2.2.1. Pali trivellati tradizionali

a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione "a secco" senza rivestimento, di norma, non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L'ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata (c_u) che alla generica profondità di scavo (H) soddisfino la seguente condizione:

$$c_u \geq \gamma H/3$$

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 C</u>	FOGLIO 15 di 28

dove:

γ = peso dell'unità di volume del terreno

Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

- la perforazione "a fango" non è ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini, con passante ($D = 4$ mm) inferiore al 10 %.

7.6.2.2.2. Pali trivellati con fanghi stabilizzanti

a) Preparazione del fango stabilizzante

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che il fango stabilizzante sia preparato ed utilizzato in accordo alle modalità indicate ai punti 7.6.1.4 della presente sezione.

b) Perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sia interrotta la perforazione alcuni metri prima ed ultimata solo nell'imminenza del getto;
- in corrispondenza di ciascun palo sia infisso nel terreno un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione piano-altimetrica della sommità del palo o di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione. Tale avampozzo dovrà avere diametro e profondità adeguati in relazione alla natura dei terreni attraversati, alle loro caratteristiche idrogeologiche ed ai macchinari utilizzati;
- una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provveda alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia (vedi paragrafo 7.6.1.4), ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. clearing bucket o air-lifting);
- dopo aver raggiunto la quota prevista in progetto e immediatamente prima del getto, lo spessore dei depositi sul fondo non superi i 20 cm.

c) Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.1.1, se non diversamente previsto, dovrà verificare che, nel caso che il palo attraversi strati di sede in falda acquifera in movimento, con pericolo di dilavamento del calcestruzzo in fase di getto e di maturazione, in corrispondenza di questi strati la gabbia sia avvolta da una camicia tubolare di lamierino in acciaio di $8 \div 10$ mm.

d) Getto del calcestruzzo

L'ESECUTORE, dopo aver accertato la conformità a quanto richiesto nel paragrafo 7.6.2.1.1 c, se non diversamente previsto, dovrà verificare che l'assorbimento reale di calcestruzzo non ecceda il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura maggiore del $10 \div 20$ %.

7.6.2.2.3. Pali trivellati con rivestimento provvisorio (tubo-forma estraibile)

a) Infissione del tubo-forma e perforazione terreno

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il tubo-forma sia costituito da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale. E' ammessa la giunzione

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 16 di 28

per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all'ingresso di terreno o acqua;

- l'infissione della tubazione di rivestimento sia ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici oppure, in terreni poco o mediamente addensati privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni oppure potrà essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo;
- la perforazione da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, sia eseguita, per la sola parte interessata all'interno del tubo-forma, imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici. Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna, adeguati al diametro e alla lunghezza del palo da realizzare;
- l'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento sia sufficiente ad evitare rifluimenti a fondo foro;
- la perforazione all'interno del tubo di rivestimento sia eseguita mediante:
 - benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
 - secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;

in entrambi i casi si dovrà conseguire la disaggregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro;

- la perforazione non sia approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma;
- nel caso di presenza di falda, il foro sia costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango stabilizzante) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda e lo scavo all'interno sia approfondito sino alla quota di progetto.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disagregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento ad opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

b) Armature

L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate al paragrafo 7.6.1.1 della presente sezione.

c) Getto del calcestruzzo

L'ESECUTORE, dovrà rispettare le prescrizioni riportate al paragrafo 7.6.2.1.1 c della presente sezione.

7.6.2.2.4. Pali trivellati ad elica continua

a) Tecniche ed attrezzature per la perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- si utilizzino escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montato su asta di guida, e dotati di dispositivo di spinta;
- l'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) siano commisurate alla profondità da raggiungere;
- la perforazione sia eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare;
- il macchinario di perforazione sia dotato di dispositivo automatico di registrazione in continuo del volume di calcestruzzo gettato in funzione della profondità e del diametro del palo;
- l'anima centrale dell'elica sia cava in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 C</u>	FOGLIO 17 di 28

- all'estremità inferiore dell'anima dell'elica sia posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto;
- la perforazione avvenga di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitamento;
- il volume di terreno estratto per caricamento della trivella sia non superiore al volume teorico della perforazione;

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'ESECUTORE, con l'accordo della DIREZIONE LAVORI potrà eseguire prefiori di diametro inferiore al diametro nominale dei pali allo scopo di agevolare la perforazione.

b) Getto del calcestruzzo

I conglomerati cementizi dovranno essere conformi a quanto prescritto dal progetto e rispondere ai requisiti richiesti nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE dovrà sottoporre alla DIREZIONE LAVORI per l'approvazione le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo, sia allo stato fresco che allo stato indurito; in ogni caso, la tecnica di posa in opera dell'armatura (a getto ultimato), richiede l'uso di un calcestruzzo che conservi per tutta la durata del riempimento del palo la classe di consistenza S4. L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'inizio del getto avvenga solo quando sia assicurata la fornitura del calcestruzzo necessario al completamento dell'intero palo. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato;
- il calcestruzzo venga pompato entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione;
- l'estrazione dell'asta di trivellazione sia effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature eccessive, ovvero a evitare interruzioni del getto;
- il circuito di alimentazione del getto sia provvisto di un manometro di misura della pressione;
- la pressione sia mantenuta costante entro l'intervallo di pressione previsto in relazione al tipo di terreno.

c) Armature

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- la gabbia di armatura sia costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto 7.6.1.1 del presente documento;
- siano adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia d'armatura entro la colonna di calcestruzzo appena formata e, se necessario, che la gabbia sia opportunamente irrigidita;
- l'inserimento della gabbia avvenga immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa.

Variazioni a tale metodologia dovranno essere approvate dalla DIREZIONE LAVORI.

7.6.2.2.5. Pali con morsa giracolonna

La perforazione necessaria all'esecuzione dei pali da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, etc., dovrà essere eseguita per la sola parte interessata all'interno di tubo forma provvisorio in acciaio infisso, con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 18 di 28

La tubazione dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi da 2 a 2,5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento dovrà essere ottenuta imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici.

La perforazione all'interno del tubo di rivestimento potrà essere eseguita mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
 - secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;
- in entrambi i casi si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento ad opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno di fango bentonitico con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale la perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma.

7.7. MICROPALI

7.7.1. Tipologie

Si tratta di pali che hanno un piccolo diametro (diametro del fusto minore di 300 mm per pali trivellati e diametro del fusto o estensione della massima sezione trasversale non maggiore di 150 mm per pali infissi).

Le principali applicazioni secondo le scelte previste dal progetto sono riferibili a:

- opere di fondazioni speciali o sottofondazioni;
- opere di sostegno, paratie di micropali (berlinesi a sbalzo o tirantate);
- interventi di stabilizzazione di pendii o fronti di scavo in genere;
- sostegno di reti paramassi o cucitura di rocce fessurate.

Nella presente Sezione del Capitolato sono trattati i micropali utilizzati nelle opere di fondazione. Per gli altri casi sopra elencati si rimanda alla Sezione 10 "Opere di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione" del presente Capitolato.

I micropali dal punto di vista esecutivo si suddividono in:

- micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive; IRS: injection répétitive et sélective (tipo "Tubfix");
- micropali a semplice cementazione. IGU: injection globale unique (tipo "Radice").

7.7.1.1. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive

Sono ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno e connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

7.7.1.2. Micropali a semplice cementazione

Sono realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e connessi al

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 19 di 28

terreno mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

L'armatura metallica (continua su tutta l'altezza) può essere costituita in genere:

- da un tubo senza saldature;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armatura costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata (a.m.), e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirale continua in tondo a.m. o liscio.

La cementazione può avvenire a semplice gravità od a bassa pressione mediante un circuito a tenuta facente capo a un dispositivo posto a bocca foro.

7.7.2. MATERIALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dal paragrafo 7.5 ("Oneri e Prescrizioni generali") della presente sezione, deve intendere le prescrizioni che seguono, relativamente alle armature metalliche e ai conglomerati cementizi, come integrative di quelle della Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato, che si intendono integralmente applicabili.

L'armatura metallica è costituita da:

- Profilati cavi finiti a caldo conformi alla norma UNI EN 10210;
- Profilati cavi saldati formati a freddo conformi alla norma UNI EN 10219;
- Profilati metallici a doppio piano di simmetria conformi alla norma UNI EN 10025;
- Barre di armatura (eventualmente integrativa) conformi alla norma UNI EN 10080.

Le norme sopra richiamate sono esplicitate al capitolo 7.2 "Documentazione di Riferimento" della presente Sezione.

L'ESECUTORE dovrà effettuare almeno un prelievo per partita omogenea (colata) di tutti i profilati approvvigionati in cantiere al fine di verificarne le caratteristiche meccaniche in conformità a quanto richiesto dal progetto esecutivo approvato.

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'ESECUTORE diverse frequenze di prelievo del materiale in base all'importanza dell'opera.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- le giunzioni siano realizzate a mezzo di manicotto filettato esterno;
- le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) consentano una trazione pari al 100% del carico a compressione di progetto allo SLE. È previsto un prelievo di tubazione giuntata, per fornitura omogenea, in modo da poter effettuare le prove di verifica a trazione;
- le valvole di iniezione, ove previste, siano del tipo a "manchette", ovvero costituite da una guarnizione in gomma, tenuta in sede da due anelli metallici saldati esternamente al tubo, sul quale, in corrispondenza di ciascuna valvola, sono praticati almeno 2 fori Φ 8 mm;
- i profilati siano costituiti da elementi unici;
- il mix relativo alle malte e miscele cementizie di iniezione sia preventivamente approvato dalla DIREZIONE LAVORI e contenga le prescrizioni relative a cemento, aggregati, acqua e additivi, in conformità a quanto contenuto nella Sezione "Opere in Conglomerato Cementizio" del presente Capitolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 20 di 28

7.7.3. MODALITA' ESECUTIVE

7.7.3.1. Tecniche ed attrezzature per la perforazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, oltre al rispetto di quanto previsto al punto 7.5, dovrà verificare che:

- le perforazioni siano eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile;
- i fluidi di perforazione consistano in:
 - acqua;
 - fanghi;
 - aria, nel caso di perforazione a rotoperussione con martello a fondo foro o in altri casi proposti dall'ESECUTORE ed approvati dalla DIREZIONE LAVORI;
- sia comunicata alla DIREZIONE LAVORI l'adozione della perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi stabilizzanti;
- la perforazione sia eseguita mediante sonda a rotazione o rotoperussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto;
- per la circolazione del fluido di perforazione siano utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min. e 25 bar, rispettivamente;
- nel caso di perforazione a rotoperussione con martello a fondo foro si utilizzino compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:
 - portata > 10 mc /min;
 - pressione 8 bar.

La perforazione "a secco" senza rivestimento di norma non è ammessa; solo previa autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, L'ESECUTORE potrà utilizzarla in caso di terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata (c_u) che, alla generica profondità di scavo (H), soddisfino la seguente condizione:

$$c_u \geq \gamma H/3$$

dove:

γ = peso dell'unità di volume del terreno.

Per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

7.7.3.2. Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive

a) Allestimento del micropalo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- completata la perforazione, si provveda a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione;
- venga quindi inserita l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto; sono preferibili i centratori non metallici;
- il tubo sia prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione;
- si proceda immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina);

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 21 di 28

- la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sia eseguita successivamente all'iniezione.

b) Formazione della guaina

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provveda immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la parete esterna dell'armatura tubolare;
- contemporaneamente si proceda alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettuino i necessari rabbocchi di miscela cementizia;
- completata l'iniezione di guaina, si provveda a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

c) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- trascorso un periodo di 12 - 24 ore (tempo in cui la miscela di guaina dovrà raggiungere la resistenza richiesta dal progetto esecutivo approvato) dalla formazione della guaina, si dia luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio;
- si proceda valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione;
- la massima pressione di apertura delle valvole non superi il limite di 60 bar (6 MPa); in caso contrario la valvola deve essere abbandonata;
- ottenuta l'apertura della valvola, si dia luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti dal progetto (per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito);
- l'iniezione sia tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, nel rispetto dei valori di progetto, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage);
- i volumi di iniezione siano di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto;
- nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sia nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 - 24 ore;
- fino alla conclusione delle operazioni di iniezione, al termine di ogni fase si proceda al lavaggio interno del tubo d'armatura.

7.7.3.3. Micropali a semplice cementazione

7.7.3.3.1. Riempimento a gravità

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, avvenga tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori;
- nel caso si adotti una miscela contenente aggregati sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sia dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno > 80 mm;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 22 di 28

- il riempimento sia proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione;
- venga accertata la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel caso di malta con aggregati fini o di miscela cementizia pura, senza aggregati, si potrà usare, per il getto, l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati.

7.7.3.2. *Riempimento a bassa pressione*

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- il foro sia interamente rivestito;
- la posa della malta o della miscela avvenga in un primo momento entro il rivestimento provvisorio tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente;
- successivamente venga applicata al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5 - 0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione;
- si smonti la sezione superiore del rivestimento e si applichi la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta;
- si proceda analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

7.8. CONTROLLI

I controlli da effettuare dopo la realizzazione e prima dell'utilizzo, per assicurare che i pali/micropali in esame diano le garanzie di resistenza e rispetto delle caratteristiche prestazionali richieste dal progetto esecutivo approvato, si distinguono in tre tipi:

- controlli di resistenza meccanica sotto carico;
- controlli di integrità mediante prove di ammettenza meccanica (solo per i pali);
- controlli di integrità mediante prove di controllo sonico (solo per i pali).

L'esecuzione di tutte le prove previste dovrà essere descritta dall'ESECUTORE preliminarmente nella relazione tecnico-operativa (vedi paragrafo 7.5.1).

L'ESECUTORE per ogni opera dovrà presentare alla DIREZIONE LAVORI, una relazione tecnica contenente il resoconto di tutte le prove eseguite in accordo alle prescrizioni riportate nel paragrafo 7.8.1 d.

7.8.1. PROVE IN CORSO D'OPERA

Si definiscono prove in corso d'opera, le prove effettuate su pali e micropali della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è $\geq 1,5$ volte l'azione di progetto P_r , utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara).

La finalità della prova in corso d'opera è quella di verificare che:

- non esistano gravi deficienze esecutive nel palo/micropalo;
- il palo/micropalo abbia un comportamento conforme alle previsioni progettuali sotto le azioni di progetto;
- non vi sia eccessiva disomogeneità di comportamento tra i pali/micropali di una stessa palificata.

a) *Estensione delle prove*

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 23 di 28

L'ESECUTORE dovrà effettuare per ogni opera, avente caratteristiche strutturali e geotecniche omogenee, prove di carico assiale sui pali e micropali di progetto adottando almeno le seguenti frequenze di prova:

- n. 1 prova se il numero di pali è inferiore o uguale a 20;
- n. 2 prove se il numero di pali è compreso tra 21 e 50;
- n. 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100;
- n. 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200;
- n. 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500;
- il numero intero più prossimo al valore $5 + n/500$, se il numero n di pali è superiore a 500.

E' consentito ridurre il numero di prove statiche minimo sopra indicato fino al limite dell'1% dei pali realizzati, con un minimo di 2. In tale caso deve essere garantita l'effettuazione delle prove cross-hole sul 100% delle predisposizioni, ferme restando le rimanenti prescrizioni di cui al paragrafo 6.4.3.7.2 del D.M Infrastrutture 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

L'individuazione dei pali/micropali da sottoporre a prova sarà sempre concordata con la DIREZIONE LAVORI, la quale, in considerazione dell'omogeneità dei terreni in cui è ubicato il lotto di pali/micropali e dei risultati delle eventuali prove a carico limite eseguite per pali/micropali dello stesso diametro, potrà modificare la scelta dei pali/micropali da sottoporre a prova di carico.

b) Attività preliminari alle prove

Prima della prova l'ESECUTORE dovrà verificare, in accordo con le relative prescrizioni contenute nella presente sezione, e con quanto preliminarmente approvato dalla DIREZIONE LAVORI (vedi paragrafo 7.5), che concorrano le seguenti condizioni:

- corretta predisposizione della testa del palo/micropalo;
- corretta disposizione dei dispositivi per l'applicazione e la misura del carico.

All'atto della prova l'ESECUTORE dovrà poi controllare la corretta applicazione del carico, in accordo con la documentazione presentata ed approvata dalla DIREZIONE LAVORI e con quanto specificato nella presente sezione.

c) Modalità di prova

L'ESECUTORE eseguirà tutte le prove di carico sui pali/micropali in accordo con tutte le prescrizioni richiamate nelle norme di riferimento indicate al capitolo 7.2 e al paragrafo 7.7.1.

Salvo diverse indicazioni di progetto le prove di carico statico dovranno essere eseguite effettuando n.2 cicli di carico-scarico, raggiungendo nel primo ciclo il carico assiale pari all'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara) e nel secondo ciclo il carico massimo di prova, ovvero il medesimo carico assiale moltiplicato per 1,5 volte. Le modalità di applicazione del carico dovranno essere effettuate mediante incrementi e decrementi graduali in accordo con le indicazioni della DIREZIONE LAVORI.

d) Resoconto delle prove

Alla fine delle prove l'ESECUTORE dovrà redigere una scheda che contenga, per ogni palo/micropalo, i seguenti dati:

- il numero di identificazione del palo rispetto alla planimetria (vedi paragrafo 7.5.1) e le caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- la stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- le caratteristiche della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, carico applicato);
- la disposizione, le caratteristiche ed i certificati di taratura della strumentazione;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: RFI DTC SI CS SP IFS 005 C	FOGLIO 24 di 28

- la scheda tecnica del palo, redatta all'atto dell'esecuzione;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misurazioni di ogni comparatore e i relativi valori medi;
- le note e le eventuali osservazioni;
- le tabelle ed i diagrammi completi delle letture tempo-carico-cedimento con le indicazioni dei singoli comparatori e la loro media aritmetica; ⁽¹⁾
- interpretazione dei risultati della prova in relazione ai valori di progetto.

7.8.2. PROVE SU PALI STRUMENTATI

Quando richiesto dal progettista, le prove di carico assiali, oltre che di definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e la curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte preliminarmente una serie di sezioni strumentate nel fusto e alla base del palo stesso, in conformità alle indicazioni di progetto.

In tale circostanza, previa approvazione da parte della DIREZIONE LAVORI, il massimo carico assiale di prova potrà essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

7.8.3. PROVE DI CONTROLLO SONICO

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico;
- prove cross-hole.

7.8.3.1. Carotaggio sonico

7.8.3.1.1. Descrizione della prova

Il metodo di prova consiste nella esecuzione di un carotaggio nel palo già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del palo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m in verticale.

7.8.3.1.2. Frequenza di esecuzione

La DIREZIONE LAVORI potrà richiedere l'esecuzione di carotaggi meccanici, verticali o comunque inclinati, per l'esecuzione di prove soniche. In tal caso le prove potranno essere richieste fino al limite del 5% dei pali realizzati. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti, il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI. I fori eseguiti per i suddetti carotaggi dovranno essere reintegrati con iniezioni di malta di cemento di adeguata densità ed addizionata con additivo anti-ritiro in modo da ottenere la completa cementazione dei fori stessi.

¹Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere ("verbale").

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: RFI DTC SI CS SP IFS 005 C	FOGLIO 25 di 28

7.8.3.1.3. Modalità di esecuzione

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo.

7.8.3.1.4. Documentazione della prova

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni palo:

- dati identificativi del palo rispetto alla planimetria (vedi paragrafo 7.5);
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tipo di sonda sonica impiegata ed i relativi certificati di taratura;
- le misurazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- il diagramma completo con tutte le misurazioni in funzione degli avanzamenti;

7.8.3.2. Prove cross-hole

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

7.8.3.2.1. Descrizione della prova

Le misure di cross-hole sonico (impulso su percorso orizzontale) consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova è necessario aver predisposto tre tubi (solidali alla gabbia d'armatura) all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto (per i pali trivellati ad elica continua, i tre tubi dovranno essere comunque solidali alla gabbia d'armatura e calati nel foro subito dopo il getto).

7.8.3.2.2. Frequenza delle prove

L'ESECUTORE dovrà predisporre, prima dell'esecuzione del getto e secondo le indicazioni della DIREZIONE LAVORI, il 30% dei pali non in alveo per l'effettuazione del controllo dell'esecuzione con il metodo "cross hole". Per i pali in alveo e in zone golenali questa predisposizione dovrà essere estesa al 100% dei pali.

L'attrezzaggio dovrà essere eseguito mediante la predisposizione di almeno tre tubazioni metalliche o in PVC a 120° preassemblate sull'armatura del palo, aventi diametro interno non inferiore ad 1 pollice e mezzo. L'utilizzo di tubazioni in PVC è subordinato all'approvazione della DIREZIONE LAVORI.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

La prova dovrà essere eseguita sui pali indicati dalla DIREZIONE LAVORI, e dovrà riguardare 1/3 dei pali predisposti. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti il numero di prove potrà essere aumentato a giudizio della DIREZIONE LAVORI.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 26 di 28

7.8.3.2.3. *Modalità di esecuzione*

In uno dei fori predisposti viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo. L'esito delle prove sarà registrato con strumentazioni digitali.

7.8.3.2.4. *Documentazione della prova*

Vedi paragrafo 7.8.3.1.4

7.8.4. PROVE DI AMMETTENZA MECCANICA (TRANSIENT DYNAMIC RESPONSE TEST)

L'ESECUTORE se non diversamente previsto, per le attrezzature, i dispositivi e le metodologie di prova, dovrà verificare la conformità con quanto di seguito descritto.

Le prove di ammettenza meccanica, anche dette ecometriche, potranno essere eseguite, a discrezione della DIREZIONE LAVORI, su pali non sottoposti ad altra prova (a meno di quelle necessarie per le correlazioni con i risultati delle cross hole) ed aventi caratteristiche (dimensioni, materiali, terreno, ecc.) identiche a quelle di pali assoggettati alla prova di carico assiale. Lo scopo è verificare, in modo non distruttivo, la profondità e l'eventuale presenza di difetti lungo l'altezza dei pali.

7.8.4.1. Descrizione della prova

Il principio su cui si basano le prove ecometriche, è quello dell'analisi della propagazione delle onde elastiche all'interno di un mezzo continuo. Il palo viene messo in vibrazione da una forza impulsiva assiale esercitata mediante l'impiego di un semplice martello. L'onda di compressione generata dal colpo del martello sull'estremità superiore del palo si propaga verso il basso all'interno del palo stesso; giunta alla base in assenza di discontinuità, l'onda subisce una parziale riflessione verso l'alto ed alla testa del palo essa è rilevata da un geofono.

7.8.4.2. Modalità di esecuzione

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm.

Nel caso di impiego di eccitatore a masse eccentriche, occorre inserire nella testa del palo dei tirafondi di ancoraggio.

Vengono inseriti i dati riguardanti il palo da investigare e si impostano i fattori di elaborazione del segnale (filtri, amplificazione del segnale, velocità di propagazione, ecc.). Il sensore (geofono), collegato alla centralina, viene posto a contatto con la testa del palo da investigare, e con il martello si batte un colpo. L'onda d'urto prodotta e la risposta del palo vengono registrati ed elaborati dalla centralina elettronica e quindi visualizzati sul display.

L'eccitazione dinamica può essere ottenuta anche mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz.

La risposta fornisce un "riflessogramma" mediante la cui analisi si diagnostica la presenza di eventuali difetti nel palo e la sua lunghezza.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>005</u> <u>C</u>	FOGLIO 27 di 28

7.8.4.3. Documentazione della prova

Oltre a quanto indicato al paragrafo 7.8.3.1.4 e ai dati generali identificativi del palo e delle condizioni di esecuzione della prova, devono essere riportati nella documentazione tutti i diagrammi e i risultati delle misure effettuate.

7.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

7.9.1. OBIETTIVI

Il presente paragrafo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.

Il rispetto delle tolleranze indicate significa conformità dell'opera al progetto.

Valori riscontrati eccedenti i limiti di seguito indicati comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

7.9.2. DEFINIZIONI

- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto.
- Valore teorico : valore di un parametro indicato in progetto.
- Valore effettivo : valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito.
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato).

7.9.3. MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva.

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Nella colonna "ulteriore limitazione" viene indicato il limite massimo della tolleranza ammessa in valore assoluto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 7 PALI E MICROPALI		
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 7	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 005 C</u>	FOGLIO 28 di 28	

Tabella 7.9.1: Tolleranze

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO		UNITA' DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA		ULTERIOR E LIMITAZIONE	
1- PALO TRIVELLATO	1.1	Coordinate planimetriche centro palo (generico)	mm	5	di progetto	10% Φ		75	
	1.2	Coordinate planimetriche centro palo (paratia di pali)	mm	5	di progetto	5% Φ		50	
	1.3	Verticalità (palo in gruppo, completamente interrato)	%	0.4	0	2			
	1.4	Verticalità (paratia di pali)	%	0.4	0	1			
	1.5	Inclinazione (palo inclinato)	%	0.4	di progetto	4			
	1.6	Lunghezza "L" palo	mm	20	di progetto	L/100			
	1.7	Diametro " Φ " palo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	1.8	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
	1.9	Interasse "i" staffe palo	mm	5	di progetto	-20% i	+10% i		
	1.10	Coprifermo armatura metallica palo	mm	1	60	-10			
	1.11	Spessore lamierino di protezione	mm	0.1	di progetto	-0.5			
2- MICROPALO	2.1	Coordinate planimetriche centro micropalo	mm	5	di progetto	10% Φ		20	
	2.2	Verticalità micropalo	%	0.4	0	2			
	2.3	Direzione asse micropalo (inclinato)	%	1/250	di progetto	4			
	2.4	Lunghezza micropalo	mm	10	di progetto	L/100			
	2.5	Diametro " Φ " micropalo finito	mm	5	di progetto	-2% Φ	+5% Φ		
	2.6	Quota testa palo	mm	10	di progetto	50			
3-PALO BATTUTO IN CLS	3.1	Dimensione sezione retta	mm	1	di progetto	-1	6		
	3.2	Deviazione dalla linearità (misurata su 3 m di lunghezza)	mm	1	0	6			
	3.3	Distanza del centro di una generica sezione retta, dalla linea retta congiungente i centri delle due sezioni estreme (distanti "L")	mm	1	0	L/500	L/500		

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 8
PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE**

- 8.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 8.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 8.3 DEFINIZIONI
- 8.4 ABBREVIAZIONI
- 8.5 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI
- 8.6 MATERIALI
- 8.7 MODALITA' ESECUTIVE
- 8.8 CONTROLLI FINALI
- 8.9 TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A. Latorre	A. Rinaldi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A. Latorre	A. Rinaldi	F. Iacobini
C	21/12/2018	Emissione per Applicazione	A. Latorre <i>[Signature]</i>	A. Rinaldi <i>[Signature]</i>	F. Iacobini <i>[Signature]</i>

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 2 di 15

INDICE

8.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
8.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE	4
8.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
8.2.1. NORMATIVA NAZIONALE	4
8.2.2. NORMATIVA FERROVIARIA	5
8.3. DEFINIZIONI	5
8.4. ABBREVIAZIONI.....	5
8.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI.....	5
8.5.1. CAMPO PROVA	6
8.6. MATERIALI	7
8.6.1. ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO	7
8.6.2. FANGHI STABILIZZANTI	7
8.6.3. PALANCOLE METALLICHE	7
8.7. MODALITA' ESECUTIVE.....	7
8.7.1. PARATIE DI PALI	7
8.7.2. DIAFRAMMI	8
8.7.2.1. Prescrizioni generali.....	8
8.7.2.2. Piani di lavoro.....	8
8.7.2.3. Cordoli guida	8
8.7.2.4. Perforazione.....	9
8.7.2.4.1. Scavo con benna mordente	9
8.7.2.4.2. Scavo con idrofresa	10
8.7.2.5. Dispositivi per la formazione dei giunti	10
8.7.2.6. Armature.....	10
8.7.2.7. Getto del calcestruzzo	11
8.7.3. PALANCOLATI	12
8.7.3.1. Prescrizioni generali.....	12
8.7.3.2. Infissione	12
8.7.3.3. Estrazione.....	12
8.8. CONTROLLI FINALI	12
8.8.1. PROVE DI CONTROLLO SONICO	13
8.8.1.1. Modalità di prova	13
8.8.1.2. Documentazione della prova	14
8.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE	14
8.9.1. OBIETTIVI	14

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 3 di 15

8.9.2. DEFINIZIONI	14
8.9.3. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA	15

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 C</u>	FOGLIO 4 di 15

8.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 8 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 006 B - del 22/12/2017).

8.1.1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione del capitolato si applica alle seguenti tipologie di paratie:

- Pali accostati/secanti
- Diaframmi in c.a.
- Palancolate metalliche ed in c.a. prefabbricate.

L'utilizzo di palancole in acciaio è limitato alle sole opere provvisorie; per opere permanenti si farà ricorso a diaframmi in c.a. o paratie di pali, sempre in c.a.

Per la tipologia di paratia di micropali accostati si rimanda alla Sezione “Opere di Miglioramento, Rinforzo e Stabilizzazione” del presente Capitolato.

Si precisa che per le possibili modalità di gestione dei materiali di risulta relativi alla realizzazione delle opere di cui alla presente sezione in qualità di sottoprodotti e/o in qualità di rifiuti, si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017 n.120, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015 , etc.).

8.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento. Costituiscono oggetto di riferimento normativo, da intendersi non esaustivo. In ogni caso viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché l'eventuale aggiornamento intercorso a valle di questo purché concordato tra le parti; in caso di discordanza tra diverse normative, vale l'interpretazione più favorevole per Rete Ferroviaria Italiana.

8.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- D.M. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP. “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008” per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018
- D.Lgs.03 aprile 2006 n° 152“Norme in materia ambientale”
- UNI EN 1536:2015 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati”
- UNI EN 1537:2013 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Tiranti di ancoraggio”
- UNI EN 1538:2015 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi”
- UNI EN 10248-1:1997 “Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura”
- UNI EN 10248-2:1997 “Palancole laminate a caldo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma”
- UNI EN 10249-1:1997 “Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Condizioni tecniche di fornitura”

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 5 di 15

- UNI EN 10249-2:1997 “Palancole profilate a freddo di acciai non legati – Tolleranze dimensionali e di forma”
- UNI EN 12063:2002 “Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Palancolate”

8.2.2. NORMATIVA FERROVIARIA

- RFI DTC SI CS MA IFS 001 “Manuale di progettazione delle opere civili” Parte II-Sezione 3

In generale dovranno considerarsi tutte le norme tecniche internazionali e nazionali di riconosciuto valore. Ai fini del presente capitolato, possono essere considerate di riconosciuto valore:

- Normative Europee (EURONORME)
- Normative ISO
- Norme tecniche nazionali e linee guida, francesi e italiane

8.3. DEFINIZIONI

Contratto: contratto di appalto o di concessione avente per oggetto l'acquisizione di servizi, o di forniture, ovvero l'esecuzione di opere o lavori, posti in essere dalla stazione appaltante;

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

Direttore dei lavori: soggetto che ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione dei lavori, ed interloquisce in via esclusiva con l'esecutore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto. Cura che i lavori siano eseguiti a regola d'arte ed in conformità al progetto e al contratto.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale)

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

Pali accostati/secanti: elementi di paratia (o di fondazione) realizzati dalla superficie secondo le specifiche di costruzione dei pali di cui alla Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato. Possono essere affiancati o secanti secondo gli interessi di progetto (in una o più file).

Diaframmi: elementi di paratia o di fondazione, realizzati dalla superficie sostituendo il terreno con un conglomerato cementizio armato. Lo scavo ed il getto sono di solito eseguiti per elementi singoli (pannelli).

Palancolato: elemento di una paratia realizzato mediante l'infissione nel terreno di profilati metallici i cui bordi longitudinali sono sagomati in modo da realizzare un'opportuna guida all'infissione e una tenuta dell'elemento adiacente, oppure da elementi in c.a. rinforzati in punta mediante taglienti in acciaio di adeguati spessori e forme, in relazione al tipo di terreno attraversato.

8.4. ABBREVIAZIONI

PVC: Cloruro Polivinile

SLE: Stati Limite di Esercizio

8.5. ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

L'ESECUTORE, fermo restando quanto previsto dalle “Disposizioni generali” del presente Capitolato, che devono intendersi totalmente richiamate, se non diversamente prescritto, dovrà:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 6 di 15

- verificare che le prescrizioni indicate al par.7.5 della Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato siano tutte soddisfatte, intendendo riferito ad ogni singolo pannello quanto previsto per il palo/micropalo;
- presentare alla DIREZIONE LAVORI una relazione con il progetto del campo prova (ove questo sia previsto dal progetto) di cui al successivo punto 8.5.1, in cui siano indicati la stratigrafia dell’area, le attrezzature utilizzate e la planimetria con ubicati gli elementi di paratia (nel caso non sia previsto il campo prova tali informazioni devono confluire nella relazione di cui al punto successivo);
- presentare alla DIREZIONE LAVORI insieme alla relazione tecnica finale del campo prova una relazione tecnico – operativa, così come indicato al paragrafo 7.5.1 della Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato, che dovrà pertanto contenere:
 - una planimetria riportante la posizione di tutti gli elementi di paratia, (con indicazione di quelli da attrezzare con una specifica strumentazione di prova), contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun elemento; le date ed il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati a Rete Ferroviaria Italiana con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio;
 - il programma di esecuzione delle opere, nel quale sia indicata la successione cronologica prevista per tutti gli elementi di paratia;
 - tutte le caratteristiche delle attrezzature, gli utensili e le modalità di scavo previste, in modo da assicurare il raggiungimento delle profondità di progetto, l'attraversamento di strati di terreno lapidei o cementati, l'eventuale ammorsamento nel sub-strato roccioso, la rimozione di massi di scogliere, trovanti, materiali metallici o altro che possa ostacolare la costruzione. Inoltre nella relazione andranno descritte le modalità e le attrezzature necessarie all’infissione delle palancole;
- provvedere a tutte le operazioni preliminari, quali la formazione di piazzole di lavoro nonché la costruzione e la successiva demolizione dei cordoli di guida;
- rimuovere tutte le palancole e segnalare preventivamente alla DIREZIONE LAVORI quelle che non potranno a qualsiasi titolo essere recuperate;
- verificare (e documentare) tutte le caratteristiche e funzionalità dei fanghi utilizzati per il sostegno dello scavo;
- ripristinare qualunque perdita di fango stabilizzante e segnalare alla DIREZIONE LAVORI l’eventuale maggior impiego di calcestruzzo conseguente alla rimozione dei suddetti eventuali ostacoli o al ritrovamento di cavità.

8.5.1. CAMPO PROVA

Prima dell’inizio delle lavorazioni dovrà essere eseguito, ove previsto dal progetto, un idoneo campo prova “fuori opera” per verificare la funzionalità delle attrezzature e delle metodologie operative. Dovranno essere realizzati o infissi almeno 3 elementi di paratia.

Nel caso di pannelli o pali, questi dovranno essere tutti attrezzati con tubi idonei per l’esecuzione di prove soniche; nel caso in cui sia previsto il contatto fisico tra tutti i pannelli, le prove dovranno interessare anche il giunto.

Le gabbie di armatura dovranno essere attrezzate con tubi inclinometrici, (4 per i pannelli e 2 per i pali) per la verifica della loro verticalità.

Le scanalature dei tubi inclinometrici dovranno essere parallele agli assi principali del pannello.

La lettura inclinometrica dovrà essere eseguita sulle 4 guide con sonda biassiale e prima di queste dovranno essere eseguite le opportune misure di spiratura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 7 di 15

8.6. MATERIALI

8.6.1. ARMATURE E CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Per quanto concerne le caratteristiche delle armature e dei conglomerati cementizi, si rimanda alle prescrizioni di cui alla Sezione “Opere in Conglomerato Cementizio” e alla Sezione “Pali e micropali” del presente Capitolato.

8.6.2. FANGHI STABILIZZANTI

Allo scopo di garantire il sostegno delle pareti dello scavo, durante l'esecuzione dei diaframmi/pali l'ESECUTORE dovrà utilizzare fluidi di supporto rappresentati da sospensione di bentonite che soddisfino i requisiti di accettazione previsti nella norma EN 1538 e EN 1536 e richiamati nella seguente tabella.

In condizioni normali la sospensione dovrà rispettare le seguenti caratteristiche:

Tabella 8.6.1

PROPRIETA'	STADI		
	Fresca	Pronta per il riutilizzo	Prima della posa in opera del calcestruzzo
Densità in g/ml	< 1,10	<1,25	<1,15
Valore Marsh in sec	da 32 a 50	da 32 a 60	da 32 a 50
pH	da 7 a 11	da 5 a 12	n.a.*
Contenuto in sabbia in %	n.a.*	n.a.*	<4
Strato di fango dovuto alla filtrazione (filtercake) in mm	<3	<6	n.a.*

* n.a.: non applicabile

In condizioni particolari (alta permeabilità, cavità, alti livelli piezometrici, ecc.) i valori della precedente tabella potranno essere modificati.

In questo caso dovrà essere presentata una relazione tecnica alla DIREZIONE LAVORI in cui siano indicate le nuove caratteristiche della sospensione.

Le soluzioni polimeriche, possibilmente con aggiunta di bentonite, potranno essere utilizzate come fluidi di supporto dopo autorizzazione della DIREZIONE LAVORI, comunque solo in presenza di terreni coesivi previa presentazione di uno studio idoneo e l'esecuzione di prove in sito su scala naturale.

8.6.3. PALANCOLE METALLICHE

Le palancole devono essere conformi alle seguenti norme:

UNI EN 10248-1, UNI EN 10248-2, UNI EN 10249-1, UNI EN 10249-2.

8.7. MODALITA' ESECUTIVE

8.7.1. PARATIE DI PALI

Per le modalità esecutive dei pali si rimanda alla Sezione 7 “Pali e micropali” del presente Capitolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 8 di 15

8.7.2. DIAFRAMMI

8.7.2.1. Prescrizioni generali

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo 8.5 ("Oneri e Prescrizioni generali"), se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nell'esecuzione dei diaframmi siano adottati tutti gli accorgimenti necessari a realizzare l'opera conformemente ai requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda il rispetto della verticalità, la complanarità e l'impermeabilità dei giunti;
- lo scavo sia eseguito con l'ausilio di idonea strumentazione in grado di verificare le eventuali deviazioni rispetto alla verticalità, nonché la rotazione della benna;
- lo scavo di un pannello non sia iniziato prima che il calcestruzzo del pannello o dei pannelli adiacenti abbia raggiunto una resistenza sufficiente ad impedire eventuali danni ai pannelli realizzati;
- qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimare solo nell'imminenza del getto;
- qualora sia previsto dal progetto il contatto fisico tra i pannelli, la sequenza da realizzare deve essere prevista secondo lo schema: costruzione pannelli primari – successiva costruzione pannelli secondari. Non è pertanto consentita la realizzazione in successione progressiva di pannelli di paratia adiacenti.

La perforazione "a secco", senza impiego di fanghi di stabilizzazione, non è di norma ammessa; in casi particolari potrà essere adottata, previa approvazione di FERROVIE, solo in terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata c_u (cu) che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione

$$c_u \geq \gamma H/3$$

dove:

γ = peso dell'unità di volume del terreno; per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice.

La perforazione "a fango" in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ($D_{10} > 4$ mm), può richiedere l'esecuzione preliminare di bonifiche o intasamenti.

La tenuta idraulica fra i diversi pannelli, ove richiesto dal progetto, dovrà essere ottenuta mediante idonei giunti da realizzare nelle posizioni di minor sollecitazione.

8.7.2.2. Piani di lavoro

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- le attrezzature di perforazione e di servizio operino da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento;
- la quota dei piani di lavoro sia posta almeno 3,0 m sopra la massima quota dei livelli piezometrici della falda acquifera presente nel terreno. Qualora per il livello di falda non si possa rispettare tale franco, dovranno essere utilizzati fluidi di supporto che garantiscano lo stesso grado di sicurezza. In questo caso dovrà essere presentata alla DIREZIONE LAVORI una relazione tecnica specifica comprensiva di tutti i dettagli di cui al punto 8.6.2.

8.7.2.3. Cordoli guida

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- gli assi longitudinali dei diaframmi siano materializzati mediante coppie di cordoli-guida (corree), paralleli e contrapposti;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 C</u>	FOGLIO 9 di 15

- la distanza netta tra i muri guida sia dai 20 mm ai 50 mm più grande dello spessore di progetto del diaframma (UNI EN 1538);
- la parte superiore dei cordoli guida sia orizzontale ed abbia la stessa elevazione su entrambi i lati della trincea;
- i cordoli siano realizzati in conglomerato cementizio armato e siano adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice in corrispondenza degli estremi di ciascun pannello di diaframma da eseguire;
- lo spessore dei cordoli sia minimo di 0.35 m, con una profondità compresa tra 0.7 m e 1.5 m a seconda delle condizioni del terreno; l'armatura sia continua (UNI EN 1538);
- nella realizzazione dei cordoli si abbia cura di posizionare con precisione le cassature, in modo da ottenere che la linea mediana delle corree non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore alla tolleranza ammessa.

8.7.2.4. Perforazione

Prima dell'inizio dei lavori l'ESECUTORE deve trasmettere alla DIREZIONE LAVORI una planimetria con indicati i pannelli numerati, e la sequenza di esecuzione degli stessi.

Per la perforazione l'ESECUTORE utilizzerà la tecnologia di scavo prevista dal progetto:

- scavo con benna mordente;
- scavo con idrofresa.

8.7.2.4.1. Scavo con benna mordente

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà:

- eseguire lo scavo con benna mordente in presenza di fango stabilizzante;
- far posizionare topograficamente un picchetto ben visibile e solidale con il cordolo indicante il centro pannello;
- installare nella parte superiore del corpo benna una dima o carter (con lunghezza > di 1 m) avente le stesse dimensioni della massima apertura della benna;
- utilizzare idonea strumentazione per la verifica della profondità di scavo, delle deviazioni e delle rotazioni, e registrare la deviazione finale cumulata. A fine scavo questi parametri registrati dovranno essere consegnati alla DIREZIONE LAVORI;
- nel caso di uso di benne mordenti con aste di guida tipo Kelly verificare, ad inizio perforazione, la loro verticalità;
- nel caso di superamento della deviazione ammessa, che sarà progressiva in funzione della profondità secondo il criterio esposto nel capitolo 8.9 – Tolleranze di costruzione, intraprendere tutte le azioni necessarie per il recupero della verticalità. Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si dovrà avere cura di pulire, mediante opportuni raschiatori, le superfici laterali dei pannelli primari. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo;
- durante la perforazione, far mantenere il livello del fango costantemente al di sopra della base del cordolo guida. Nel caso di improvviso franamento, con o senza perdita di fango stabilizzante, lo scavo dovrà essere immediatamente riempito con un volume supplementare di fluido di supporto, possibilmente contenente materiali sigillanti, o con calcestruzzo magro che sarà scavato successivamente;
- durante l'esecuzione dello scavo prendere tutti gli accorgimenti ragionevoli al fine di prevenire la fuoriuscita del fango stabilizzante al di là delle immediate vicinanze della zona di scavo;
- al termine della perforazione procedere all'accurata rimozione dei detriti rimasti sul fondo nonché alla sostituzione parziale o totale del fango per ricondurlo alle caratteristiche prescritte per l'esecuzione del getto, come indicato al paragrafo 8.6.2 della presente sezione. Al termine della perforazione dovrà essere

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 10 di 15

verificato il contenuto in sabbia del fluido di supporto; il valore dovrà essere registrato così come il tempo necessario a ricondurlo ai limiti previsti nella tabella del punto 8.6.2.

8.7.2.4.2. Scavo con idrofresa

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- nelle prime fasi di scavo sia previsto l'utilizzo della benna mordente, almeno fino al raggiungimento della profondità necessaria per il funzionamento della pompa di circolazione del fango incorporata nell'idrofresa. La seconda attrezzatura (idrofresa) sia impiegata in successione, per profondità di scavo superiori, fino al raggiungimento della quota di progetto;
- sia registrata la deviazione rispetto alla verticalità;
- periodicamente siano verificate e registrate le caratteristiche della sospensione;
- sia registrata la velocità di avanzamento e il valore della coppia delle frese.

8.7.2.5. Dispositivi per la formazione dei giunti

L'ESECUTORE, nel caso il progetto preveda la formazione dei giunti tramite tubi-spalla o palancole, dovrà verificare che:

- si abbia cura di pulire adeguatamente i tubi-spalla o palancole prima del loro impiego;
- i tubi-spalla siano messi in opera, controllandone la verticalità con sistemi ottici, non appena completata la perforazione, e per tutta la profondità del pannello;
- ad avvenuta presa del getto si provveda alla loro rimozione, utilizzando un opportuno estrattore a morsa idraulica; se necessario, la superficie del tubo-spalla potrà essere preventivamente trattata con vernici disarmanti.

Nel caso di utilizzo di tubi in PVC posti in opera solidarizzandoli con l'armatura, questi dovranno essere rotti con apposito strumento.

Nello scavo dei pannelli adiacenti (pannelli secondari) si abbia cura di pulire con estrema cura l'impronta lasciata dal tubo-spalla, mediante opportuni raschiatori, la cui forma è ricalcata su quella del tubo spalla utilizzato. I raschiatori dovranno essere utilizzati a fine perforazione, fissandoli rigidamente sull'utensile di scavo.

Qualora sia utilizzata l'idrofresa, l'ESECUTORE potrà realizzare i giunti senza impiego dei tubi-spalla, provvedendo ad alesare i pannelli primari già gettati.

8.7.2.6. Armature

L'ESECUTORE, oltre a quanto richiesto nel paragrafo 8.6.1, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- sulle gabbie di armatura siano posizionati opportuni distanziatori non metallici a sezione cilindrica atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo finale di 6 cm;
- i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, abbiano la superficie forata per almeno il 25%. I distanziatori saranno posizionati sul perimetro del pannello a distanza di circa 3 metri. Ulteriori distanziatori saranno posizionati sulla faccia del pannello in modo tale che la spaziatura degli stessi, sia in orizzontale che in verticale, sia non superiore a 3 metri;
- qualora sia prevista la tirantatura del pannello, siano posizionati nell'armatura dei tubi guida, aventi diametro maggiore della perforazione necessaria per la posa in opera del tirante, passanti in tutto lo spessore del pannello medesimo. Le relative cassette, nelle quali posizionare le piastre di ripartizione del tirante, dovranno essere predisposte con l'inclinazione prevista dal progetto;
- l'armatura sia nella posizione progettuale prevista, misurando le coordinate planimetriche di almeno due spigoli contrapposti (certificazione topografica);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 C</u>	FOGLIO 11 di 15

- per la verifica della verticalità dell'armatura siano eseguite prove sui tubi inclinometrici installati. Prima dell'esecuzione della lettura inclinometrica dovrà essere eseguita la misura di spirality. La lettura sarà effettuata con sonda biassiale con letture coniugate sulle 4 guide.

8.7.2.7. Getto del calcestruzzo

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto dal progetto, dovrà verificare che:

- prima del getto i valori del contenuto in sabbia rientrino nel limite previsto nella tabella del punto 8.6.2;
- il getto del calcestruzzo avvenga impiegando il tubo di convogliamento. Esso dovrà essere costituito da sezioni avente diametro interno $20 \div 26$ cm. L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature;
- le giunzioni tra sezione e sezione del tubo getto siano del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2,0 cm; sono escluse le giunzioni a flangia;
- il tubo sia provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5-0,6 mc e sia mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento;
- prima di installare il tubo getto sia eseguita un'ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provveda all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia;
- il tubo di convogliamento sia posto in opera arrestando il suo piede a $30 \div 60$ cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto, è opportuno disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo (ad es. in polistirolo, o costituito da un involucro di carta, riempito con materiale arido), in modo da provocare la caduta istantanea del primo calcestruzzo gettato, ed evitare azioni di contaminazione o dilavamento del calcestruzzo stesso;
- durante il getto il tubo convogliatore sia opportunamente manovrato per un'ampiezza di $20 \div 30$ cm, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo;
- previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, il tubo di convogliamento sia accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2,5 m e massima di 6 m;
- la misura del livello raggiunto sia registrata e riportata su una scheda che sarà consegnata alla DIREZIONE LAVORI;
- all'inizio del getto si disponga di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 4 m di pannello. È prescritta una cadenza di getto non inferiore a 25 mc/ora;
- il getto di un pannello sia completato in un tempo tale che il calcestruzzo rimanga sempre lavorabile nella zona di rifluimento;
- in presenza di pannelli di lunghezza superiore a 4 m, o forma tale da richiedere l'impiego di due o più tubi getto al fine di limitare la distanza orizzontale che il calcestruzzo deve percorrere, questi siano alimentati in modo sincrono per assicurare la risalita uniforme del calcestruzzo;
- per nessuna ragione il getto sia sospeso prima del totale riempimento del pannello. A pannello riempito il getto sia proseguito fino alla completa espulsione del calcestruzzo contaminato dal fango stabilizzante. Qualora la misura della risalita del calcestruzzo evidenzii valori anomali, ne dovrà essere data evidenza nella scheda da consegnare alla DIREZIONE LAVORI e dovranno essere evidenziate le azioni da intraprendere:
 - nel caso di risalite maggiori dovranno essere sviluppate prove per verificare che il copriferro sia quello previsto e non ci siano stati franamenti del terreno che possano aver interrotto la continuità del calcestruzzo.
 - Nel caso di assorbimenti maggiori del 10 % del calcestruzzo previsto dovrà essere verificato, analizzando le schede di perforazione, che non ci siano stati franamenti durante lo scavo del pannello. Qualora il maggior volume sia indice di cavità che possono rappresentare un pericolo per la sicurezza

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 12 di 15

delle lavorazioni, queste dovranno essere sospese e dovrà essere eseguita un'indagine di dettaglio (carotaggi, tomografie sismiche ad alta risoluzione con onde di compressione e di taglio, ecc.) per la comprensione del fenomeno avvenuto e per il progetto degli interventi di messa in sicurezza.

8.7.3. PALANCOLATI

8.7.3.1. Prescrizioni generali

L'ESECUTORE fermo restando quanto previsto dal paragrafo 8.5 ("Oneri e Prescrizioni generali"), se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- nella realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi di progetto;
- l'attrezzatura d'infissione e di estrazione abbia caratteristiche conformi allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi;
- lo stoccaggio e la movimentazione delle palancole in cantiere siano conformi a quanto indicato nella norma UNI EN 12063.

8.7.3.2. Infissione

L'ESECUTORE, prima dell'inizio della infissione, dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI il programma cronologico di infissione per tutte le palancole.

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- l'infissione per battitura avvenga con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e prosegua fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm.

L'ESECUTORE potrà, previa approvazione della DIREZIONE LAVORI, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palanca per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto d'acqua devono essere comunicate alla DIREZIONE LAVORI.

In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'ESECUTORE dovrà dare immediata informazione alla DIREZIONE LAVORI e concordare con la stessa gli interventi da eseguire.

8.7.3.3. Estrazione

L'ESECUTORE, se non diversamente previsto, dovrà verificare che:

- ad estrazione avvenuta, la palanca sia esaminata ed il suo stato brevemente descritto, annotando la presenza di distorsioni, deformazioni o danni.

8.8. CONTROLLI FINALI

Sono previste le seguenti tipologie di prove:

- Prove di carico
 - assiale (non distruttiva): con carichi di prova $P_{max} \geq 1,5$ volte l'azione di progetto P_r , utilizzata per le verifiche SLE (combinazione rara);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 13 di 15

➤ laterale (non distruttiva): lo sviluppo di tale prova può essere eseguito anche su pannelli strumentati secondo quanto eventualmente previsto dal progetto.

- Prova sonica
- Controllo della verticalità, da eseguirsi con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo, secondo le prescrizioni di progetto.

Le prove di carico assiali verranno eseguite solo per gli elementi di paratia soggetti ad azioni prevalentemente verticali. In particolare nel caso di paratie di pali, realizzati con pali contigui, si precisa che l'ESECUTORE dovrà sottoporre a prova di carico statico assiale singoli pali nel caso di pali tangenti, o più pali nel caso di pali secanti, qualora questi siano in progetto "assimilati a pali di fondazione" ed effettivamente soggetti ad azioni assiali verticali (associate ai soli carichi accidentali) tali da ricondurre il tasso di lavoro del materiale (calcestruzzo del palo) ad un valore superiore ad 1 MPa. Le prove di carico relative ai diaframmi saranno espressamente indicate dal progetto.

Le prove dovranno essere riportate nella documentazione di controllo, in accordo alle modalità e prescrizioni che seguono.

Per quanto riguarda le prove soniche, la loro frequenza dovrà rispettare quanto riportato nella seguente tabella:

Tabella 8.8.1

Prova sonica (cross-hole). Non prima di 28 gg. dal getto	Vengono attrezzati tutti i pannelli ed eseguite prove su almeno 1/3 di questi a scelta della DIREZIONE LAVORI.

In presenza di risultati non soddisfacenti delle prove cross-hole si dovrà sviluppare un piano di indagini specifiche sui pannelli (carotaggi meccanici, ulteriori indagini, etc.), che dovrà essere presentato sotto forma di relazione e approvato dalla DIREZIONE LAVORI. I risultati della campagna di indagine dovranno fornire gli elementi per la stesura finale della relazione che individuerà gli interventi necessari per la risoluzione della anomalia riscontrata.

Tutti i diaframmi da sottoporre a prove dovranno essere concordati con la DIREZIONE LAVORI.

8.8.1. PROVE DI CONTROLLO SONICO

Si tratta di controlli basati su prove soniche, la cui esecuzione richiede che i pannelli siano attrezzati con tubazioni metalliche/pvc poste ai quattro vertici del pannello stesso, annegate nel getto di calcestruzzo.

L'ESECUTORE dovrà attrezzare con tubi tutti i diaframmi; il 10% dei pannelli sarà attrezzato con tubi inclinometrici solidali all'armatura idonei anche per l'esecuzione delle prove cross-hole.

Le prove verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto su 1/3 dei pannelli attrezzati, a scelta della DIREZIONE LAVORI.

Data la forma geometrica rettangolare della sezione dei pannelli, le prove di controllo sonico saranno eseguite con la metodologia "cross-hole".

Per il controllo dei giunti, laddove progettualmente deve essere garantita la continuità, dovranno essere eseguite prove cross-hole anche tra i tubi di pannelli contigui.

Per quanto concerne le prove di controllo sonico su pali si rimanda al paragrafo 7.8.3 del presente Capitolato

8.8.1.1. Modalità di prova

Il numero dei tubi e delle prove sarà definito dall'ESECUTORE e comunicato alla DIREZIONE LAVORI, in base anche alle dimensioni del pannello. Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra i tubi di misura.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>006</u> <u>C</u>	FOGLIO 14 di 15

I tubi sono utilizzati a coppie; in uno viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro (o negli altri) quella ricevente.

Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi, ad intervalli regolari di profondità, la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo.

Le misure debbono essere eseguite almeno ogni 10 cm di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

L'esito delle prove sarà registrato con strumentazione digitale.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

8.8.1.2. Documentazione della prova

L'esito delle prove soniche sarà registrato in una apposita scheda in cui saranno indicati, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda sonica impiegata;
- le registrazioni digitali effettuate ad ogni avanzamento della sonda nonché le rappresentazioni grafiche dei parametri registrati.

8.9. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE

8.9.1. OBIETTIVI

Il presente capitolo indica i valori delle tolleranze di costruzione ritenute significative per stabilire l'accettazione di opere/parti d'opera realizzate dall'Esecutore.

Valori riscontrati, eccedenti i limiti indicati, comportano l'apertura di non conformità e il relativo trattamento (demolizione, rilavorazione, riparazione, accettazione tal quale con eventuale detrazione o deprezzamento).

8.9.2. DEFINIZIONI

- Valore teorico: il valore di un parametro indicato in progetto;
- Valore effettivo: il valore del parametro richiesto misurato sul manufatto costruito;
- Tolleranza: intervallo entro il quale deve essere compreso il valore effettivo di un certo parametro per ritenere il manufatto conforme e remunerabile secondo contratto;
- Precisione: minima entità della misura che si deve essere in grado di rilevare, ovvero livello di apprezzamento strumentale.
- Valore nominale: prescrizione contrattuale (progetto, capitolato)

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 8 PARATIE DI PALI, DIAFRAMMI E PALANCOLATE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 8	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 006 C</u>	FOGLIO 15 di 15

8.9.3. TOLLERANZE DI COSTRUZIONE: MODALITÀ DI LETTURA

Le tolleranze non sono cumulative. In caso di più di una indicazione, è sempre vincolante quella più restrittiva. Con precisione della misura viene indicato il livello di apprezzamento (strumentale) della grandezza.

Una tolleranza positiva (+) aumenta il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o alza la quota di un livello.

Una tolleranza negativa (-) diminuisce il valore o la dimensione alla quale essa è applicata o abbassa la quota di un livello.

Una tolleranza priva di segno è da intendersi positiva (+) e negativa (-).

Ove è precisata una tolleranza con un singolo segno positivo (+) o negativo (-) non esiste limite nel campo restante.

Tabella 8.9.1: Tolleranze

OGGETTO DEL CONTROLLO	DESCRIZIONE PARAMETRO DI CONTROLLO		UNITÀ DI MISURA	PRECISIONE	VALORE NOMINALE	TOLLERANZA	
1 - DIAFRAMMI	1.1	Posizionamento planimetrico cordoli guida	mm	5	di progetto	20	
	1.2	Posizionamento altimetrico cordoli guida	mm	2	di progetto	20	
	1.3	Profondità "L" diaframma	mm	2	di progetto	+L/100	
	1.4	Verticalità diaframma (generico)	%	0.4	di progetto	0.5	
	1.5	Verticalità diaframma (realizzato con idrofresa)	%	0.4	di progetto	0.4	
	1.6	Copriferro armatura metallica	mm	1	60	-10	
	1.7	Passo di posizionamento distanziatori	mm	10	30	+100	
2 - PALANCOLATI	2.1	Posizionamento planimetrico palancolato	mm	5	di progetto	50	
	2.2	Profondità d'infissione palancolato	mm	5	di progetto	50	

Relativamente ai diaframmi l'Esecutore dovrà verificarne la verticalità rispettando il seguente schema:

- 1) controllo con applicazione della tolleranza suddetta complessivamente su un primo tratto di 10 m di profondità (quindi con un delta di ± 5 cm in tale fascia);
- 2) controllo progressivo del gradiente di deviazione con applicazione della tolleranza suddetta metro per metro, per il restante tratto di pannello in profondità (quindi con un delta di ± 0.5 cm per ogni metro di avanzamento).

Per quanto riguarda i valori di tolleranze sulle paratie di pali, si deve fare riferimento a quanto specificato alla Sezione "Pali e micropali" del presente Capitolato.

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE
OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 12
PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA**

12.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
12.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
12.3	DEFINIZIONI
12.4	ABBREVIAZIONI
12.5	DISPOSIZIONI GENERALI
12.6	OPERE IN C.A. E C.A.P.
12.7	OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO
12.8	SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE
12.9	APPARECCHI D'APPOGGIO
12.10	COPRIGIUNTI
12.11	RITEGNI SISMICI MECCANICI
12.12	DISPOSITIVI DINAMICI DI VINCOLO PROVVISORIO
12.13	DISPOSITIVI DI SOSPENSIONE
12.14	CONTROLLO DELLA PRODUZIONE DISPOSITIVI DI VINCOLO E COPRIGIUNTI
12.15	OPERE PROVVISORIE
12.16	INFISSIONE A SPINTA DI MANUFATTI SCATOLARI
12.17	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO
12.18	ALLEGATO A CRITERI OMOLOGAZIONE APPOGGI ELASTICI
12.19	ALLEGATO B CRITERI OMOLOGAZIONE COPRIGIUNTI

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	A.F.Annicchiarico G.Sorrentino	M.Tisalvi	F.Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	A.F.Annicchiarico G.Sorrentino	M.Tisalvi	F.Iacobini
C	21/12/2018	Emissione per Applicazione	A.F.Annicchiarico <i>A. Annicchiarico</i> G.Sorrentino <i>G. Sorrentino</i>	M.Tisalvi <i>M. Tisalvi</i>	F.Iacobini <i>F. Iacobini</i>

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 2 di 96

INDICE

12.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	6
12.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	6
12.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	6
12.2.2	NORMATIVA EUROPEA	6
12.2.3	DOCUMENTAZIONE TECNICA	10
12.2.4	NORMATIVA FERROVIARIA	10
12.3	DEFINIZIONI	10
12.4	ABBREVIAZIONI	11
12.5	DISPOSIZIONI GENERALI	11
12.5.1	PRESCRIZIONI OPERATIVE	11
12.5.2	DOCUMENTI DI VARO	11
12.5.3	PROVE	11
12.6	OPERE IN C.A. E C.A.P.	12
12.6.1	OPERE FERROVIARIE	12
12.6.2	CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI	12
12.7	OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO	12
12.7.1	OPERE FERROVIARIE	12
12.7.2	CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI	12
12.8	SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE	13
12.8.1	IMPERMEABILIZZAZIONE COSTITUITA DA MEMBRANE BITUMINOSE PREFABBRICATE	13
12.8.1.1	PRESCRIZIONI PER LA POSA IN OPERA DEL MANTO IMPERMEABILE	16
12.8.1.2	PROVE SULLE FORNITURE E SUL PRODOTTO APPLICATO	18
12.8.2	IMPERMEABILIZZAZIONE COSTITUITA DA MEMBRANA IMPERMEABILE SINTETICA	19
12.8.2.1	CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE	20
12.8.2.2	PROVE SULLE FORNITURE E SUL PRODOTTO APPLICATO	22
12.8.3	STRATO PROTETTIVO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	23
12.8.3.1	POSA IN OPERA DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO	24
12.8.3.2	PROVE SUI CONGLOMERATI BITUMINOSI	25
12.8.4	SISTEMA DI IMPERMEABILIZZAZIONE PER PONTI E VIADOTTI ESISTENTI	25
12.8.4.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	25
12.8.4.2	FASI REALIZZATIVE	26
12.8.4.3	CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA IMPERMEABILE	37
12.8.4.4	TEMPISTICHE DI ESECUZIONE DEI LAVORI	37

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 3 di 96

12.9	APPARECCHI D'APPOGGIO	38
12.9.1	CARATTERISTICHE GENERALI	38
12.9.2	APPARECCHI DI APPOGGIO PER STRUTTURE IN C.A. , C.A.P. E MISTE ACCIAIO - CALCESTRUZZO.....	38
12.9.2.1	TIPOLOGIE DA UTILIZZARE	38
12.9.2.2	APPOGGI FISSI	39
12.9.2.3	APPOGGI MOBILI	41
12.9.2.4	DISPOSITIVI DI VINCOLO MECCANICI PER SOLI CARICHI ORIZZONTALI (FISSI E MOBILI UNIDIREZIONALI).....	45
12.9.2.5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	46
12.9.2.6	PRESCRIZIONI COSTRUTTIVE SUGLI APPOGGI.....	49
12.9.2.7	TOLLERANZE NEGLI ACCOPPIAMENTI E GIOCO TOTALE.....	51
12.9.2.8	RIVESTIMENTI PROTETTIVI	51
12.9.2.9	PRESCRIZIONI SULLE SALDATURE	52
12.9.2.10	PRESCRIZIONI PER L'ASSEMBLAGGIO, IL TRASPORTO E LO STOCCAGGIO IN CANTIERE	52
12.9.2.11	POSA IN OPERA	54
12.9.3	APPOGGI PER TRAVATE METALLICHE.....	56
12.9.3.1	GENERALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	56
12.9.3.2	TIPOLOGIE	56
12.10	COPRIGIUNTI	59
12.10.1	GENERALITÀ.....	59
12.10.2	CARATTERISTICHE DEI COPRIGIUNTI	59
12.10.3	MODALITÀ DI POSA IN OPERA	60
12.10.4	PROTEZIONE DEI COPRIGIUNTI IN CANTIERE.....	60
12.10.5	PROVE DA EFFETTUARE IN CANTIERE SUI COPRIGIUNTI MONTATI.....	60
12.10.6	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	60
12.11	RITEGNI SISMICI MECCANICI CON TAMPONI IN GOMMA.....	61
12.11.1	GENERALITA'.....	61
12.11.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE E PROTEZIONE DELLE SUPERFICI.....	62
12.11.3	POSA IN OPERA	63
12.12	DISPOSITIVI DINAMICI DI VINCOLO PROVVISORIO.....	63
12.12.1	GENERALITÀ.....	63
12.12.2	CARATTERISTICHE DEI RITEGNI	63

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 4 di 96

12.12.3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	64
12.12.4	PROTEZIONE DELLE PARTI METALLICHE	64
12.13	DISPOSITIVI DI SOSPENSIONE (PENDINI).....	64
12.13.1	GENERALITA'.....	64
12.13.2	DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEI SINGOLI ELEMENTI.....	65
12.13.2.1	SNODI.....	65
12.13.2.2	STAFFE.....	66
12.13.2.3	TERMINALI A FORCELLA	66
12.13.2.4	LE BARRE TONDE	66
12.13.2.5	DADO DI BLOCCAGGIO DELLE BARRE.....	66
12.13.2.6	PERNO.....	66
12.13.2.7	VITI.....	66
12.13.2.8	COPERCHIO DEL PERNO.....	66
12.13.2.9	SCOSSALINE PARAPOLVERE E PARAPIOGGIA	67
12.13.2.10	PROTEZIONI CONTRO LA CORROSIONE DELLE PARTI METALLICHE.....	67
12.14	CONTROLLO DELLA PRODUZIONE, DEI MATERIALI E DEI DISPOSITIVI DI VINCOLO ASSEMBLATI.....	67
12.14.1	PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE.....	67
12.14.2	CONTROLLO DELLA QUALITA' DEI MATERIALI.....	68
12.14.2.1	ACCIAIO LAMINATO	68
12.14.2.2	ACCIAIO PER GETTI.....	69
12.14.2.3	ACCIAIO FUCINATO E STAMPATO	70
12.14.2.4	LAMIERE, BARRE E PROFILATI IN ACCIAIO INOSSIDABILE.....	70
12.14.2.5	PRODOTTI FINITI LAMINATI A CALDO IN BARRE DI ACCIAIO NON LEGATO O LEGATO SPECIALE DA BONIFICA (PERNI, SPINE, ZANCHE ECC.).....	71
12.14.2.6	BULLONERIA	72
12.14.2.7	LEGA IN ALLUMINIO.....	72
12.14.2.8	PTFE	73
12.14.2.9	GOMMA	74
12.14.2.10	SCOSSALINA IN HYPALON PER COPRIGIUNTI	74
12.14.2.11	LUBRIFICANTI.....	74
12.14.3	CONTROLLO DEI DISPOSITIVI ASSEMBLATI.....	75
12.14.3.1	APPOGGI IN ACCIAIO CON MATERIALE ANTIFRIZIONE E A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO.....	75

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 5 di 96

12.14.3.2	APPOGGI IN ACCIAIO FUSO.....	76
12.14.3.2.1	CONTROLLO DIMENSIONALE.....	76
12.14.3.3	APPOGGI IN GOMMA ARMATA	77
12.14.3.4	DISPOSITIVI DI VINCOLO MECCANICI PER SOLI CARICHI ORIZZONTALI.....	77
12.14.3.5	COPRIGIUNTI FINITI	78
12.14.3.6	DISPOSITIVI DINAMICI DI VINCOLO PROVVISORIO.....	79
12.14.3.7	DISPOSITIVI DI SOSPENSIONE (PENDINI).....	80
12.15	OPERE PROVVISORIE.....	80
12.16	INFISSIONE A SPINTA DI MANUFATTI SCATOLARI	81
12.16.1	GENERALITA'.....	81
12.16.2	PRESCRIZIONI TECNICHE	81
12.17	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO	83
	ALLEGATO A - CRITERI PER L'OMOLOGAZIONE DI APPARECCHI DI APPOGGIO FISSI CON DISPOSITIVO ELASTICO PER PONTI FERROVIARI	85
	ALLEGATO B - CRITERI DI ACCETTAZIONE PER L'OMOLOGAZIONE DI COPRIGIUNTI PER IMPALCATI FERROVIARI	91

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 6 di 96

12.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Le prescrizioni contenute nella presente sezione di Capitolato si applicano ai lavori di realizzazione di opere ferroviarie (ponti, viadotti e sottovia) e di cavalcavia stradali e pedonali.

La presente sezione è parte integrante del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (cod. RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la sezione 12 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SICS PS SP IFS 002 B).

12.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

12.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 5/11/1971, n.1086 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica;
- D.P.R. n. 380/2001 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- DM Infrastrutture del 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»

12.2.2 NORMATIVA EUROPEA

Membrane impermeabili:

- UNI EN ISO 527:2012 - Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Parte 2: Condizioni di prova per materie plastiche per stampaggio ed estrusione;
- UNI ISO 815:2005 - Gomma vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della deformazione residua a compressione;
- UNI EN ISO 868:2005 - Materie plastiche ed ebanite - Determinazione della durezza per penetrazione di un durometro (durezza Shore);
- UNI EN 1107:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione della stabilità dimensionale;
- UNI EN 1109:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione della flessibilità a freddo;
- UNI EN 1110:2011 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture - Determinazione dello scorrimento a caldo;
- UNI EN ISO 1183-1:2013 - Materie plastiche - Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari - Parte 1: Metodo ad immersione, metodo del picnometro in mezzo liquido e metodo per titolazione;
- UNI EN 1296:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e gomma per impermeabilizzazione di coperture - Metodo di invecchiamento artificiale tramite esposizione a lungo termine ad elevate temperature;
- UNI EN ISO 1431:2013 - Gomma vulcanizzata o termoplastica - Resistenza al deterioramento in ozono - Parte 1: Prova in condizioni di deformazione statiche e dinamiche;
- UNI EN ISO 1461:2000 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 7 di 96

- UNI EN ISO 1542:2000 - Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo -Metodi di prova - Misurazione dell'aderenza per trazione diretta;
- UNI EN 1848-1:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della lunghezza, della larghezza e della rettilineità - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN 1849-1:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione dello spessore e della massa areica - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN 1297:2005 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane di bitume, plastica e gomma per l'impermeabilizzazione di coperture - Metodo di invecchiamento artificiale tramite esposizione combinata di lunga durata alle radiazioni UV, alla temperatura elevata e all'acqua;
- UNI EN 1928:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture: determinazione della tenuta d'acqua;
- UNI ISO 4288: - Prove sulle materie plastiche. Determinazione della resistività elettrica superficiale e volumica;
- UNI ISO 4649:2011-Gomma, vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della resistenza all'abrasione mediante dispositivo a tamburo cilindrico rotante;
- UNI EN ISO 4892:2013 - Materie plastiche - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 2: Lampade ad arco allo xeno;
- UNI EN ISO 10559:1996 - Prodotti vernicianti. Determinazione della resistenza all'abrasione con l'apparecchio "TABER";
- UNI EN 12310-1:2001- Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della resistenza alla lacerazione - Membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN ISO 12310-2:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Determinazione della resistenza alla lacerazione - Membrane di materiale plastico e gomma per l'impermeabilizzazione delle coperture;
- UNI EN 12311-1:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione – membrane bituminose per l'impermeabilizzazione delle coperture – Determinazione delle proprietà a trazione;
- UNI EN ISO 12691:2006 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della resistenza all'urto;
- UNI EN 12730:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della resistenza al carico statico;
- UNI EN 13416:2003 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture – Regole per il campionamento;
- UNI EN 13596:2005 - Determinazione della resistenza dell'aderenza;
- UNI EN 13653:2005 - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di impalcati di ponte di calcestruzzo e altre superfici di calcestruzzo soggette a traffico – Determinazione della resistenza al taglio;
- UNI EN 14223:2005 - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di impalcati di ponte di calcestruzzo e altre superfici di calcestruzzo soggette a traffico – Determinazione dell'assorbimento d'acqua;
- UNI EN 14695:2010 - Membrane bituminose armate per l'impermeabilizzazione di impalcati di ponte di calcestruzzo e altre superfici di calcestruzzo soggette a traffico.

Dispositivi di vincolo

- UNI EN ISO 286-2 - Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Sistema di codifica ISO per tolleranze di dimensioni lineari - Prospetti delle classi di tolleranza normalizzate e degli scostamenti limite di fori e alberi.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 8 di 96

- UNI EN ISO 291: 2008 - Materie plastiche - Atmosfere normali di condizionamento e di prova
- UNI EN ISO 527-1:2012 - Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Principi generali
- UNI EN ISO 527-3:1997 - Materie plastiche. Determinazione delle caratteristiche a trazione. Condizioni di prova per film a lastre.
- UNI EN 573-3: 2013 - Alluminio e leghe di alluminio - Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati - Parte 3: Composizione chimica e forma dei prodotti
- UNI EN 485-2:2013 - Alluminio e leghe di alluminio - Lamiere, nastri e piastre - Parte 2: Caratteristiche meccaniche
- UNI EN 586-1:1996 - Alluminio e leghe di alluminio. Fucinati. Caratteristiche meccaniche ed altre caratteristiche richieste.
- UNI EN 755-2:2013 - Alluminio e leghe di alluminio - Barre, tubi e profilati estrusi - Parte 2: Caratteristiche meccaniche
- UNI EN ISO 898-1: 2013 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine
- UNI EN ISO 898-2: 2012 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine.
- UNI EN ISO 1183-1:2013 - Materie plastiche - Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari - Parte 1: Metodo ad immersione, metodo del picnometro in mezzo liquido e metodo per titolazione
- UNI EN 1337-2: 2005 – Appoggi strutturali – Elementi di scorrimento.
- UNI EN 1337-3: 2005 – Appoggi strutturali – Appoggi elastomerici.
- UNI EN 1337-5:2005 – Appoggi strutturali – Appoggi a disco elastomerico.
- UNI EN 1369: 20112 - Fonderia - Prova mediante polveri magnetiche.
- UNI EN ISO 1461: 2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova.
- UNI EN 1559-2: 2014 - Fonderia - Condizioni tecniche di fornitura - Requisiti addizionali per getti di acciaio.
- UNI EN 1928:2002 - Membrane flessibili per impermeabilizzazione - Membrane bituminose, di materiale plastico e di gomma per impermeabilizzazione di coperture - Determinazione della tenuta all'acqua
- UNI EN ISO 2039-1: 2006 - Materie plastiche - Determinazione della durezza - Metodo di penetrazione con sfera
- UNI EN ISO 4287: 2009 – Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Stato della superficie: Metodo del profilo - Termini, definizioni e parametri dello stato della superficie
- UNI EN ISO 4527: 2006 - Rivestimenti metallici - Rivestimenti (chimici) autocatalitici di lega nichel-fosforo - Requisiti e metodi di prova.
- UNI EN ISO 4759: 2003 - Tolleranze per elementi di collegamento - Rondelle piane per viti e dadi - Categorie A e C.
- UNI EN ISO 6892-1: 2009 - Materiali metallici - Prova di trazione - Metodo di prova a temperatura ambiente.
- UNI EN ISO 8062-3: 2009 - Specifiche geometriche dei prodotti (GPS) - Tolleranze dimensionali e geometriche dei pezzi ottenuti da fusione - Parte 3: Tolleranze dimensionali e geometriche generali e sovrametalli di lavorazione dei getti
- UNI EN 10088 – 2: 2014 Acciai inossidabili - Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere, dei fogli e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 9 di 96

- UNI EN 10021: 2007 - Condizioni tecniche generali di fornitura dei prodotti di acciaio.
- UNI EN 10025-1:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura.
- UNI EN 10025-2: 2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali.
- UNI EN 10029: 2011 - Lamiere di acciaio laminate a caldo di spessore maggiore o uguale a 3 mm - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma.
- UNI EN 10088 – 1: 2014 - Acciai inossidabili - Lista degli acciai inossidabili.
- UNI EN 10088 – 3: 2014 - Acciai inossidabili - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura dei semilavorati, barre, vergella, filo, profilati e prodotti trasformati a freddo di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali.
- UNI EN 10160: 2001 - Controllo con ultrasuoni di prodotti piani di acciaio con spessore maggiore o uguale a 6 mm (metodo per riflessione).
- UNI EN 10163 -1: 2005 - Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo - Parte 1: Requisiti generali.
- UNI EN 10163 -2: 2005 - Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo - Lamiere e larghi piatti.
- UNI EN 10163 -3: 2005 - Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo – Profilati.
- UNI EN 10250-2: 2001 - Prodotti fucinati di acciaio per impieghi generali - Acciai non legati di qualità e acciai speciali.
- UNI EN 10293: 2015 - Getti di acciaio - Getti di acciaio per impieghi tecnici generali
- UNI EN 12680-1: 2005 - Fonderia - Controllo mediante ultrasuoni - Getti di acciaio per impieghi generali
- UNI EN ISO 23277: 2015 - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante liquidi penetranti - Livelli di accettabilità
- ISO 2176: 1995 - Petroleum products -- Lubricating grease -- Determination of dropping point.
- ISO 3016: 1994 - Petroleum products -- Determination of pour point.
- ISO 37: 2011 - Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain.
- ISO 34-1: 2015 – Rubber, vulcanized or thermoplastic – determination of tear strenght – trouser, angle and crescent test pieces.
- ISO 815: 2014 - Rubber, vulcanized or thermoplastic – determination of compression set
- ISO 868: 2003 - Plastics and ebonite -- Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness).
- ISO 2137: 2007 Produits pétroliers et lubrifiants -- Détermination de la pénétrabilité au cône des graisses lubrifiantes et des pétrolatums.
- ISO 48: 2010 - Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD).
- ISO 188: 2011 - Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Accelerated ageing and heat resistance tests.
- ISO 1431-1: 2004 Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Resistance to ozone cracking -- Static and dynamic strain testing.
- UNI ISO 812: 2012 - Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of low-temperature brittleness.
- UNI ISO 4650: 2007 Gomma identificazione – metodi spettrometrici nell'infrarosso.
- UNI 8309: 1981 - Prodotti vernicianti. Determinazione della perdita di massa in stufa a 110 C e del residuo in muffola a 450 C dei rivestimenti plastici.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 10 di 96

- UNI ISO 3651-2: 2000 - Determinazione della resistenza alla corrosione intergranulare degli acciai inossidabili - Acciai inossidabili ferritici, austenitici ed austenitici- ferritici (duplex) - Prova di corrosione in ambienti contenenti acido solforico.
- UNI ISO 4661: 1990 - Elastomeri: Prove su vulcanizzati. Preparazione di campioni e di provini. Prove chimiche.
- UNI ISO 23529: 2011 - Gomma - Procedure generali per la preparazione e il condizionamento dei provini per prove fisiche
- UNI 9376: 1989 - Prodotti vernicianti. Determinazione della percentuale di legante, pigmento e riempitivi.
- UNI 5405: 1964 - Elastomeri: prove su vulcanizzati. Determinazione dell'attacco ottenuto in vulcanizzazione fra elastomero e metallo (provetta piana).
- ASTM D 792: 2008 - Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement.

12.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- ISO 9001 – Sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 14001 – Sistemi di Gestione Ambientale;
- Istruzione CNR 10011 - Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- Istruzione CNR 10016 - Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni;
- Istruzione CNR 10018 - Apparecchi d'appoggio per le costruzioni. Istruzioni per l'impiego.
- CNR – B.U. n. 27 - Metodo di prove per la misura equivalente in sabbia.
- CNR – B.U. 30 - Determinazione della stabilità e dello scorrimento di miscele di bitume e inerti lapidei a mezzo dell'apparecchio Marshall.
- CNR – B.U. 39 - Determinazione della porosità o percentuale dei vuoti di miscele di aggregati lapidei con bitume o catrame.
- CNR – B.U. 68 - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - caratteristiche per l'accettazione.

12.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA

- Istruzione 44C “Visite di controllo ai ponti, alle gallerie e alle altre opere d'arte dell'infrastruttura ferroviaria” RFI DTC SICS PO IFS 001 A del 07.08.2013;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente;
- Circolare n. 8 del 10/2/1960 del Servizio Lavori e Costruzioni delle F.S - .Norme riguardanti la costruzione dei ponti ad arco in conglomerato cementizio;
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa “ La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 005 D.

12.3 DEFINIZIONI

Ai fini del presente Capitolato si adottano le seguenti definizioni:

- ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);
- FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direttore Lavori, Alta Sorveglianza).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 11 di 96

12.4 ABBREVIAZIONI

Di seguito si riportano le abbreviazioni utilizzate all'interno della presente sezione di capitolato:

- c.a.: cemento armato;
- c.a.p.: cemento armato precompresso.

12.5 DISPOSIZIONI GENERALI

12.5.1 PRESCRIZIONI OPERATIVE

Nell'esecuzione dei lavori l'ESECUTORE dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate sia alla esecuzione dei lavori che all'effettuazione delle prove di carico e di eventuali controlli e ispezioni.

Nel caso di lavori da eseguire in presenza d'acqua, sarà cura dell'ESECUTORE provvedere, con i mezzi più adeguati, all'aggettamento e al contenimento della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari per l'esecuzione dei lavori in presenza d'acqua, previa informazione alle FERROVIE.

Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'ESECUTORE dovrà sempre informare le FERROVIE prima di procedere con le fasi successive. Nel caso in cui l'ESECUTORE non ottemperi a quanto sopra, le FERROVIE potranno richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'ESECUTORE.

Sarà cura dell'ESECUTORE provvedere all'installazione della strumentazione, alla rilevazione e alla elaborazione dei dati concernenti il monitoraggio sia definitivo, che in corso di realizzazione, delle opere quando previsto dal progetto.

Per l'effettuazione dei lavori, l'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza con particolare riferimento all'incolumità del personale addetto ai lavori.

12.5.2 DOCUMENTI DI VARO

Sarà cura dell'ESECUTORE procedere, in fase di redazione degli elaborati di dettaglio, allo studio del piano di varo delle strutture costituenti ponti e viadotti, in funzione delle attrezzature impiegate. Le sollecitazioni transitorie gravanti sui manufatti durante le diverse fasi di montaggio dovranno essere compatibili con le caratteristiche statiche degli elementi strutturali definitivi e transitori impegnati.

Tali elaborati di varo, completi di calcoli e verifiche, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'ESECUTORE, dovranno essere preventivamente trasmessi alle FERROVIE per l'approvazione.

12.5.3 PROVE

Sarà cura dell'ESECUTORE eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli di legge nonché quelli previsti dalle specifiche ferroviarie, così come quelli aggiuntivi che le FERROVIE ritenessero necessarie ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche e agli standard qualitativi prefissati. Le prove sui materiali da costruzione dovranno essere effettuate presso laboratori ufficiali autorizzati ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 12 di 96

12.6 OPERE IN C.A. E C.A.P.

12.6.1 OPERE FERROVIARIE

Per quanto concerne le opere ferroviarie in cemento armato ordinario e precompresso, si rimanda a quanto indicato nella seguente documentazione:

- DM Infrastrutture del 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Sezione 6 del presente capitolato, “Opere in conglomerato cementizio e in acciaio”;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente

12.6.2 CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI

Per quanto concerne le opere stradali e pedonali, costruite in cemento armato ordinario e precompresso sovrappassanti la sede ferroviaria, si rimanda a quanto indicato nella seguente documentazione:

- DM Infrastrutture del 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Sezione 6 del presente capitolato, “Opere in conglomerato cementizio e in acciaio”;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente

12.7 OPERE METALLICHE E MISTE ACCIAIO-CALCESTRUZZO

12.7.1 OPERE FERROVIARIE

Per quanto concerne le opere ferroviarie in acciaio e acciaio-calcestruzzo, si rimanda a quanto indicato in:

- DM Infrastrutture del 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente

Nella costruzione delle strutture metalliche, per la qualità e le caratteristiche dei materiali ferrosi da impiegare, per il controllo degli stessi e per il controllo delle lavorazioni d'officina e per il montaggio in opera, si richiama l'osservanza della Sez. 6 del presente Capitolato.

La stessa sezione è richiamata per quanto riguarda le saldature per la realizzazione delle strutture metalliche.

12.7.2 CAVALCAVIA STRADALI E PASSERELLE PEDONALI

Per quanto concerne le opere stradali e pedonali, costruite in acciaio e acciaio-calcestruzzo sovrappassanti la sede ferroviaria, si rimanda a quanto indicato in:

- DM Infrastrutture del 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili ed. corrente.

Nella costruzione delle strutture metalliche, per la qualità e le caratteristiche dei materiali ferrosi da impiegare, per il controllo degli stessi e per il controllo delle lavorazioni d'officina e per il montaggio in opera, si

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 13 di 96

richiama l'osservanza della Sez. 6 del presente Capitolato. La stessa sezione è richiamata per quanto concerne le saldature per la realizzazione delle strutture metalliche.

12.8 SISTEMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

Le impermeabilizzazioni degli impalcati ferroviari saranno realizzate mediante l'impiego di membrane bituminose prefabbricate oppure mediante membrane a base di prodotti sintetici da applicare a spruzzo quali ad esempio, poliuretano e poliurea, secondo quanto specificato nei successivi paragrafi.

Al fine di garantire l'omogeneità dell'impermeabilizzazione, sarà consentito l'impiego di una sola delle suddette tipologie sull'intero impalcato.

Con riferimento alle tipologie di ponti ferroviari indicati nel Manuale di Progettazione delle Opere Civili, di regola l'impiego di membrane sintetiche, in considerazione del maggior costo rispetto alle tradizionali membrane bituminose, è limitato a:

- solette degli impalcati in struttura mista acciaio-calcestruzzo;
- impalcati a cassone metallico con ballast all'interno;
- solette degli impalcati in c.a e c.a.p. realizzati a trave continua.

Per le altre tipologie d'impalcato si utilizzeranno le membrane bituminose prefabbricate.

Per le opere scatolari messe in opera mediante spinta sotto binario, il sistema d'impermeabilizzazione è di regola costituito come segue:

- per la soletta superiore, da membrane bituminose prefabbricate, protette da un massetto di calcestruzzo di classe C25/30, armato con rete d'acciaio elettrosaldato, di spessore non inferiore ai 5 cm;
- per le pareti verticali da uno strato di 3 mm di resine epossidiche bicomponenti.

I prodotti impermeabilizzanti devono essere dotati, ove previsto, di marcatura CE in conformità alla norma UNI EN 14695. Inoltre, dovranno provenire da PRODUTTORE in possesso della certificazione UNI EN ISO 9001.

I prodotti e la relativa etichettatura dovranno essere conformi agli obblighi di legge e alle normative nazionali e internazionali in materia di rispetto dell'ambiente e di salvaguardia della salute degli operatori. Per essi è, inoltre, richiesta la scheda di sicurezza, ove pertinente.

L'ESECUTORE dovrà conservare i prodotti nei propri imballi originali sigillati, in ambienti asciutti e al riparo dal sole, da altre fonti di calore e dal freddo intenso nel rispetto delle eventuali particolari prescrizioni fornite a riguardo dal PRODUTTORE.

Per ciascuna partita l'ESECUTORE deve consegnare alle FERROVIE, unitamente alla bolla di consegna, la DoP ("Declaration of Performance") fornita dal PRODUTTORE in accordo alla UNI EN 14695.

La caratterizzazione del sistema di impermeabilizzazione, che prevede lo svolgimento delle prove indicate nelle tabelle 12.8.3.1.1-2-3 e 12.8.3.2.1-2, dovrà essere effettuata a cura del PRODUTTORE all'atto della sua prima applicazione in ambito ferroviario, informando le FERROVIE per l'eventuale presenziamento delle prove di laboratorio. Per tutti gli impieghi successivi, l'ESECUTORE dovrà consegnare alle FERROVIE il Dossier contenente tutta la documentazione che attesti lo svolgimento delle prove di caratterizzazione suddette. Le FERROVIE, verificato il contenuto del Dossier, procederanno con le prove di conformità dei nuovi prodotti a quelli già testati secondo quanto riportato nei paragrafi 12.8.3.1.2 e 12.8.3.2.2.

12.8.1 IMPERMEABILIZZAZIONE COSTITUITA DA MEMBRANE BITUMINOSE PREFABBRICATE

Il sistema di impermeabilizzazione da applicare nella zona centrale "sotto-ballast" degli impalcati dovrà essere

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 14 di 96

costituito da due membrane bituminose prefabbricate sovrapposte, di spessore 3 mm (membrana inferiore) e 4 mm (membrana superiore). Tali membrane dovranno poi essere protette superiormente da uno strato di 5 cm di spessore di conglomerato bituminoso.

La membrana superiore dovrà inoltre essere trattata sulla superficie superiore con fibre polimeriche preformate in film in modo da renderla più resistente al passaggio dei mezzi di cantieri e della vibrofinitrice.

Nella zona dei camminamenti l'impermeabilizzazione sarà invece formata da un'unica membrana di 4 mm di spessore, delle stesse caratteristiche della precedente membrana superiore, protetta dal suddetto strato di conglomerato bituminoso.

Tabella 12.8.1-1 - Caratteristiche della membrana inferiore da 3 mm

CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA	VALORE RICHIESTO	NORMA DI RIFERIMENTO	TOLLERANZE
Resistenza a rottura per trazione su provino longitudinale	500N	UNI EN 12311-1	± 20%
Resistenza a rottura per trazione su provino trasversale	400N	UNI EN 12311-1	± 20%
Allungamento a rottura	≥40%	UNI EN 12311-1	± 15 abs
Stabilità di forma a caldo	a 140°C	UNI EN 1110	± 10°C
Flessibilità a freddo	a -10°C	UNI EN 1109	
Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	a -5°C	UNI EN 1109	
Permeabilità all'acqua alla pressione di 500 KPa	Nessuna	UNI EN 1928	Nessuna tolleranza
Massa areica	≥3 e ≤3,5 kg/mq	UNI EN 1849-1	
Stabilità dimensionale a caldo longitudinale e trasversale	≤0,5% (proposto 0.3%)	UNI EN 1107	
Lunghezza (Lu)	Lu	UNI EN 1848-1	± 1%
Larghezza (La)	La	UNI EN 1848-2	± 1%
Spessore	3 mm +/- 5%	UNI EN 1849-1	± 5%
Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale metodo B	≥150 N	UNI EN 12310-2	
Temperatura di rammollimento	≥140°C	ASTM D36	
Resistenza all'ozono	NESSUNA screpolatura dopo la prova	UNI EN 1844:2002	

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 15 di 96

Tabella 12.8.1-2 - Caratteristiche della membrana inferiore da 4 mm

CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA	VALORE RICHIESTO	NORMA DI RIFERIMENTO	TOLLERANZE
Resistenza a rottura per trazione su provino longitudinale	$\geq 900\text{N}$	UNI EN 12311-1	$\pm 20\%$
Resistenza a rottura per trazione su provino trasversale	$\geq 900\text{N}$	UNI EN 12311-1	$\pm 20\%$
Allungamento a rottura	$\geq 40\%$	UNI EN 12311-1	± 15 abs
Determinazione dello scorrimento a caldo	a 140°C	UNI EN 1110	$\pm 10^{\circ}\text{C}$
Flessibilità a freddo	a -15°C	UNI EN 1109	
Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	a -10°C	UNI EN 1109	
Permeabilità all'acqua alla pressione di 500 KPa	Nessuna	UNI EN 1928	Nessuna tolleranza
Massa areica	4 kg/mq	UNI EN 1849-1	± 0.3 kg/mq
Stabilità dimensionale a caldo longitudinale e trasversale	$\leq 0,5\%$	UNI EN 1107	
Lunghezza (Lu)	Lu	UNI EN 1848-1	$\pm 1\%$
Larghezza (La)	La	UNI EN 1848-2	$\pm 1\%$
Spessore	4 mm	UNI EN 1849-1	$\pm 5\%$
Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale metodo B	$\geq 150\text{ N}$	UNI EN 12310-2	
Temperatura di rammollimento	$\geq 140^{\circ}\text{C}$	ASTM D36	
Resistenza all'ozono	Nessuna screpolatura dopo la prova	UNI EN 1844	

Tabella 12.8.1-3 - Caratteristiche sistema (insieme delle due membrane)

Resistenza al punzonamento statico	$\geq 350\text{ N}$	UNI EN 12730	

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 16 di 96

12.8.1.1 Prescrizioni per la posa in opera del manto impermeabile

Nessuna impermeabilizzazione potrà essere eseguita in giornate di pioggia o di neve o quando la temperatura ambiente, in fase di posa, sarà inferiore a +5°C; in ogni caso, le superfici da impermeabilizzare dovranno risultare perfettamente asciutte.

Le modalità di posa in opera del manto impermeabile dovranno essere quelle di seguito indicate per le diverse zone d'impalcato:

Zona "sotto ballast" dell'impalcato

1. Radicale pulizia delle superfici da impermeabilizzare mediante idrolavaggio e/o soffiatura con aria compressa e, ove occorra, con regolarizzazione delle superfici mediante bocciardatura e/o rasatura con emulsione bituminosa costituita da cemento, sabbia di fiume, bitume ed acqua, in rapporti volumetrici adeguati ed idonei a garantire superfici, lisce al fratazzo, che non presentino crepe dopo essiccamento dell'emulsione stessa. Soluzioni diverse potranno essere adottate soltanto se preventivamente accettate da FERROVIE;
2. applicazione a rullo o a spruzzo, sulle superfici da impermeabilizzare, di uno speciale primer compatibile anche con calcestruzzi trattati con anti evaporante, in quantità compresa tra i 300 g e i 500 g per m²;
3. applicazione, in fasi successive, delle due membrane, di spessore 3 mm (inf.) e 4 mm (sup.), mediante fiaccola, per la fusione di tutto lo strato superficiale da incollare al supporto, e rullo, di peso adeguato, per comprimere uniformemente le membrane fuse in modo da renderle maggiormente aderenti.

La stesa delle membrane dovrà effettuarsi trasversalmente all'impalcato. Il singolo rotolo di membrana dovrà consentire, senza giunti trasversali, la copertura della zona compresa tra i muretti para-ballast nonché i risvolti verticali sui muretti stessi, che dovranno essere di 20 cm per le membrane di spessore 3 mm e di 25 cm per le membrane di spessore 4 mm (vedi figure 12.8.1.1-1 e 12.8.1.1-2).

La successione longitudinale delle singole membrane potrà avvenire partendo dalla estremità più bassa e terminando all'altra estremità della campata nei viadotti in pendenza, oppure partendo dalle due estremità e terminando al centro della campata stessa nei viadotti non in pendenza.

Particolare attenzione dovrà essere posta all'incollaggio delle membrane sull'angolo tra estradosso impalcato e muretto para-ballast, onde evitare vuoti sotto le membrane stesse che potrebbero causarne il distacco dal muretto sotto l'azione del ballast.

Alle estremità dell'impalcato le membrane dovranno coprire per metà ampiezza il varco esistente tra due impalcati contigui. La posa delle stesse dovrà avvenire dopo l'applicazione della scossalina di raccolta delle acque sul varco. Le modalità di applicazione di detta scossalina sono riportate nell'elaborato riguardante la posa in opera del coprigiunto omologato da RFI che sarà utilizzato (vedi fig.12.8.1.1-2).

Le sovrapposizioni delle membrane dovranno essere di 10 cm. Le sovrapposizioni della membrana superiore da 4 mm dovranno ricadere all'incirca a metà tra le sovrapposizioni della membrana inferiore da 3 mm.

Zona dell'impalcato non al di sotto del ballast

Su tale zona dovrà essere applicata soltanto la membrana di spessore 4 mm di cui sopra e le modalità di applicazione dovranno essere le stesse previste per la zona centrale dell'impalcato ad esclusione della stesa, che potrà effettuarsi anche in senso longitudinale all'impalcato qualora l'ESECUTORE ne faccia richiesta e dia dimostrazione alle FERROVIE di ottenere gli stessi risultati ottenibili con l'applicazione trasversale all'impalcato. Le sovrapposizioni sia longitudinali che trasversali delle membrane dovranno essere di 15 cm, mentre i risvolti delle stesse sui muretti para-ballast e sui cordoli dei parapetti dovranno essere rispettivamente di 20 cm e di 8 cm. Particolare attenzione dovrà essere posta in prossimità dei fori quadri di scolo ricavati alla base dei muretti para-ballast, nonché in prossimità dei pluviali e dei fori di ancoraggio dei pali T.E. posti sui camminamenti.

Figura 12.8.1.1-2 – Particolare dell'impermeabilizzazione in corrispondenza dei giunti

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 18 di 96

12.8.1.2 Prove sulle forniture e sul prodotto applicato

Le prove da eseguire sulle membrane impermeabili riguarderanno sia il prodotto in fornitura che il prodotto applicato.

Prove sulle forniture

Le prove di caratterizzazione sono obbligatorie per forniture relative a superfici da impermeabilizzare maggiori di 50 m² ed hanno lo scopo di accertare che il prodotto approvvigionato abbia le caratteristiche riportate nelle tabelle precedenti. Nella tabella seguente si riporta l'elenco delle suddette prove:

Tabella 12.8.1.2-1

CARATTERISTICHE DELLA MEMBRANA	NORMA DI RIFERIMENTO	TOLLERANZE AMMESSE RISPETTO AL VALORE NOMINALE
Resistenza a rottura per trazione su provino longitudinale	UNI EN 12311	± 20%
Resistenza a rottura per trazione su provino trasversale	UNI EN 12311	± 20%
Allungamento a rottura	UNI EN 12311-1	± 15
Stabilità di forma a caldo	UNI EN 1110	± 10°C
Permeabilità all'acqua alla pressione di 500 KPa	UNI EN 1928	Nessuna tolleranza
Spessore	UNI EN 1849-1	± 5%
Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale metodo B	UNI EN 12310-2	± 30%
Flessibilità a freddo	UNI EN 1109	Nessuna tolleranza
Temperatura di rammollimento	ASTM D36	Nessuna tolleranza

Le prove verranno eseguite alla presenza di personale delle FERROVIE che provvederà ai prelievi dei campioni che l'ESECUTORE, a propria cura e spese, dovrà inviare ad un laboratorio dotato delle attrezzature e delle qualifiche, necessarie all'esecuzione delle prove previste in conformità alle norme applicabili.

Il numero di prelievi sarà pari a 4 per ogni 10.000 m² di superficie o frazione, per ciascuna delle due membrane sovrapposte.

Le FERROVIE, qualora lo ritengano opportuno, si riservano il diritto di richiedere ulteriori prove oltre a quelle elencate nella tabella precedente.

Il campionamento sarà eseguito da rotoli non danneggiati avendo cura che il provino sia esente da ogni difetto visibile, in conformità alla norma UNI EN 1850-2. Al termine delle prove tutto il materiale oggetto del collaudo dovrà essere identificato inequivocabilmente come idoneo all'impiego.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 19 di 96

Prove sul prodotto applicato

Le prove funzionali da eseguire consisteranno in prove di strappo delle membrane bituminose già poste in opera.

Dette prove dovranno essere condotte in presenza del personale di FERROVIE e consisteranno nell'incollaggio sulle membrane bituminose di alcuni piastrini metallici circolari, di diametro 100 o 50 mm e nel tiro di detti piastrini con apposita apparecchiatura in grado di fornire la tensione di tiro prescritta nel seguito.

I piastrini da applicare saranno almeno n. 2 per campata, per luci degli impalcati fino a m 25, e n 4 per campata per luci maggiori. Essi potranno essere posizionati a scelta delle FERROVIE, sia sui camminamenti che sulla zona centrale dell'impalcato. I piastrini non dovranno essere applicati sulle sovrapposizioni delle membrane.

Le prove dovranno svilupparsi conducendo le seguenti operazioni:

- sabbiatura dei piastrini a metallo bianco;
- incollaggio dei piastrini sulle membrane con apposito collante in grado di sopportare le tensioni di tiro richieste (al riguardo si suggeriscono resine epossidiche bicomponenti senza solventi);
- taglio di una porzione di membrana intorno alla circonferenza dei piastrini dopo completa essiccazione del collante;
- tiro dei piastrini con azione perpendicolare alla superficie incollata.

La tensione media di distacco delle membrane dal supporto, rilevata sui 6 provini, dovrà essere superiore a 0,5 N/mm² con valori minimi per ogni singolo provino non inferiori a 0,4 N/mm².

Qualora il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, il valore di prova da considerare sarà il massimo valore rilevato qualora superiore a 0,5 N/mm².

Se il distacco dovesse avvenire prima del raggiungimento di tale valore, si provvederà all'incollaggio di un nuovo provino.

Al termine delle prove, le zone in cui è avvenuto il distacco della membrana incollata ai piastrini dovranno essere ripristinate prevedendo una colata di asfalto fino all'estradosso dell'impermeabilizzazione ed un rappezzo con membrana da 4 mm di dimensioni 40x40 cm da applicare a caldo con fiaccola facendo attenzione che lo stesso sia centrato sulla zona di prova.

Se il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, occorrerà rimuovere il disco di membrana isolato dal taglio per poi procedere al ripristino di cui sopra.

12.8.2 IMPERMEABILIZZAZIONE COSTITUITA DA MEMBRANA IMPERMEABILE SINTETICA

In questo caso, l'impermeabilizzazione degli impalcati viene ottenuta con la posa in opera di manto impermeabile sintetico a base di prodotti sintetici quali ad esempio, poliurea, poliuretano, metacrilato ecc. eseguito con membrana continua ed omogenea, realizzata in opera e spruzzata in un'unica soluzione mediante idonea apparecchiatura. La membrana dovrà essere esente da solventi, plastificanti, inerti di carica e materiali bituminosi.

L'impermeabilizzazione non potrà essere eseguita in giornate di pioggia o neve o quando la temperatura atmosferica è inferiore a 5°C e fino a che le superfici non resteranno perfettamente asciutte.

Lo strato di impermeabilizzazione dovrà avere uno spessore minimo ≥ 4 mm così da garantire un'elevata protezione all'azione delle acque meteoriche, degli agenti aggressivi solidi e dei raggi U.V.; dovrà inoltre resistere all'abrasione e al punzonamento.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 20 di 96

La messa in opera del prodotto dovrà avvenire previa preparazione delle superfici da impermeabilizzare mediante sabbiatura e nel caso di applicazioni su cls, se la superficie a giudizio della FERROVIE, risultasse fortemente irregolare, con regolarizzazione della stessa mediante bocciardatura. Successivamente dovrà eseguirsi la spalmatura del primer.

L'applicazione dello strato impermeabile dovrà essere eseguita a spruzzo con apparecchiature per prodotti bicomponenti dotate di pompe ad ingranaggi, serbatoi e tubi riscaldati e con il controllo elettronico dei rapporti di catalisi e miscelatore statico. La posa deve essere eseguita da personale abilitato dal fornitore e di comprovata esperienza in lavori analoghi.

Il prodotto dovrà reagire in un tempo inferiore a 15 secondi e dovrà essere pedonabile dopo 5 minuti dall'applicazione.

Le FERROVIE si riservano la facoltà di verificare lo spessore o con spessimetro ad applicazione ultimata o con ritagli del prodotto in fase di applicazione, i quali dovranno essere ricolmati prima della fine dell'intervento.

Ad applicazione ultimata, il rivestimento dovrà presentare caratteristiche di uniformità e dovrà risultare raccordato a rialzi e strutture (cordoli, muretti paraballast, etc.), come indicato al paragrafo 12.8.1.1.

Tali membrane dovranno poi essere protette superiormente da uno strato di 5 cm di spessore di conglomerato bituminoso.

12.8.2.1 Caratteristiche della membrana impermeabilizzante

La caratterizzazione della membrana impermeabilizzante sintetica sarà definita con l'effettuazione di prove tecnologiche da eseguirsi sia sul materiale tale e quale che sul materiale trattato, e prove funzionali da eseguirsi solo sul materiale tale e quale.

Le prove effettuate devono soddisfare i requisiti elencati nella tabella seguente.

Tabella 12.8.2.1-1 Caratteristiche della membrana impermeabilizzante

Parametro	Valore richiesto	n.provini	Norma di riferimento
Densità	1,0 ± 0,1 gr/cm ³	3	UNI EN ISO 1183-1
Spettro IR		1	UNI ISO 4650
Allungamento a rottura: +20° C -30° C	≥ 250% ≥ 200%	5	UNI EN 12311
Modulo al 100%	> 3 MPa		
Modulo al 200%	> 5 MPa		
Carico di rottura:	> 6 MPa		
Durezza superficiale Shore A	≥ 75	1 (5 impronte)	UNI-ISO 7619-1
Resistenza alla propagazione della lacerazione	> 16 N/mm	5	UNI EN 12310-2
Deformazione residua	< 7%	3	UNI EN 12311-2

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 21 di 96

Resistenza all'abrasione	< 220 mm ³	3	UNI ISO 4649
Adesione su calcestruzzo Adesione su acciaio	≥ 0.5 N/mm ²	5	Vedi procedura descritta nel seguito
Adesione su calcestruzzo o acciaio dopo invecchiamento per 96 ore a 70°C	≥ 0.5 N/mm ²	5	
Resistenza al punzonamento dinamico:	≥ 1 m	5	UNI EN 12691:2006
Temperatura limite di fragilità:	< -40°C nessuna rottura	5	UNI ISO 812
Resistenza ai raggi ultravioletti UV dopo 400 ore di esposizione ⁽¹⁾	Nessuna screpolatura della membrana	3	UNI EN 1297
Resistenza all'ozono dopo 96 ore con concentrazione di ozono di 50 p.p.c.m e 20% di trazione	Nessuna screpolatura	2	UNI EN 1844
Permeabilità all'acqua dopo punzonamento dinamico	Nessuna perdita d'acqua	5	EN 1928:2002
Resistenza elettrica su acciaio a secco (500V) Resistenza elettrica su acciaio a bagnato (100V)	≥ 100 MΩ ≥ 10 MΩ	3+3	EN 62631-1
Residuo secco: m _s /m ₀ Assorbimento d'acqua: (m _A -m _S)/m _S ⁽²⁾	≥ 97% ≤ 3,5%	3	UNI EN ISO 325 ASTM D 570

Tabella 12.8.2.1-2 - Prove tecnologiche sul materiale trattato

Tipo Di Prova	Trattamento	N. Provini	Valore Richiesto
Resistenza a rottura	In stufa a 80°C per 14 gg	3	- 5%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 14 gg	3	- 15%
	In olio ASTM 3 per 14 gg	3	- 35%
	In frigo a -30°C per 1 ora	3	- 40%
Allungamento a rottura	In stufa a 80°C per 14 gg	3	- 5%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 14 gg	3	- 5%
	In olio ASTM 3 per 14 gg	3	- 25%
	In frigo a -30°C per 1 ora	3	- 40%
Resistenza all'abrasione	In stufa a 80°C per 14 gg	3	- 10%
Durezza di SHORE A	In stufa a 80°C per 14 gg	3	- 10%
	In soluzione satura di cloruro di sodio per 14 gg	3	
	In olio ASTM 3 per 14 gg	3	
	In soluzione di acido solforico al 20% per 14 gg	3	

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 22 di 96

Adesione al supporto	In stufa a 70°C per 96 ore	3	- 1%
Adesione nelle zone di sovrapposizione	In stufa a 70°C per 96 ore	3	-1%

* Le massime variazioni percentuali ammesse per i risultati delle prove sopra elencate sono da verificare rispetto ai risultati delle prove condotte sul materiale non trattato (vedi tabella 12.8.2.1-1).

(1) Esposizione alternata all'azione di UVA per 4 h a 60 °C e alla condensa per 4 h a 40 °C, per una durata complessiva di 400 h.

(2) Procedura: 3 provette di 70 mm di lato vengono pesate (m_0) e immerse in acqua distillata a 1 °C. Dopo 24 h le provette vengono estratte dall'acqua, asciugate con carta e pesate. La procedura viene ripetuta ogni 24 h e interrotta quando si giunge a peso costante m_A (variazione di massa tra 2 pesate successive inferiore allo 0,1 %). Successivamente le provette vengono poste in stufa a 125 °C per 1 h, lasciate raffreddare per 30' in essiccatore e pesate. La procedura viene ripetuta fino a peso costante (m_s).

(3) La resistenza elettrica sotto pioggia viene misurata su una provetta immersa per 1 h in acqua distillata a 23 °C e asciugata accuratamente con carta prima del test.

Caratteristiche della membrana nelle zone di ripresa

Caratteristica	Valore richiesto	Norma di riferimento
Adesione fra i due strati di membrana sovrapposti	$\geq 4 \text{ N/mm}$	Procedura interna descritta per la prova funzionale di adesione al cls
Carico di rottura	$\geq 6 \text{ MPa}$	UNI EN 12311-1
Allungamento a rottura	$\geq 200\%$	UNI EN 12311-1

Qualora la membrana necessitasse di un primer di adesione al supporto, lo stesso dovrà avere caratteristiche di compatibilità sia con la sovrastante membrana sia con il sottostante calcestruzzo.

I primer potranno essere di tipo poliuretanico, epossidico o simili, purché gli stessi garantiscano oltre alla compatibilità suddetta anche tempi di essiccazione relativamente brevi e una perfetta adesione della membrana al calcestruzzo.

Prova di compressione dell'intero pacchetto sottostante il binario (prova funzionale da eseguirsi solo sul materiale tale e quale)

Si simula un carico statico e una ripetizione ciclica con vibrazione con onde sinusoidali alla frequenza di 30 Hz. Il carico unitario dovrà essere superiore o uguale a 10 daN/cm². La durata delle prove dovrà essere non inferiore a 15 minuti nella prova statica e a 10 minuti nella prova a fatica ciclica con scarico non superiore al 25%. A conclusione di tale prova, dovrà essere riscontrata la completa impermeabilità a fronte di una prova di tenuta effettuata simulando una pioggia battente con indice pluviometrico pari a 50 mm/h per tre ore.

12.8.2.2 Prove sulle forniture e sul prodotto applicato

Relativamente alla fornitura, durante la posa in opera del prodotto dovranno essere prelevate delle placche di materiale di dimensione non inferiori a 50x50 cm, su cui dovranno essere eseguite le seguenti prove da effettuarsi ciascuna su n. 3 provini:

- prova della densità;
- prova di resistenza a rottura e di allungamento a rottura ai sensi della UNI EN ISO 527;
- prova di durezza SHORE A ai sensi della UNI EN ISO 868;
- prova di permeabilità all'acqua ai sensi della UNI EN ISO 1928;
- prova di assorbimento d'acqua in ambiente con temperatura di 1°C con procedura derivante dalla norma ASTM D 570;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 23 di 96

- prova per la determinazione dello spettro IR.

Le FERROVIE, qualora lo ritengano opportuno, si riservano il diritto di richiedere ulteriori prove oltre a quelle indicate in precedenza.

Relativamente al prodotto applicato, dovranno essere svolte le seguenti prove:

- prova di adesione su calcestruzzo/acciaio. Le modalità e la frequenza delle prove sono quelle indicate nel paragrafo 12.8.1.2 delle membrane bituminose prefabbricate. Il valore minimo di adesione richiesto è pari a 0.5 N/mm²;
- verifica dello spessore dello strato applicato. Sull'impalcato, dovrà essere verificato lo spessore dello strato di membrana, con prelievi da effettuarsi ogni 50 m² prima della completa polimerizzazione ed adesione del prodotto, avendo cura di ripristinare la zona del prelievo subito dopo l'estrazione del provino.

12.8.3 STRATO PROTETTIVO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

Il conglomerato bituminoso dovrà essere costituito da aggregati lapidei, filler e bitume. L'aggregato lapideo sarà formato da una frazione grossa, trattenuta al setaccio ASTM n° 10, ed una frazione fina, passante al medesimo setaccio.

La frazione grossa sarà costituita da elementi sani, durevoli, puliti, scevri da limo ed argilla e da altri materiali estranei.

Gli elementi dovranno avere forma regolare e sarà ammessa una percentuale di elementi piatti ed allungati non superiore al 10% in peso.

La frazione fina sarà costituita da una miscela di sabbie naturali o di frantumazione che s'integrino opportunamente dal punto di vista granulometrico.

Il rapporto volumetrico per sabbia naturale e da frantumazione non deve superare il valore di 1:2.

L'equivalente in sabbia (CNR-BU n° 27) non dovrà essere inferiore a 70.

Il filler dovrà essere perfettamente asciutto e privo d'agglomerazioni e dovrà rispettare la seguente granulometria:

Passante in peso a secco al setaccio ASTM n° 30 = 100 %

 n° 100 = 90 %

 n° 200 = 70 %

Il legante dovrà essere costituito da bitume stradale del tipo 60/70 secondo CNR BU n° 68.

La granulometria delle miscele inerti - filler dovrà rispettare le percentuali in peso indicate nella tabella seguente.

La curva di lavoro che s'intende adottare e che dovrà essere mantenuta per tutta la durata del lavoro sarà accettata se rispetterà le seguenti tolleranze.

Tabella 12.8.3-1

Setacci ASTM (n°)	GRANULOMETRIA	TOLLERANZA
	(% passante in peso)	(%)
1/2	100	±3

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 24 di 96

3/8	80 – 90	±3
4	56 - 70	±3
10	40 - 51	±2
40	20 - 28	-
80	14 - 20	-
200	9 - 12	±1

La percentuale di bitume, riferita al peso degli inerti, dovrà essere del 5,5 % ± 0,5 %.

Il rapporto in peso filler – bitume dovrà essere maggiore o uguale a 1,5.

La miscela dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- stabilità Marshall (a) (CNR.B.U. n° 30) min.900 (75 colpi faccia);
- scorrimento Marshall (b) (CNR.B.U. n° 30) 2 – 5 mm;
- rigidità Marshall (a/b) (CNR.B.U. n° 30) min. 300;
- perdita di stabilità Marshall: max 25 %;
- vuoti residui Marshall (CNR-B.U. n° 39) max 4%;
- permeabilità $K \leq 10^{-6}$ cm/s.

Le temperature dell'impasto saranno quelle indicate dal Fornitore del legante in funzione del tipo di legante stesso e della relativa viscosità. Il tempo di miscelazione di ciascun impasto dovrà essere tale da permettere il completo ed uniforme rivestimento degli inerti e del filler.

12.8.3.1 Posa in opera del conglomerato bituminoso

La stesa del conglomerato bituminoso nella zona centrale dell'impalcato tra i muretti para-ballast dovrà essere effettuata con idonea vibrofinitrice munita di piastra vibrante riscaldata; il livellamento dovrà effettuarsi con un sistema atto ad assicurare che la superficie finale dello strato compattato risulti sagomata in modo conforme ai profili ed alle pendenze di progetto.

La temperatura dell'impasto all'atto della stesa dovrà essere compresa tra 130°C e 140°C.

La posa in opera non dovrà essere eseguita quando le condizioni meteorologiche siano tali da non consentire la perfetta riuscita del lavoro, quando la temperatura ambiente è inferiore a 5°C e quando il piano di posa si presenta sporco e/o bagnato.

Nelle zone laterali dell'impalcato, tra i muretti para-ballast e i cordoli dei parapetti, la stesa del conglomerato e la successiva compattazione dovrà essere eseguita a mano. Eventuali applicazioni con mezzi meccanici dovranno essere sottoposte all'approvazione di FERROVIE.

Nella zona compresa tra i muretti paraballast la compattazione del conglomerato bituminoso dovrà essere eseguita immediatamente dopo la stesa e alla massima temperatura dell'impasto, con rulli che consentano un adeguato ed uniforme costipamento dell'impasto, nonché la corretta finitura e sagomatura della superficie dello strato.

Dovranno pertanto essere impiegati almeno un rullo metallico di circa 8 t semovente ed a rapida inversione di marcia e, successivamente, un rullo gommato con capacità comprimente ≥ 5 N/mm².

La rullatura dovrà essere ripetuta fino a quando l'impasto non mostra più alcun addensamento al passaggio del rullo gommato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 25 di 96

L'operazione di compattazione dovrà essere interrotta nel caso in cui si manifesti una eccessiva tendenza dell'impasto al dislocamento, per temperatura troppo alta, ovvero alla fessurazione, per temperatura troppo bassa.

Sotto le riseghe dei muretti para-ballast il conglomerato dovrà essere disposto a scarpa con angolo d'inclinazione, rispetto all'orizzontale, compreso tra i 45° e i 60° oppure raccordato opportunamente. La posa in opera potrà essere eseguita a mano o per mezzo di dispositivi meccanici, avendo cura di interrompere l'applicazione del binder sia in prossimità dei varchi tra gli impalcati per consentire la posa in opera dei coprigiunti e l'escursione delle piattabande di coprigiunto, sia in prossimità degli scoli laterali sui muretti para-ballast per evitare l'occlusione delle griglie.

12.8.3.2 Prove sui conglomerati bituminosi

Le prove da effettuare sui conglomerati bituminosi saranno le seguenti:

Controllo della curva granulometrica

Il controllo della curva granulometrica dovrà essere eseguito ogni 500 m³ di prodotto.

Il prelievo dovrà essere effettuato all'atto della stesa del prodotto ed il risultato delle prove di laboratorio dovrà essere conforme alle tolleranze precedentemente stabilite.

Controllo dello spessore in opera

Il controllo dello spessore in opera, evitando carote sull'impalcato, dovrà essere rilevato individuando dei riferimenti sui muretti para-ballast a +5 cm dall'estradosso delle guaine e misurando la pendenza del conglomerato stesso, rispetto al centro dell'impalcato, che dovrà essere la medesima misurata precedentemente sull'impalcato prima della stesa del conglomerato.

Controllo delle caratteristiche del conglomerato bituminoso

Il controllo delle caratteristiche del conglomerato bituminoso dovrà essere effettuato con la stessa frequenza prevista per il controllo della curva granulometrica ed i risultati ottenuti dovranno essere conformi alle caratteristiche indicate in precedenza.

12.8.4 SISTEMA DI IMPERMEABILIZZAZIONE PER PONTI E VIADOTTI ESISTENTI

Viene illustrata di seguito una metodologia per effettuare l'impermeabilizzazione di ponti esistenti. Benché tale metodologia sia descritta nel seguito con riferimento ad un ponte ad arco pluricampata, è possibile prevederne l'applicazione anche al caso di ponti ad arco monocampata e, con le opportune modifiche e/o integrazioni, anche al caso di ponti ad impalcato.

12.8.4.1 Descrizione dell'intervento

La soluzione prevede l'utilizzo di una membrana impermeabile sintetica da posare a spruzzo, da eseguire con interruzioni programmate di linea.

Con questo tipo di intervento è possibile sfruttare le interruzioni programmate di linea su un binario permettendo di realizzare un ciclo di impermeabilizzazione che risponda a tutti i requisiti di tenuta e durabilità necessari per un'opera ferroviaria.

Alla base del sistema vi è una membrana impermeabile sintetica con le caratteristiche descritte al par. 12.8.2 che si adatta perfettamente alle irregolarità delle superfici, con la possibilità di essere risvoltato anche in verticale, variando eventualmente lo spessore a seconda delle zone più o meno sollecitate.

Il risultato finale è quello di una strato continuo (privo di giunti e fori di fissaggio) che raccolga le acque al di

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 26 di 96

sopra della struttura da proteggere e che attraverso un'opportuna regolarizzazione idraulica, le faccia convogliare verso gli scarichi, sfruttando le pendenze assegnate al fondo. Inoltre, grazie alla tecnologia di posa a spruzzo anche eventuali canalette passacavi o altre strutture presenti possono venire rivestite integralmente, in modo da garantire la perfetta sigillatura dell'intera opera.

Il sistema è in grado di sopportare con margini di sicurezza elevati le sollecitazioni derivanti dal passaggio dei convogli sopperendo alla mancanza di un fondo continuo con un telo di tessuto non tessuto. Un secondo telo viene disposto per proteggere il materiale impermeabilizzante nella fase di riempimento con il pietrisco, così da ottenere un sistema che soddisfi i requisiti di affidabilità e rapidità di applicazione.

L'intervento di impermeabilizzazione sarà eseguito in regime di interruzione notturna della circolazione dei treni, con l'apposizione di un rallentamento alla velocità di circolazione degli stessi sul tratto di linea interessato dai lavori, con la sguarnitura successiva di singoli tratti di binario, della lunghezza complessiva di 18.00m, per il raggiungimento della profondità di posa sotto traversa dello strato impermeabilizzante e la gestione dei singoli tratti interessati dall'intervento tramite l'utilizzo di dispositivi di giunzione provvisoria del binario opportunamente predisposti a seconda della fasizzazione delle attività.

12.8.4.2 Fasi realizzative

L'intervento si articola nelle fasi di seguito riportate:

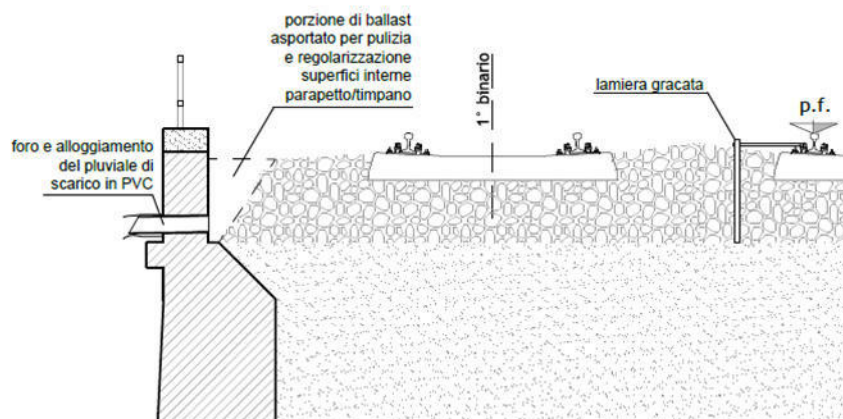
1. Preparazione del cantiere;
2. Predisposizione sostegno 2° binario e taglio delle rotaie del primo binario;
3. Lavori di sguarnitura binario;
4. Asportazione del pietrisco e regolarizzazione del piano di posa;
5. Posa tessuto non tessuto di base;
6. Posa strato di impermeabilizzazione;
7. Posa tessuto non tessuto di protezione;
8. Predisposizione delle protezioni delle giunzioni trasversali e longitudinali;
9. Riposizionamento del binario, scarico pietrisco e rinalzata.

12.8.4.2.1 Fase 1 – Preparazione del cantiere

Nella zona interessata dai lavori, prima dell'inizio del periodo di interruzione, si provvede alla preparazione del cantiere. Potranno essere eseguite asportazioni localizzate di pietrisco, eventualmente in eccesso.

In corrispondenza di ciascuna pila e delle due spalle, sempre in un periodo esterno all'interruzione, ad una profondità stimata di 50 cm sotto traversa (da valutare nota la quota del piano del ferro stimata in situ), si formeranno dei fori passanti la struttura del diametro non inferiore a 80 mm utili al successivo posizionamento di un tubo in PVC (pluviale di scarico) raccordato all'impermeabilizzazione tramite un bocchettone in EDPM del diametro corrispondente al tubo di PVC.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 27 di 96



- 1) Asportazioni localizzate di pietrisco eventualmente in eccesso;
- 2) Pulizia della parte di timpano e/o parapetto al di sotto dello spessore di ballast;
- 3) Esecuzione fori passanti Ø80 e alloggiamento tubo in PVC;
- 4) Posizionamento lamiera grecata di sostegno del 2° binario per una profondità non inferiore a 70cm.;
- 5) Taglio del tratto di binario e apposizione dei dispositivi di giunzione provvisoria.

Figura 12.8.4.2.1 – Preparazione del cantiere e predisposizione del sostegno

Sempre in un periodo esterno all'interruzione, si potrà effettuare anche la pulizia e la regolarizzazione delle superfici interne dei parapetti e della parte di paraghiaia interessata dal successivo risvolto del tessuto non tessuto di base.

Si procederà altresì al posizionamento in prossimità dell'opera d'arte dei materiali utili per i lavori.

12.8.4.2.2 Fase 2 – Predisposizione sostegno 2° binario e taglio delle rotaie del primo binario

Prima dell'inizio dei lavori di impermeabilizzazione, si procederà con il posizionamento della lamiera grecata di sostegno del secondo binario, ad una distanza di 30 cm dal bordo delle traverse, che resterà infissa per tutto il tempo necessario all'esecuzione dei lavori sul tratto di binario interessato. La profondità stimata di infissione di detta lamiera non sarà inferiore a 70 cm. L'estremità superiore della lamiera sarà collegata direttamente alla traversa tramite tiranti in acciaio.

In questa fase si procederà con l'esecuzione dei tagli delle rotaie relativamente al primo tratto di binario oggetto dei lavori, con l'apposizione dei dispositivi di giunzione provvisoria e con l'istituzione del rallentamento alla velocità di circolazione dei treni.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 28 di 96



Figura 12.8.4.2.2 - Lavorazione con il 2° binario in affianco sostenuto

12.8.4.2.3 Fase 3 – Lavori di sguarnitura del binario

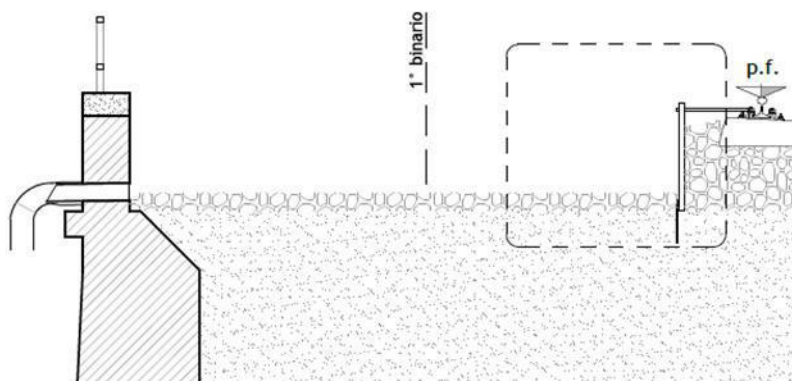
Al passaggio del treno delimitante il periodo di interruzione, dalla più vicina stazione o dal più vicino P.L. per i mezzi che lo consentono, le macchine predisposte allo scavo si porteranno sull'impalcato in oggetto ed inizieranno le operazioni di sguarnitura del binario che prevedono la rimozione dei dispositivi di giunzione provvisoria e l'asportazione, incluse le traverse, del tratto di binario inclusi tra i due tagli.

12.8.4.2.4 Fase 4 – Asportazione pietrisco e regolarizzazione del piano di posa

Con l'ausilio di opportuni caricatori si procederà all'asportazione del pietrisco dalla zona di intervento fino al raggiungimento di una quota sotto traversa di -40 cm. Nell'asportare il pietrisco, dovrà essere garantita la realizzazione delle pendenze trasversali di progetto, non inferiore a 1.5%, dall'intervista al muro paraghiaia. In corrispondenza dei fori di scarico verrà creato un invito raccordando il pietrisco in modo da favorire il richiamo delle acque.

Il pietrisco così asportato sarà temporaneamente allontanato dall'area di lavoro con appositi carri tramoggia, fatti pervenire per tempo in prossimità dell'area di lavoro.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 29 di 96



- 1) Rimozione di dispositivi di giunzione provvisoria ed asportazione del tratto di binario, incluse le traverse;
- 2) Asportazione del pietrisco e realizzazione delle pendenze di progetto con regolarizzazione del piano di posa dell'impermeabilizzazione;
- 3) Eventuale stabilizzazione del piede della lamiera grecata attraverso l'inserimento di barre Ø14/50.

Figura 12.8.4.2.4.a - Asportazione pietrisco e regolarizzazione piano di posa

Lo scavo del pietrisco dovrà protrarsi per almeno 8.00 m dall'asse del pluviale di scarico previsto in corrispondenza delle spalle ed abbassarsi, alle due testate, di almeno 10 cm dal piano dello scavo principale in modo tale da garantire il deflusso delle acque dal ponte. Oltre questa zona verrà eseguita una trincea che raccolga le acque dell'impalcato. Il canale avrà un diametro in sezione non inferiore a 40 cm e si estenderà per tutta la larghezza del rilevato ferroviario. Il fondo della trincea dovrà risultare ad una quota sotto traversa di -110 cm e, nella parte più profonda, dovrà seguire le medesime pendenze dell'impermeabilizzazione (1.5% dall'intervista alla scarpata del rilevato).

Sul fondo della trincea realizzata a monte della spalla verrà posizionato un tubo corrugato e microfessurato, del diametro minimo di 200 mm, tale da garantire un regolare deflusso delle acque, previa stesura di uno strato di tessuto non tessuto di base del peso di 1500 gr/mq. Il tubo drenante verrà poi ricoperto con pietrisco fino a quota -80 cm sotto traversa e con il tessuto non tessuto di protezione del peso di 800 gr/mq, per poi riempire il tutto con altro pietrisco.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 30 di 96

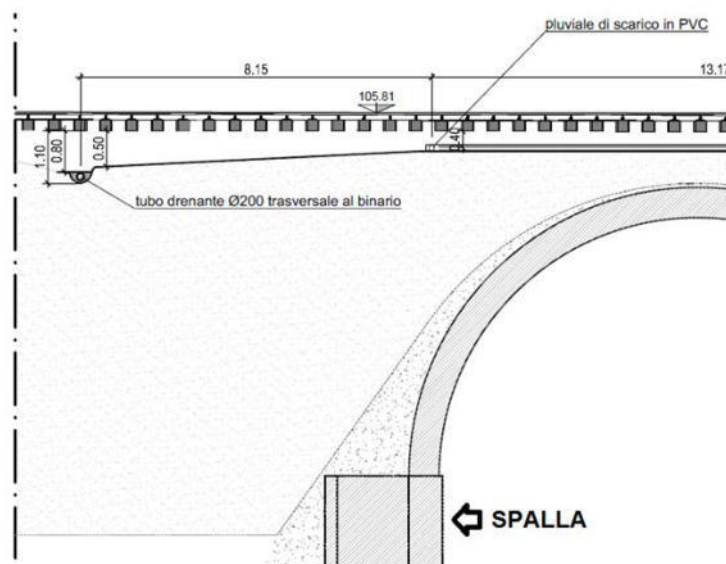


Figura 12.8.4.2.4.b - Trincea a monte della spalla con tubo corrugato trasversale del diametro minimo di 200mm

Già dall'inizio delle fasi di svuotamento del binario, non appena una porzione di impalcato risulterà libera, si provvederà alla regolarizzazione del piano ed alla formazione della pendenza in maniera tale che le due operazioni siano ultimate quasi contemporaneamente.

Qualora necessario, per stabilizzare il piede della lamiera grecata precedentemente posizionata, si provvederà ad inserire picchetti in acciaio (barre di armatura) direttamente nel ballast al piede della lamiera, ad un passo di 50 cm.

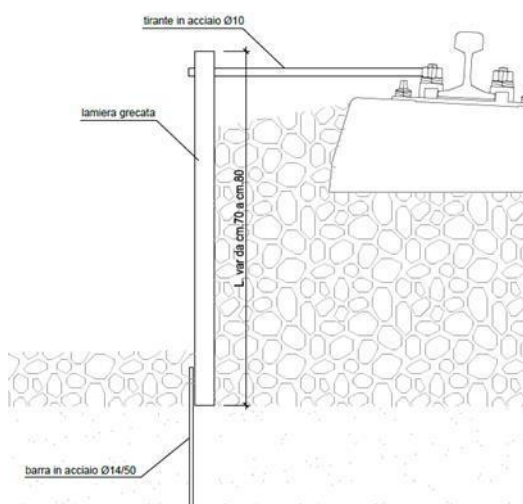


Figura 12.8.4.2.4.c – Dettaglio del contenimento del ballast

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 31 di 96

12.8.4.2.5 Fase 5 – Posa tessuto non tessuto di base

Non appena una parte dell'impalcato risulterà regolarizzata e con le opportune pendenze, si procederà alla posa di un tessuto non tessuto di base del peso di 1500 gr/mq.

Il tessuto non tessuto verrà posizionato a secco su una superficie di pietrisco regolarizzata sommariamente e verrà fissato alla parete del parapetto/timpano per mezzo di appositi tasselli ad espansione in nylon 12150 dotati di rondella in nylon con diametro 80 mm, posizionati con passo 50 cm.

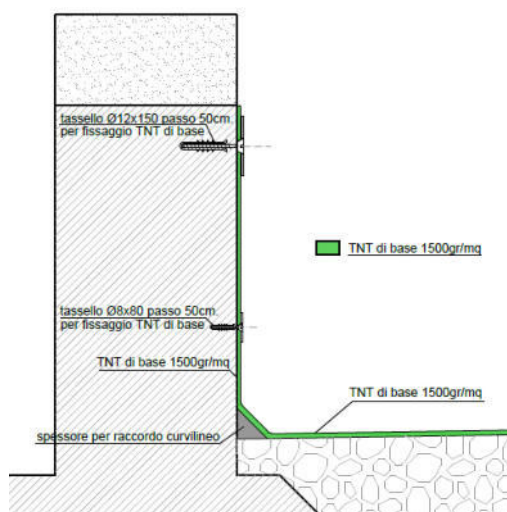


Figura 12.8.4.2.5.a - Posa del TNT di base (strato di colore verde) del peso di 1500 gr/mq sul parapetto/timpano

Tale strato di base verrà fissato temporaneamente anche lamiera grecata tramite chiodi metallici. Il risvolto del tessuto non tessuto dovrà estendersi per tutta l'altezza del parapetto/timpano e per un'altezza almeno pari a 40 cm sulla lamiera grecata.

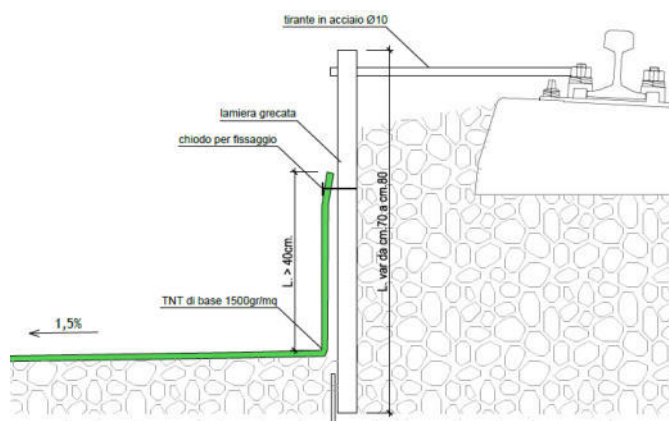


Figura 12.8.4.2.5.b - Risvolto del tessuto non tessuto sulla lamiera grecata

Particolare cura dovrà essere posta nell'evitare che si formino zone di tensione che potrebbero subire dei danni durante la fase di riposizionamento del pietrisco.

Contemporaneamente verranno posizionati gli eventuali bocchettoni in HPDM, di diametro non inferiore a 80 mm, in corrispondenza dei fori di scarico, fissati alla parete paraghiaia tramite tassello in nylon 8x80.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 32 di 96

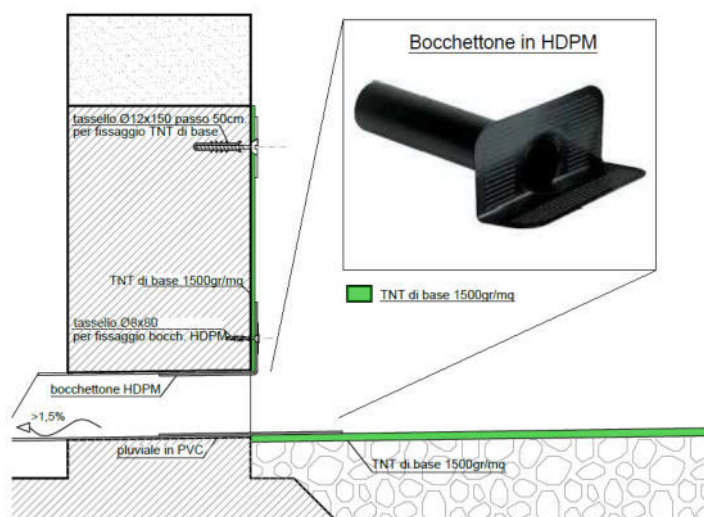


Figura 12.8.4.2.5.c - Bocchettoni in HPDM in corrispondenza dei fori di scarico

Nelle zone di giunzione fra telo e telo deve essere effettuata una sovrapposizione di almeno 30 cm per garantire la continuità del piano di posa.

Non appena una parte del tessuto non tessuto di base risulta posizionato può essere iniziata la fase di posa dello strato di impermeabilizzazione.

12.8.4.2.6 Fase 6 – Posa strato di impermeabilizzazione

A seguito della posa del tessuto non tessuto di base, si procederà con l'applicazione dello strato di impermeabilizzazione.

Il ciclo di impermeabilizzazione è costituito da una membrana sintetica a base di prodotti sintetici (come ad esempio poliurea, poliuretano, metacrilato, ecc.), realizzata in opera e spruzzata in un'unica soluzione mediante idonea apparecchiatura. La membrana sintetica dovrà rispettare le caratteristiche di cui alla Tabella 12.8.2.1-1 del presente Capitolato, richiamate nel seguito.

Lo spessore minimo del rivestimento impermeabile posizionato sotto pietrisco sarà di 5 mm in modo da garantire una elevata protezione all'azione delle acque meteoriche e alle azioni di abrasione e punzonamento che si verificheranno anche durante la naturale fase di maturazione del prodotto per effetto del caricamento del pietrisco.

L'applicazione dello strato impermeabile dovrà essere eseguita a spruzzo con apparecchiature per prodotti bicomponenti dotate di pompe ad ingranaggi, serbatoi e tubi riscaldati e con il controllo elettronico dei rapporti di catalisi e miscelatore statico.

Il prodotto dovrà reagire in un tempo inferiore a 15 secondi e dovrà essere pedonabile dopo 5 minuti dall'applicazione.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 33 di 96



Figura 12.8.4.2.6.a - Applicazione a spruzzo della membrana impermeabile

Ad applicazione ultimata, il rivestimento presenta caratteristiche di monoliticità, senza giunti di dilatazione né sormonta, raccordato a rialzi e strutture compressive (verticali, canalette, cordoli, piantoni di ringhiere, ecc.) senza soluzioni di continuità.

La zona di ripresa dell'impermeabilizzazione sarà realizzata creando delle sovrapposizioni sia del tessuto non tessuto di base che del rivestimento, per non creare punti di discontinuità. In particolare la continuità della membrana impermeabile sintetica sarà garantita dall'uso di opportuno primer di adesione, steso sulla superficie dello strato già impermeabilizzato, preventivamente ripulito da impurità. Qualunque sovrapposizione dovrà effettuata per almeno 30 cm.

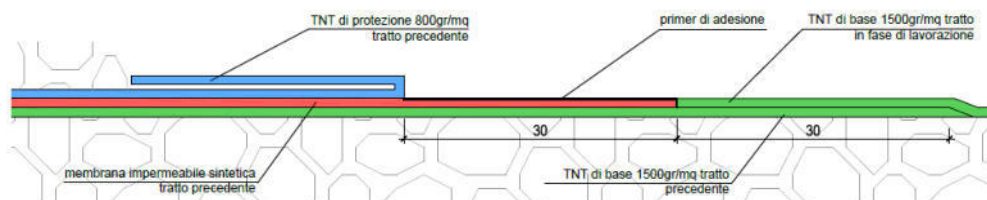


Figura 12.8.4.2.6.b - Ripresa dell'impermeabilizzazione (in rosso)

Il rivestimento impermeabile verrà posto oltre al piano orizzontale anche sulle parti verticali debordando oltre il risvolto del tessuto non tessuto sul parapetto/timpano, fino a dove la struttura lo consente ed in funzione del tipo di parapetto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 34 di 96

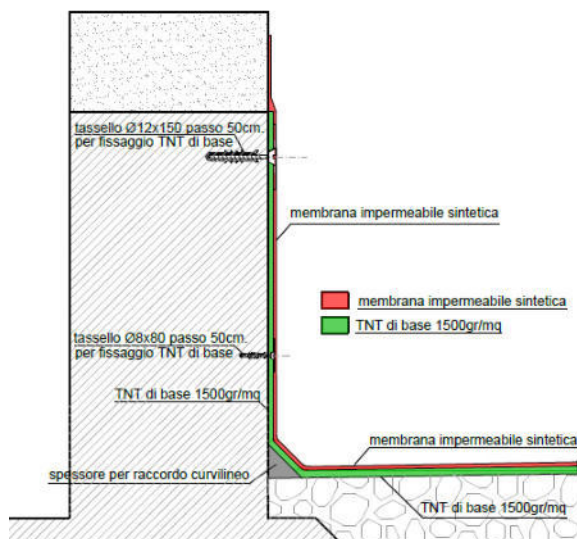


Figura 12.8.4.2.6.c - Rivestimento impermeabile (strato di colore rosso) sul parapetto/timpano

12.8.4.2.7 Fase 7 – Posa tessuto non tessuto di protezione

Non appena una parte di impalcato risulta spruzzato si potrà provvedere alla posa di un tessuto non tessuto di protezione del peso di 800 gr/mq, steso direttamente sulla superficie impermeabilizzata avendo cura di far sovrapporre i teli di almeno 30 cm fra loro.

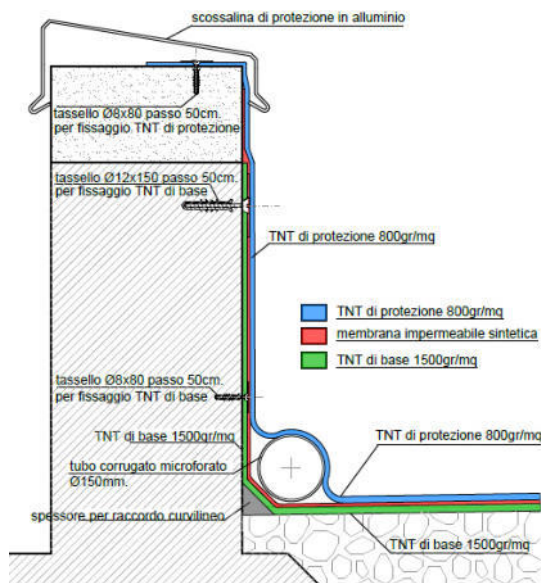


Figura 12.8.4.2.7 - Posa del TNT di protezione (strato di colore azzurro) del peso di 800 gr/mq sul parapetto/timpano

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 35 di 96

La ricopertura del rivestimento impermeabile non potrà avvenire comunque prima che siano passati 5 minuti dalla spruzzatura, prestando attenzione a non sovrapporre all'impermeabilizzazione carichi concentrati in quanto il prodotto in fase di maturazione non sarebbe in grado di sopportare tali sollecitazioni.

12.8.4.2.8 Fase 8 – Predisposizione delle protezioni delle giunzioni trasversali e longitudinali

Terminata la posa del tessuto non tessuto di protezione della superficie impermeabilizzata, si dispone una tavola in legno orizzontale a protezione della zona di sormonta dell'ultimo tratto di impermeabilizzazione con l'inizio del tratto successivo, e questo sia in senso longitudinale che in senso trasversale (con riferimento al binario). La tavola così disposta impedisce che durante la fase di scavo si vada a danneggiare il lembo terminale del rivestimento e del tessuto non tessuto posato nell'intervento eseguito nel tratto precedente.

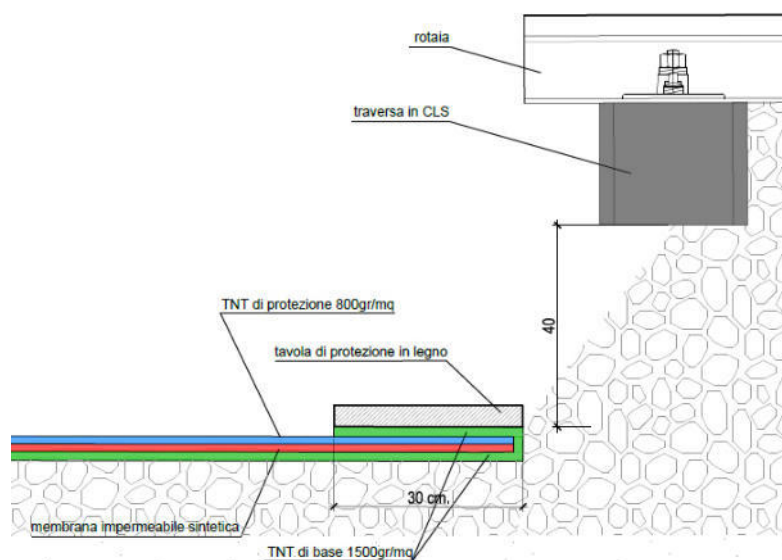


Figura 12.8.4.2.8.a - Protezione della giunzione trasversale

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 36 di 96

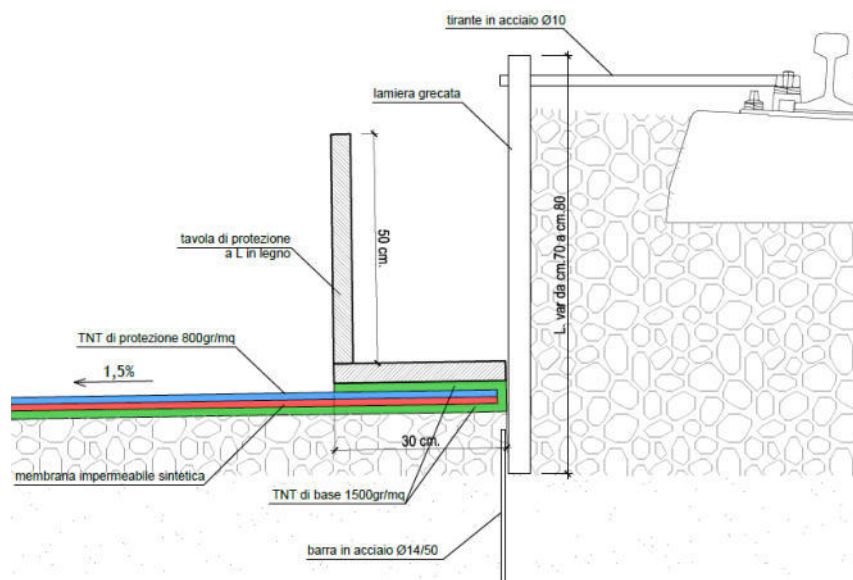


Figura 12.8.4.2.8.b - Protezione della giunzione longitudinale

12.8.4.2.9 Fase 9 – Riposizionamento del binario, scarico pietrisco e rincalzatura

Trascorsi 10 minuti dalla posa del rivestimento impermeabile, sarà possibile riposizionare il tratto di binario precedentemente asportato, ricollegandolo alla restante parte di binario tramite l'apposizione di dispositivi di giunzione provvisoria.

In seguito si procederà allo scarico per punti del pietrisco per mezzo di idonei carri tramoggia e/o con caricatori avendo cura di effettuare l'operazione con le dovute cautele in maniera tale che il pietrisco raggiunga la superficie impermeabilizzata con minor velocità possibile.

Terminato lo scarico, si procederà alla regolarizzazione del materiale e alla rincalzatura con allineamento del binario.

Le fasi da 2 a 9 dovranno essere ripetute per un numero di volte pari al numero di tratti in cui si decide di dividere l'intervento di impermeabilizzazione (nel caso in esame 5 tratti della lunghezza di 18.00 m) sul ponte in corrispondenza del primo binario di lavorazione.

Dette fasi saranno ripetute anche sui tratti in cui si decide di dividere l'intervento in corrispondenza del secondo binario, a meno del posizionamento della lamiera grecata di sostegno del pietrisco.

L'utilizzo dei dispositivi di giunzione provvisoria così come sopra esposto garantisce su ciascun binario la presenza di non più di due giunzioni provvisorie durante tutto il periodo di esecuzione dei lavori.

Tale circostanza è garantita dall'esecuzione dei lavori in tratti successivi di binario della lunghezza pari a 18.00 m (o minore, a seconda dei casi), dalla realizzazione di una saldatura provvisoria all'estremo iniziale del tratto oggetto di lavorazione e all'esecuzione di un taglio preparatorio al termine del tratto di binario interessato a seguire dai lavori stessi. Al termine dei lavori sull'ultimo tratto di binario, si procederà ad effettuare due saldature provvisorie alle due estremità.

Al termine delle attività, sul singolo binario saranno presenti un numero di saldature provvisorie pari ad $n+1$, distribuite su tutta la lunghezza del ponte, con n corrispondente al numero di tratti in cui i lavori di

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 37 di 96

impermeabilizzazione sullo stesso binario sono stati divisi.

Per garantire una riduzione di dette saldature al di sopra dell'opera d'arte, al termine delle attività sia sul primo che sul secondo binario, si provvederà a rimuovere un tratto di binario della lunghezza massima di 108 m, che includa i singoli tratti di binario oggetto delle precedenti fasi di lavoro, e a sostituirlo con un tratto di binario di pari lunghezza da collegare a monte e a valle con saldature in opera definitive.

Eseguite le saldature definitive, si provvederà ad effettuare rinalzatura finale e regolazione della lunga rotaia saldata.

A seguito di tale regolazione si provvederà a rimuovere il rallentamento alla velocità di circolazione dei treni. Al fine di provvedere alla definitiva risistemazione del binario, a 30 giorni dall'intervento dovrà essere eseguita un'ulteriore rinalzatura sia del primo che del secondo binario.

12.8.4.3 Caratteristiche della membrana impermeabile

Il materiale da utilizzare per l'impermeabilizzazione dovrà possedere tutte le caratteristiche minime di cui alla Tabella 12.8.2.1-1 del presente Capitolato.

Le caratterizzazione del materiale impermeabilizzante sarà definita con l'effettuazione di prove tecnologiche da eseguirsi sia sul materiale tale e quale che sul materiale trattate, e prove funzionali da eseguirsi solo sul materiale tale e quale, come da Tabella 12.8.2.1-2 del Capitolato.

12.8.4.4 Tempistiche di esecuzione dei lavori

Sulla base della descrizione delle fasi di lavorazione sopra riportate, è possibile stimare i tempi caratteristici delle singole interruzioni programmate.

Nella stima va distinto il tempo relativo ai lavori di armamento (rimozione e riposizionamento del binario) da quello strettamente necessario alla realizzazione dell'impermeabilizzazione stessa.

Il tempo necessario per eseguire tutti i lavori di armamento (rimozione giunzioni provvisorie, rimozione della campata di binario, asportazione pietrisco, realizzazione pendenze trasversali di progetto, riposizionamento campata di binario, apposizione giunzioni provvisorie, scarico pietrisco e rinalzatura), è stimato per singolo tratto di lavorazione della lunghezza di 18.00 m su singolo binario in n. 4 ore. In tale tempistica è compreso il tempo necessario per arrivare con i mezzi all'opera d'arte e la loro rimessa; tale ipotesi andrà puntualmente verificata per ogni singola opera d'arte.

Il tempo necessario per eseguire l'intervento di impermeabilizzazione (stesura del tessuto non tessuto di base compresi i risvolti, posa della membrana impermeabile sintetica, posa del tessuto non tessuto di base, protezione delle giunzioni trasversali e longitudinali), nell'ipotesi di lavorare con due squadre contemporanee, è stimato per singolo tratto di lavorazione della lunghezza di 18.00 m su singolo binario in n. 1 ora.

Le tempistiche sopra richiamate per l'esecuzione dei lavori di armamento e per quelli di impermeabilizzazione comportano che la durata minima di ciascuna interruzione programmata non potrà essere inferiore a n. 4+1=5 ore consecutive.

Tenendo conto di tali tempistiche, per l'esecuzione dell'intervento di cui ai paragrafi precedenti su ponti esistenti, il numero di notti necessario è dato dalla somma del numero di tratti in cui si decide di dividere l'attività su ciascun binario, a cui andrà aggiunta una notte di lavorazione per ciascun binario utile per la preparazione del cantiere e un'ulteriore notte in cui sarà effettuata la sostituzione definitiva del tratto di binario in corrispondenza del ponte, la rinalzatura finale e la regolazione della lunga rotaia saldata.

E' possibile altresì prevedere l'esecuzione dei lavori di impermeabilizzazione del ponte tramite interruzioni alla circolazione dei treni temporalmente più lunghe, ove consentito, della durata massima stimata di circa n.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 38 di 96

15 ore per singolo binario, utile per effettuare l'impermeabilizzazione su un tratto di lunghezza di circa 100.00 m, da prevedere nella notte tra due giornate consecutive concentrate nel fine settimana. Tale seconda modalità di esecuzione dei lavori consente di eseguire l'impermeabilizzazione riducendo al minimo il numero di giunzioni trasversali.

Le tempistiche sopra riportate per l'esecuzione dei lavori di impermeabilizzazione per tratti successivi della lunghezza di 18.00 m o minori, in interruzioni programmate, sono da considerarsi valide anche nel caso di ponti a singolo binario.

12.9 APPARECCHI D'APPOGGIO

12.9.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Gli apparecchi di appoggio devono sopportare i carichi verticali ed orizzontali trasmessi dall'impalcato, consentendone i movimenti di progetto.

Tutti i dispositivi di vincolo dovranno essere marcati CE, nel rispetto della normativa armonizzata 1337 e del vigente Decreto Ministeriale. L'attestato della marcatura CE dovrà essere rilasciato da Enti notificati secondo la Direttiva Europea 89/106/CEE "prodotti da costruzione" recepita in Italia dal DPR 21/04/1993 n°246, così come modificato dal DPR 10/12/1997 n°499 e s.m.i..

Gli appoggi, in relazione al tipo di movimento consentito nel piano, si suddividono in:

- **FISSO:** impedisce tutte le traslazioni;
- **MOBILE UNIDIREZIONALE:** consente traslazioni in una sola direzione;
- **MOBILE MULTIDIREZIONALE:** consente traslazioni in ogni direzione del piano.

Tutti gli appoggi devono consentire le rotazioni, nel rispetto dei valori indicati nel seguito della presente Specifica.

12.9.2 APPARECCHI DI APPOGGIO PER STRUTTURE IN C.A. , C.A.P. E MISTE ACCIAIO - CALCESTRUZZO

Gli apparecchi d'appoggio destinati a tali tipi di opere devono garantire, per propria costruzione, l'isolamento elettrico nei valori limite indicati dalla presente Specifica.

12.9.2.1 Tipologie da utilizzare

Di norma devono utilizzarsi appoggi a cerniera sferica cioè in grado di consentire le rotazioni attorno a tutte le direzioni del piano. I dispositivi che soddisfano tale requisito sono delle seguenti tipologie:

- **APPOGGI A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO;**
- **APPOGGI A CERNIERA SFERICA CON SUPERFICIE DI ROTAZIONE RIVESTITA CON PTFE (Politetrafluoroetilene) ;**
- **APPOGGI IN GOMMA ARMATA.**

E' consentito, per particolari situazioni, previo benestare delle FERROVIE, derogare a tali prescrizioni utilizzando anche appoggi delle seguenti tipologie:

- **APPOGGI A CERNIERA CILINDRICA CON SUPERFICIE DI ROTAZIONE RIVESTITA CON PTFE (Politetrafluoroetilene) ;**
- **APPOGGI METALLICI A CONTATTO LINEARE;**

Nessuna deroga potrà essere concessa in caso di impalcato a più binari, nei ponti obliqui con obliquità

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 39 di 96

superiore a 15°, nonché negli attraversamenti che prevedano l'asse dei binari ruotato rispetto all'asse longitudinale delle travi (ad esempio gallerie artificiali per le quali, peraltro, è da preferire, se possibile, la soluzione di un impalcato solidale ai piedritti).

12.9.2.2 APPOGGI FISSI

12.9.2.2.1 Appoggio fisso a disco elastomerico confinato

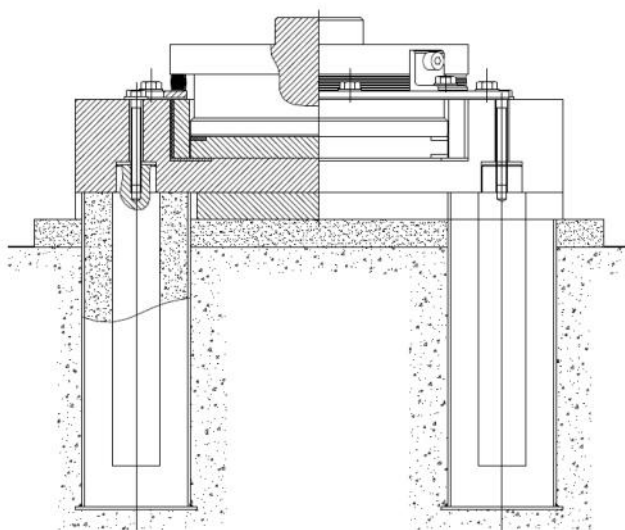


Fig. 12.9.2...2.1 - Appoggio Fisso a disco elastomerico confinato

E' costituito da un basamento monolitico in acciaio a sede cilindrica, sul cui fondo è contenuto un disco di gomma, e da un coperchio basculante che s'impegna nel basamento stesso.

La rotazione intorno ad un asse orizzontale qualsiasi avviene per deformazione della gomma. Uno o più anelli di tenuta/guarnizione chiusi impediscono l'estrusione della gomma stessa dalla sede. Il basamento costituisce anche vincolo alla traslazione.

La zona di contatto dell'elemento basculante con il basamento (dente di battuta), di norma deve essere sagomata a segmento sferico di raggio pari a quello interno del basamento stesso con il centro situato a metà dell'altezza del dente.

E' ammesso che la zona di contatto sia sagomata a segmento cilindrico solamente se lo spessore del dente di battuta è inferiore a 15 mm e per rotazioni inferiori a 0.025 radianti.

Il gioco tra elemento basculante e basamento non deve comunque risultare superiore a 1 mm dopo che gli elementi siano stati protetti dalla corrosione con prodotti a basso spessore (es. dacromet, nichelatura ecc.) come indicato al successivo par. 1.2.6.4.

L'elemento basculante (o il dente di battuta), nella configurazione di rotazione massima richiesta dal progetto, deve essere impegnato nel basamento per almeno 15 mm, misurati dal punto di contatto, detta misura in zona sismica deve essere non inferiore a 20 mm.

Gli anelli anti estrusione della gomma, per le strutture ferroviarie, devono essere quelli indicati nell'APPENDICE G prospetto G1 della UNI EN 1337-5 che riporta le tipologie di anelli in funzione dello

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 40 di 96

scorrimento accumulato (somma dei movimenti relativi tra la guarnizione interna e la parete del basamento risultante da rotazioni variabili). Lo scorrimento accumulato da prendere in considerazione è quello di tipo "C" 2000 m a cui corrispondono le guarnizioni di tipo POM e PTFE le cui caratteristiche fisico - meccaniche sono riportate rispettivamente nei prospetti A2 e A3 della citata norma UNI EN 1337-5. Il numero di anelli da impiegare sarà quello riportato nel prospetto A.1 della stessa UNI EN 1337-5.

Il disco di gomma deve avere un rapporto tra spessore S e diametro $D \geq 1/15$, inoltre la rotazione massima non deve provocare una deformazione della gomma, in corrispondenza del perimetro del disco, superiore al 10% dello spessore iniziale.

La rotazione che tali dispositivi devono offrire non deve essere inferiore a 0,75 gradi.

Per quanto non meglio specificato si rimanda alla UNI EN 1337-5.

12.9.2.2.2 Appoggi fissi a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE

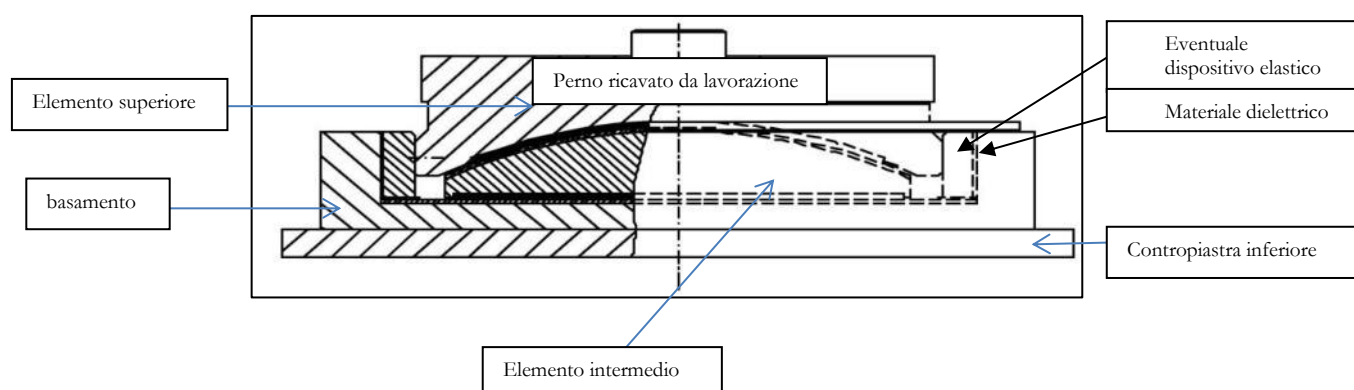


Fig. 12.9.2.2.2-1 appoggio fisso a cerniera sferica con superficie di rotazione in ptfe

Tali appoggi sono costituiti dai tre seguenti elementi metallici:

- un basamento a sagoma orizzontale circolare, che presenta la superficie di fondo rivestita da acciaio inossidabile;
- un elemento intermedio di forma lenticolare disposto con la convessità rivolta verso l'alto e dotato inferiormente di uno strato piano in PTFE che accoppiandosi con il lamierino di acciaio inox sottostante posto nel basamento, consente i movimenti orizzontali della lente derivanti dalle rotazioni dell'appoggio;
- un elemento superiore con superficie inferiore sferica avente la concavità rivolta verso il basso che accoppiandosi con la superficie convessa dell'elemento intermedio consente la rotazione dell'appoggio; l'accoppiamento tra i due si realizza con due superfici rivestite una di acciaio inossidabile (quella dell'elemento intermedio), l'altra (quella dell'elemento superiore) in PTFE. Sono comunque ammesse soluzioni che prevedono in sostituzione dell'acciaio inossidabile, superfici in alluminio o cromate con la stessa rugosità dell'inox. La zona di contatto dell'elemento superiore con il basamento viene sagomata a settore di sfera con raggio pari al raggio interno del basamento (a meno dei giochi previsti). Nella parte superiore tale elemento è dotato del perno per l'ancoraggio dell'appoggio alla struttura dell'impalcato.

Tali apparecchi possono essere dotati al loro interno di un dispositivo elastico in grado di conferire all'appoggio una rigidezza predeterminata, funzione della forza orizzontale agente e contenuta all'interno di un fuso delle rigidzze definito da RFI in funzione della luce dell'impalcato (vedi Allegato A). Tale elemento

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 41 di 96

consente di limitare le azioni parassite che si ingenerano nei casi di impalcati a più binari, caricati dissimmetricamente, con almeno due appoggi fissi.

L'elemento elastico non è qui descritto poiché i vari produttori potranno realizzare tale elemento in maniera differente.

La rotazione che tali dispositivi devono offrire non deve essere inferiore a 3 gradi.

Gli apparecchi d'appoggio dotati di dispositivo elastico per essere accettati dovranno essere preventivamente omologati dalle FERROVIE secondo l'apposita specifica tecnica riportata in allegato A alla presente sezione di Capitolato.

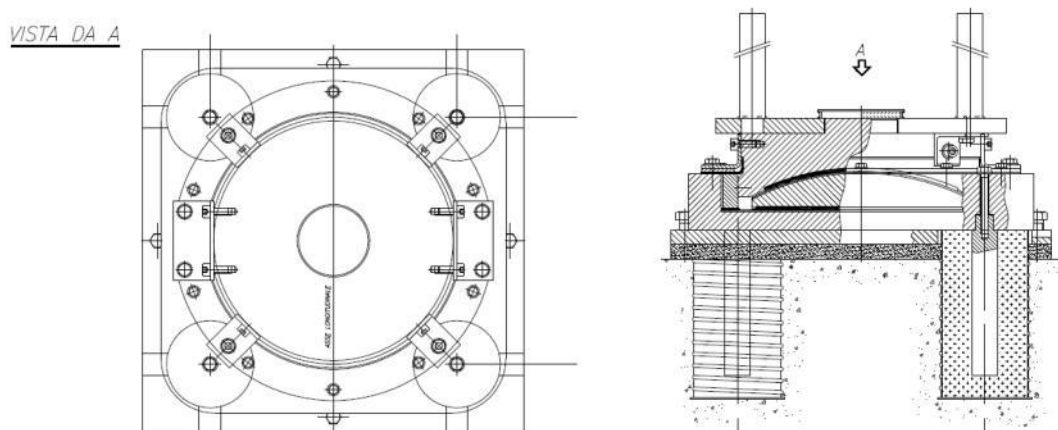


Fig. 12.9.2.2.2 – 2 Appoggio Fisso a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE

12.9.2.3 Appoggi mobili

Gli appoggi mobili consentono, oltre alla rotazione intorno ad uno o più assi orizzontali, anche la traslazione in una direzione (tipo unidirezionale) o più direzioni (tipo multidirezionale).

Gli appoggi mobili possono essere dei seguenti tipi:

- elastomerici armati;
- a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE o a disco elastomerico confinato

12.9.2.3.1 Appoggi elastomerici armati

Sono costituiti da più strati di gomma con interposti dei lamierini in acciaio, completamente inglobati nella gomma medesima.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 42 di 96

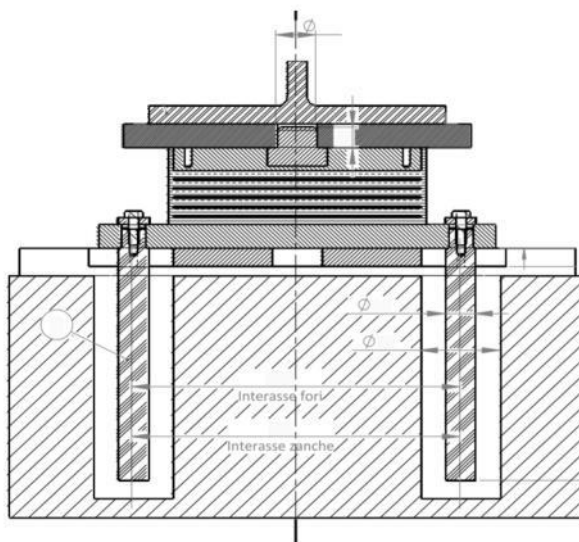


Fig. 12.9.2.3.1 - Appoggio elastomerico armato

Non sono ammesse le seguenti tipologie:

- appoggi elastomerici non armati;
- appoggi elastomerici con elementi scorrevoli.

Gli appoggi, sono ottenuti mediante vulcanizzazione in appositi stampi a pianta rettangolare o circolare e consentono, per deformazione della gomma, sia la rotazione sia la traslazione intorno ad un generico asse orizzontale.

La rotazione che tali dispositivi devono offrire non deve essere inferiore a 1 grado.

Si fa presente che, in caso di loro utilizzo, non vi è più distinzione tra appoggi di tipo fisso e mobile e pertanto dovrà essere posta particolare cura nella valutazione degli effetti (sollecitazioni e deformazioni) indotti dalle azioni impulsive orizzontali sugli stessi nonché sulla struttura e sul binario. Gli appoggi devono essere provvisti di contropiastra superiore e inferiore.

Per il collegamento meccanico dell'appoggio in gomma armata alle sottostrutture e all'impalcato, la soluzione dovrà essere quella di vulcanizzare il cuscino di gomma ad una piastra inferiore preforata per l'alloggiamento delle zanche di ancoraggio al pulvino, e ad una piastra superiore provvista di perno, ricavato da pieno, per il collegamento all'impalcato. Tale ultima piastra potrà essere lavorata a cuneo per recuperare la livelletta dell'impalcato e munita di fori per l'aggancio provvisorio alle contropiastre poste sulle travi.

Per quanto attiene il collegamento dell'appoggio alla sottostruttura, in alternativa a quanto sopra indicato, è possibile vulcanizzare il cuscino ad una piastra inferiore munita di perno, sempre ricavato da pieno, che andrà ad accoppiarsi con la contropiastra inferiore munita di zanche e di foro per il perno.

Per le caratteristiche costruttive si rimanda alla relativa normativa europea UNI EN 1337.

12.9.2.3.2 Appoggi a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE o a disco elastomerico confinato

Possono essere del tipo a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE o a disco elastomerico confinato. La traslazione avviene tra due superfici piane orizzontali, di cui una rivestita con PTFE e l'altra di acciaio inossidabile lucidata a specchio. Questa ultima deve avere dimensioni tali da ricoprire sempre quella in

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 43 di 96

PTFE anche per gli spostamenti prevedibili in zona sismica con un'ulteriore extra corsa in ogni direzione di almeno 20mm. Di norma i piani di scorrimento devono essere posti inferiormente (vedi figura seguente) alle superfici di rotazione al fine di garantire l'orizzontalità dello scorrimento anche ad appoggio ruotato.

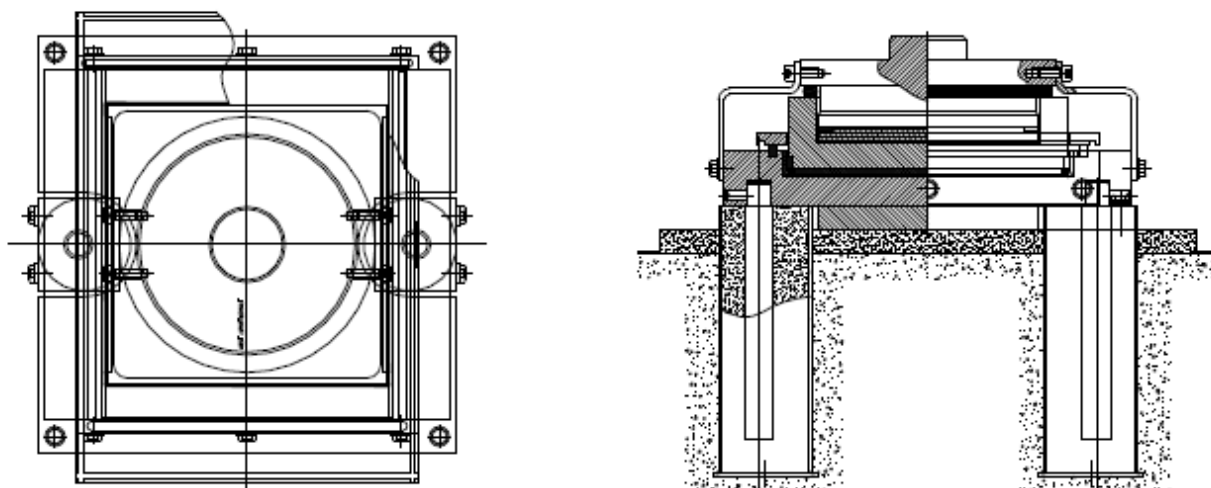


Fig. 12.9.2.3.2 -1 Appoggio Unidirezionale a disco elastomerico confinato

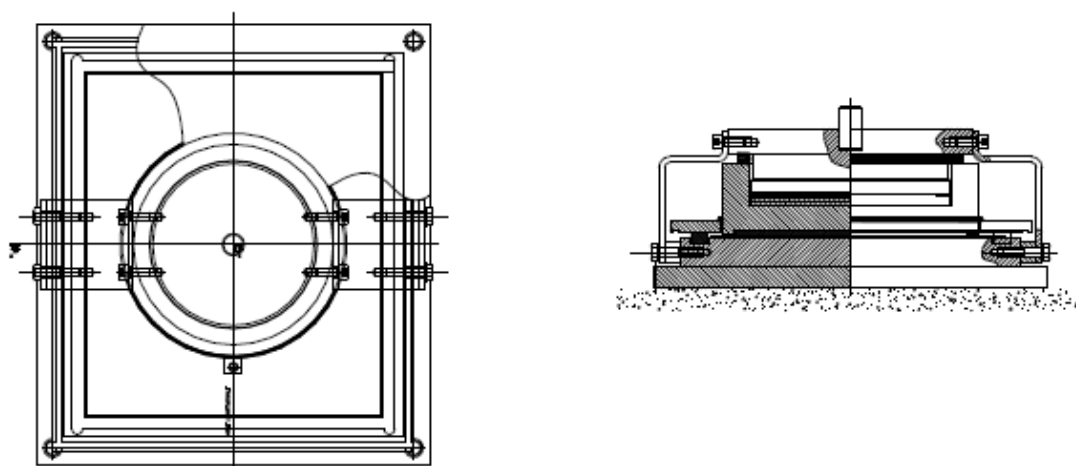


Fig. 12.9.2.3.2 - 2 Appoggio Multidirezionale a disco elastomerico confinato

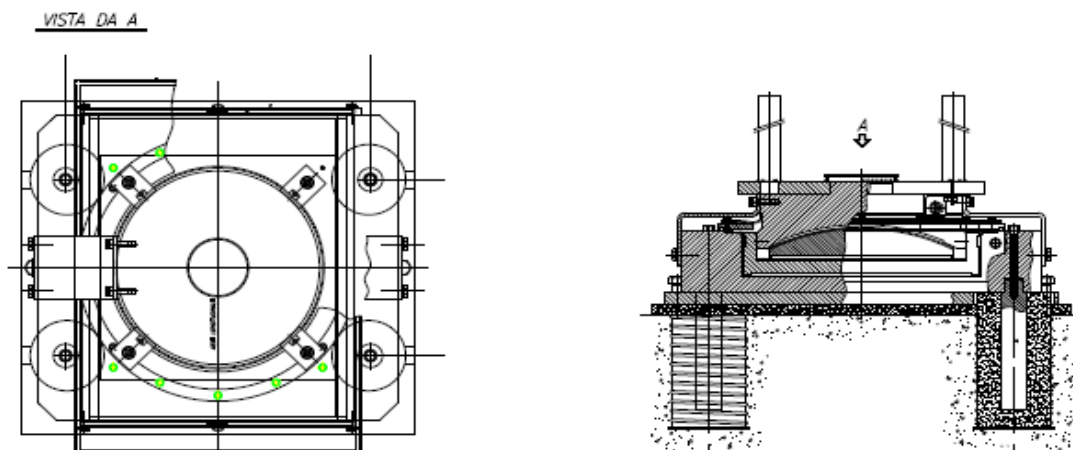


Fig. 12.9.2.3.2 – 3 Appoggio Unidirezionale a cerniera sferica con superficie di scorrimento in PTFE

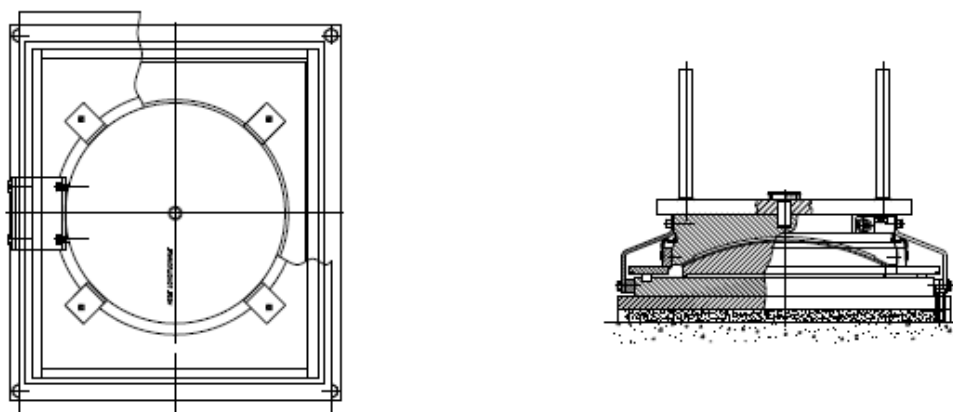


Fig. 12.9.2.3.2 – 4 Appoggio Multidirezionale a cerniera sferica con superficie di scorrimento in PTFE

Gli appoggi mobili si differenziano quindi da quelli fissi descritti al paragrafo 12.9.2.2 per la presenza di un ulteriore elemento metallico piano scorrevole.

Gli appoggi unidirezionali presentano in più una guida direzionale. L'accoppiamento di tale guida con l'elemento scorrevole avviene, mediante due pattini laterali in materiale antifrizione (PTFE, CM1, CM2) idoneo allo scorrimento e alle sollecitazioni trasmesse.

Le superfici di traslazione devono essere lubrificate con grasso silconico, utilizzando, per il suo contenimento, apposite tasche ricavate nel materiale antifrizione.

Tutti gli apparecchi di appoggio FISSI e MOBILI UNIDIREZIONALI dovranno avere gli elementi superiori muniti di perno ricavato da pieno per l'ancoraggio degli stessi alla struttura dell'impalcato e gli elementi inferiori accoppiati con tirafondi per l'ancoraggio al pulvino.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 45 di 96

La rotazione che tali dispositivi devono offrire non deve essere inferiore a 3 gradi per quelli a cerniera sferica con superficie di rotazione in PTFE e 0,75 gradi per quelli a disco elastomerico confinato.

12.9.2.4 Dispositivi di vincolo meccanici per soli carichi orizzontali (fissi e mobili unidirezionali)

Detti dispositivi di norma dovranno essere costituiti da un basamento, ancorato al pulvino, nel quale è ricavata una cavità cilindrica entro cui alloggerà un pistone sospeso alla trave che trasmetterà al basamento stesso soltanto le azioni orizzontali. Gli ancoraggi, superiore e inferiore, dovranno essere realizzati con tirafondi e dovranno consentire un'agevole rimozione dei dispositivi.

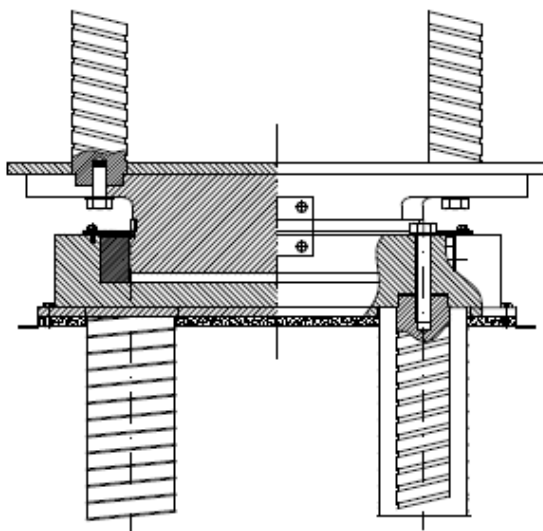


Fig. 12.9.2.4 Dispositivo tipo fisso per soli carichi orizzontali

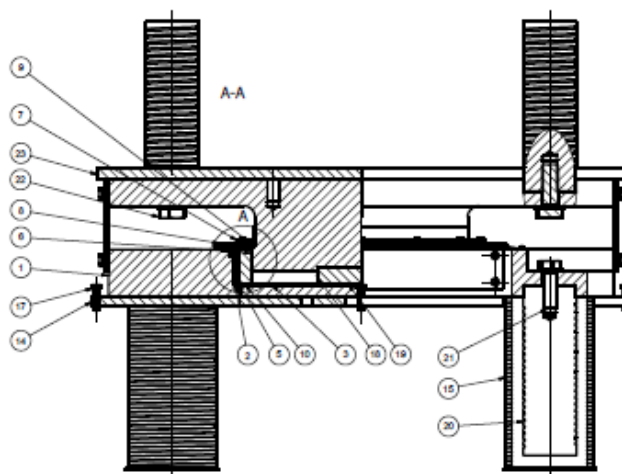


Fig. 12.9.2.5 Dispositivo tipo unidirezionale per soli carichi orizzontali

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 46 di 96

L'accoppiamento preferito tra il basamento ed il pistone sarà di tipo sferico superficiale che consente di ridurre le dimensioni di tali dispositivi talvolta molto ingombranti per i forti carichi orizzontali cui sono sottoposti. Le superfici di contatto dei due elementi devono essere adeguatamente protette con riporti di inox o con trattamenti superficiali a basso spessore descritti nel seguito della presente Specifica.

Per quanto riguarda gli elaborati di progetto da produrre, i materiali da utilizzare, le parti accessorie da applicare, le verifiche progettuali da effettuare, le protezioni parapolvere, raschiapolvere e anticorrosione da adottare, nonché il controllo dei materiali, si dovrà fare riferimento a quanto stabilito per gli apparecchi di appoggio. In merito alle modalità di posa in opera, si fa rilevare che le stesse dipendono da quelle degli appoggi previsti in affiancamento.

Gli apparecchi di appoggio potranno essere forniti soltanto dai costruttori che hanno conseguito l'attestato di marcatura CE della tipologia da fornire. Tale attestato dovrà essere rilasciato da Enti notificati secondo la Direttiva Europea 89/106/CEE "prodotti da costruzione" recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n° 246 così come modificato dal DPR 10/12/1997, n° 499.

12.9.2.5 Caratteristiche dei materiali

12.9.2.5.1 Materiali antifrizione (PTFE, CM1 e CM2)

Il materiale antifrizione deve possedere tutte le caratteristiche fisico - meccaniche riportate nelle tabelle della UNI EN 1337-2.

Si precisa che è consentito l'impiego di materiali antifrizione alternativi, purché essi siano in possesso di certificato ETA e del certificato di qualificazione rilasciato da FERROVIE.

Per il rilascio del suddetto certificato di qualificazione, ciascun PRODUTTORE dovrà svolgere a propria cura e spese le prove indicate nella seguente tabella, in presenza del personale di FERROVIE:

	PROVE	NORMA DI RIFERIMENTO
1	Resistenza a compressione caratteristica	EN 1337-2
2	Resistenza all'usura	EN 1337-2
3	Determinazione dei coefficienti d'attrito	EN 1337-2
4	Temperatura massima operativa	EN 1337-2
5	Temperatura minima operativa	EN 1337-2
6	Densità	ISO 1183-1
7	Analisi chimica spettrofotometrica (IR)	-
8	Residuo in cenere	UNI 9376 – UNI 8309
9	Durezza con penetratore a sfera H132/60	ISO 2039-1
10	Resistenza a trazione con allungamento a rottura	ISO 527-1/3

Tab. 12.9.2.5.1

Il prodotto sarà ritenuto idoneo alla qualifica se dall'esito di tali prove risulteranno caratteristiche fisico-meccaniche sensibilmente superiori a quelle del PTFE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 47 di 96

L'ESECUTORE dovrà, a sua cura e spese, dimostrare la compatibilità della fornitura con quanto qualificato da FERROVIE attraverso le prove n. 1, 6, 7, 8 e 9 indicate nella tabella 12.9.2.5.1.

L'uso dei materiali compositi CM1 e CM2 secondo UNI EN 1337 parte 2 è consentito solamente per le guide.

12.9.2.5.2 Lubrificanti

I lubrificanti, di norma costituiti da grasso di silicone, devono conservare la loro efficacia nel campo di temperature comprese tra -35° C e +50° C.

Essi non devono resinificare né risultare aggressivi nei confronti delle parti costituenti gli apparecchi di appoggio. Inoltre devono possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nella seguente tabella:

CARATTERISTICA	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	VALORI RICHIESTI
Penetrazione	ISO 2137	a 25°C: 26.5 –29.5 mm a -30°C: > 10 mm
Punto di gocciolamento	ISO 2176	≥ 180 °C
separazione d'olio dopo 24h a 100°C	Appendice G della UNI EN 1337-2	≤ 3% (massa)
Resistenza all'ossidazione – caduta della pressione dopo 100 h a 160°C	Appendice H della UNI EN 1337-2	≤ 0.1MPa
Punto di scorrimento dell'olio base	ISO 3016	Sotto i –60 °C

Tabella 12.9.2.5.2 -1

12.9.2.5.3 Gomma

L'ESECUTORE dovrà impiegare esclusivamente gomme del tipo naturale (NR) o cloropreniche (CR), dielettriche ed esenti da rigenerato o da polveri di gomma vulcanizzata di recupero, in possesso del certificato di qualificazione rilasciato da FERROVIE. Su tali gomme, come verifica di compatibilità con il prodotto qualificato, a cure e spese dell'ESECUTORE, dovranno essere svolte almeno le seguenti prove:

- per ponti e viadotti ferroviari, le prove indicate nella tabella 12.9.2.5.3-1, ad esclusione della n. 13;
- per cavalcavia e passerelle pedonali, le prove n. 10, 11, 12 della tabella 12.9.2.5.3-1.

Per il rilascio di tale certificato, ciascuno PRODUTTORE dovrà sottoporre il proprio prodotto alle seguenti prove, in presenza di personale di FERROVIE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 48 di 96

	CARATTERISTICHE	VALORI RICHiesti			NORMATIVA DI RIFERIMENTO
1	Modulo G (MPa) Tolleranza sul modulo G	0.7 ±0.10	0.9 ±0.15	1.15 ±0.20	Appendice F EN 1337-3
2	Resistenza a trazione (MPa) Provino stampato Provino da prodotto finito	≥ 16 ≥ 14	≥ 16 ≥ 14	≥16 ≥14	ISO 37 provini tipo 2
3	Allungamento minimo a rottura (%) Provino stampato Provino da prodotto finito	450 400	425 375	300 250	
4	Resistenza minima alla lacerazione (KN/m) CR NR	≥ 7 ≥ 5	≥10 ≥ 8	≥12 ≥ 10	ISO 34-1 Pantalone (Metodo A)
5	Deformazione residua dopo la compressione (%) Dopo 24h a 70°C CR NR	≤ 15 ≤ 30			ISO 815 Φ 29 x 12,5 Distanziatore: 9.38 - 25%
6	Durezza nominale (Shore A3) Campo di durezza	50 45-55	60 55-65	70 65-75	UNI EN ISO 868
7	Temperatura limite di fragilità (°C)	≥ - 25	≥ -25	≥- 25	UNI ISO 812
8	Invecchiamento accelerato - <u>Resistenza a trazione (%)</u> NR 7d, 70 °C CR 3d, 100 °C - <u>Allungamento minimo a rottura (%)</u> NR 7d, 70 °C CR 3d, 100 °C - <u>Durezza</u> NR 7d, 70 °C CR 3d, 100 °C	± 15 ± 15 ± 25 ± 25 -5+10 ± 5			ISO 48 ISO 188
9	Resistenza all'ozono <u>Allungamento</u> : 30% - 96h 40 °C ± 2 °C NR 25 pphm CR 100 pphm	Nessuna screpolatura			ISO 1431-1
10	Spettro IR	Grafico del tipo di gomma rilevato su appendice			UNI ISO 4650

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 49 di 96

11	Densità	Valore rilevato su appendice	ASTM D792
12	Residuo in cenere	Valore rilevato su appendice	UNI 9376 UNI 8309
13	Analisi Termogravimetrica (TGA)	Determinazione curve termogravimetriche	ISO 9924

Tabella 12.9.2.5.3 – 1

12.9.2.5.4 Adesivi

Gli adesivi per l'incollaggio del materiale antifrizione devono resistere all'azione dei lubrificanti, agli agenti biologici ed atmosferici e alle temperature estreme alle quali gli appoggi sono sottoposti. Essi devono inoltre garantire una resistenza allo strappo innescato a 90° di almeno 4 N/mm oltre quanto previsto dalla EN 1337-2 appendice J.

12.9.2.5.5 Acciaio inossidabile

Le lamiere in acciaio inossidabile (INOX) devono essere del tipo X5CrNiMo17-12-2 (AISI 316) oppure X2Cr NiMo17-12-2 (AISI 316L) secondo UNI EN 10088-1-2-3.

Le superfici a contatto con il materiale antifrizione devono essere lucidate a rugosità $Ry5i \leq 1 \mu m$ (UNI EN ISO 4287-2).

L'acciaio inossidabile dei perni nonché quello degli anelli elastici e quello di riporto su altre superfici ferrose deve essere del tipo austeno-ferritico.

12.9.2.5.6 Lega di alluminio

Le superfici di scorrimento a contatto con il materiale antifrizione nel solo caso che non siano piane, possono essere realizzate anche con leghe di alluminio previste al punto 5.7.1 della UNI EN 1337-2 in conformità ai requisiti della ISO 3522. Il trattamento di anodizzazione sulla superficie curva dovrà essere quello previsto al punto 5.7.2 della stessa UNI EN 1337-2 e la rugosità della superficie anodizzata dovrà essere $Ry5i \leq 1 \mu m$.

12.9.2.5.7 Acciaio al carbonio

Per gli elementi costitutivi degli apparecchi di appoggio si devono utilizzare i seguenti tipi di acciaio:

- Acciaio laminato della classe S 275, S 355 e S460 di qualità JR per le parti non strutturali e J2 per quelle strutturali UNI EN 10025.
- Acciaio fuso o per getti della classe GE300 UNI EN 10293 o superiore; quando tali acciai debbano essere saldati, devono rispettare le stesse limitazioni di composizione chimica prevista per gli acciai laminati di tipo S355, di qualità J2.
- Acciaio fucinato o stampato della classe S 355 di qualità J2 UNI EN 10250-2.
- Acciai da bonifica secondo EN 10083-1-2-3.

Tutti i pezzi di acciaio fucinato o stampato devono essere sottoposti almeno al trattamento termico di normalizzazione. Per le parti accessorie, quali zanche, viti ecc., è consentito l'impiego di materiali diversi da quelli su indicati; per le loro caratteristiche vedere le norme UNI EN di riferimento.

12.9.2.6 Prescrizioni costruttive sugli appoggi

12.9.2.6.1 Caratteristiche generali

Gli appoggi devono poter essere tolti d'opera con un innalzamento massimo dell'impalcato di 50mm.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 50 di 96

L'apparecchio di appoggio dovrà risultare dielettrico per sua costruzione garantendo una resistenza di isolamento superiore ad $1M\Omega$ sotto una tensione di 1000 Volt.

L'isolamento elettrico non potrà quindi ottenersi mediante l'impiego di vernici ma attraverso elementi isolanti, costituenti parte integrante dell'appoggio stesso.

Nel caso in cui l'isolamento elettrico sia ottenuto mediante l'utilizzo di fogli di PTFE o altro materiale parimenti dielettrico, questo dovrà essere posto nella parte interna degli apparecchi di appoggio ed adeguatamente protetto; è esclusa la loro applicazione sulle superfici esterne a contatto con il calcestruzzo.

12.9.2.6.2 Prescrizioni sui materiali e sugli elementi che costituiscono gli appoggi

12.9.2.6.2.1 Acciaio

Lo spessore minimo di ogni elemento strutturale in acciaio dell'apparecchio di appoggio non deve risultare inferiore a 25 mm.

Le guide degli appoggi unidirezionali di norma devono essere ottenute da pieno. Per esigenze particolari potranno essere accettate guide fissate con bulloni. In tal caso, le stesse devono essere incassate per almeno 5 mm, su incavi ricavati nel supporto. Per le guide riportate, è ammesso l'utilizzo di acciai bonificati.

I colletti delle zanche, dovranno avere sulla circonferenza degli smussi di 1-2 mm a 45° per facilitarne l'inserimento nelle sedi dell'appoggio.

Le zanche di ancoraggio al pulvino dovranno impegnarsi con un contatto di almeno 20 mm di altezza nelle sedi ricavate sul basamento dell'appoggio. Dette zanche dovranno essere munite in testa di una vite per essere fissate al basamento stesso.

L'accoppiamento meccanico dell'appoggio alla contropiastra superiore, applicata sulle travi dell'impalcato, è realizzato mediante un unico perno che si impegna nella contropiastra medesima con un contatto di almeno 20 mm di altezza.

Il perno, qualora non realizzato da pieno, deve essere incassato sull'elemento superiore dell'appoggio con un'altezza di contatto di almeno 20 mm.

Anche le zanche di ancoraggio applicate sulle contropiastre devono impegnarsi con un contatto di almeno 20 mm di altezza nelle relative sedi.

Le dimensioni in pianta delle contropiastre devono essere almeno uguali a quelle dell'elemento a contatto, aumentate dello spessore delle stesse per una migliore ripartizione dei carichi.

12.9.2.6.2.2 PTFE

Il rivestimento in PTFE deve essere incassato in incavi a spigoli vivi.

Detto rivestimento deve essere costituito da una superficie unica o da più strisce della dimensione minima di 100 mm, ovvero da settori circolari con angolo al centro di almeno 60° .

Gli spessori del materiale antifrizione e le sporgenze dall'incavo devono essere conformi ai valori indicati nella normativa europea UNI EN 1337.

I pattini in materiale antifrizione posti sulle guide degli appoggi unidirezionali devono essere sempre incassati nelle guide medesime.

Le caratteristiche geometriche di eventuali materiali alternativi qualificati da FERROVIE, dovranno essere conformi a quanto riportato nel certificato ETA del prodotto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 51 di 96

12.9.2.6.2.3 Lamiere in acciaio inossidabile (inox)

Le lamiere in acciaio inox a contatto con il materiale antifrizione devono avere uno spessore non inferiore a 2.0 mm e 2.5 mm per superfici sferiche, nel caso siano collegate al supporto mediante un cordone continuo di saldatura con procedimento TIG, oppure non inferiore a 2,5 mm nel caso il collegamento sia realizzato con viti. Tali viti di unione dovranno essere di acciaio inox di diametro ≥ 5 mm, disposte ad un interasse $i \leq 100$ mm e ad una distanza dal bordo pari a 10 mm.

12.9.2.7 Tolleranze negli accoppiamenti e gioco totale

Tra perni/zanche e sede di ricevimento devono prevedersi i seguenti accoppiamenti:

Elementi	Tipo di accoppiamento	Diametro (mm)	Tolleranze UNI EN ISO 286/2 UNI EN ISO 4759
Zanche — contropiastre	mobile	$\varnothing_f = \varnothing_p + 0,5$	H9/h8
Perno — contropiastra sup.	mobile	$\varnothing_f = \varnothing_p + 1$	
Perno — piastra sup. app.	interferenza	$\varnothing_f = \varnothing_p$	P8/h7
zanche — basamento app.	mobile	$\varnothing_f = \varnothing_p + 0,5$	H9/h8

Tabella 12.9.2.7-1

dove:

$\varnothing_p$ = diametro perno;

$\varnothing_f$ = diametro foro.

L'accoppiamento tra guida ed elemento scorrevole negli appoggi unidirezionali dovrà avere un gioco massimo di 0.5 mm.

Si prescrive che dopo i trattamenti anticorrosione, la tolleranza tra il diametro interno della tazza e quello esterno del pistone dovrà essere $\leq 1,0$ mm.

Per gli apparecchi di appoggio a disco elastomerico il gioco totale dell'apparecchio di appoggio inteso come sommatoria delle tolleranze di costruzione dei vari pezzi che lo costituiscono (ad esclusione delle zanche e delle contropiastre) dovrà essere ≤ 0.8 mm per guarnizioni di PTFE caricato al carbonio e ≤ 1 mm per guarnizioni metalliche e POM (poliossimetilene) per gli appoggi fissi e ≤ 1.5 mm per gli appoggi unidirezionali. Tale valore dovrà essere verificato in fase di effettuazione delle prove funzionali.

12.9.2.8 Rivestimenti protettivi

Gli elementi che costituiscono gli appoggi devono essere provvisti di un rivestimento protettivo delle

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 52 di 96

superfici metalliche soggette ad aggressione chimica e fotochimica. Detti elementi prima dell'applicazione delle protezioni anticorrosione, dovranno avere tutti gli spigoli direttamente esposti all'ossidazione raccordati con un raggio minimo di 5 mm. Tale raggio potrà essere ridotto a 2 mm per i rivestimenti a basso spessore (nitrurazioni, dacrometizzazioni, nichelature ecc.) e per gli spigoli non esposti direttamente all'esterno.

Il rivestimento protettivo con verniciatura dovrà essere realizzato con cicli omologati dalle FERROVIE in accordo alla sezione 6 del presente Capitolato.

Per alcuni elementi o parti dello stesso elemento il rivestimento protettivo potrà altresì essere realizzato con:

- Trattamento di zincatura a caldo il cui accertamento delle caratteristiche andrà condotto secondo le norme UNI EN ISO 1461 e UNI EN 10240, in tal caso lo spessore del rivestimento dovrà risultare $\geq 100 \mu\text{m}$ (700 g/mq). Il trattamento di zincatura a caldo è obbligatorio per la contropiastra inferiore. Sulla contropiastra superiore potrà invece eseguirsi il ciclo completo di verniciatura. Qualora il ciclo preveda più mani e ammesso sulla superficie interna della contropiastra, annegata nel calcestruzzo della trave, l'applicazione della sola mano di fondo di spessore non inferiore a $50 \mu\text{m}$.
- Nichelatura chimica ad alto fosforo con percentuale in peso di fosforo $\geq 10,5\%$. L'accertamento delle caratteristiche sarà condotto secondo la norma (UNI EN ISO 4527). Lo spessore richiesto per tale tipo di trattamento dovrà essere $>$ di $40 \mu\text{m}$ e dovrà essere applicato su superfici perfettamente pulite meccanicamente oppure chimicamente.
- Dacrometizzazione + Plus di fissaggio, rivestimento chimico protettivo a base di cromo, zinco e alluminio, ricoperto da uno spessore di plus per migliorarne l'aderenza. Le caratteristiche richieste dovranno essere le seguenti:
 - Rivestimento di dacromet superiore al grado B con spessore $\geq 11 \mu\text{m}$.
 - Rivestimento di Plus $\geq 5 \mu\text{m}$.
 - Aderenza resistente al distacco del nastro tipo Scotch Brand Tape 3M.
 - La mano di Plus dovrà essere di colore diverso rispetto al dacromet.

• Cromatura

Per le superfici di scorrimento curve è ammessa la cromatura. Il supporto da cromare dovrà essere costituito da acciaio S 355 di qualità J2 UNI EN 10025.1.2. La superficie di cromo dovrà essere esente da porosità e fessure UNI 4240 FA -1.

Lo spessore dello strato di cromo non potrà essere inferiore a 100 micron mentre per la rugosità dovrà risultare $Ry5i \leq 1 \mu\text{m}$.

12.9.2.9 Prescrizioni sulle saldature

Per le saldature strutturali valgono interamente le prescrizioni contenute nella sezione 6 paragrafo 6.6.7 del presente Capitolato, con la precisazione che non è permessa la saldatura a tratti per il collegamento dei diversi elementi che compongono gli apparecchi d'appoggio

12.9.2.10 Prescrizioni per l'assemblaggio, il trasporto e lo stoccaggio in cantiere

Gli apparecchi di appoggio devono essere muniti di una targhetta metallica anticorrosione oppure in materiale termoplastico, fissata sulla superficie laterale degli appoggi con viti $\varnothing 4$ oppure $\varnothing 6$ mm in acciaio inox, sulla quale devono essere riportate in bianco, su sfondo nero, le seguenti indicazioni:

- nome del PRODUTTORE e anno di fabbricazione;
- marchio CE
- tipo di apparecchio;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 53 di 96

- carichi nominali, verticale ed orizzontale;
- entità dei movimenti di progetto;
- sigla di identificazione del lotto di appartenenza;
- numerazione seriale del lotto.

Detta targhetta, per essere visibile ai controlli, dovrà essere applicata sulla parte di appoggio che guarda l'asse trasversale del pulvino di pila o di spalla e comunque sulla parte opposta rispetto alla freccia che indica il centro della trave.

Su ogni singolo apparecchio di appoggio, preferibilmente sull'estradosso della piastra superiore, dovranno essere riportati tutti i riferimenti utili al cantiere per la posa in opera del dispositivo. Pertanto dovranno essere indicati: la sigla dell'apparecchio di appoggio, l'asse longitudinale di posa con la freccia di orientamento, l'eventuale prerogazione ed il numero seriale di targa.

Tutte le staffe accessorie occorrenti per l'assemblaggio, il trasporto e la posa in opera dell'appoggio, dovranno essere di colore diverso da quello dell'appoggio stesso e dovranno riportare una targhetta adesiva, sulla faccia verticale, con la seguente scritta "Rimuovere dopo la posa in opera e ingrassare i fori filettati, utilizzati per il fissaggio, con grasso meccanico".

Tutti gli appoggi e le relative contropiastre, prima dell'invio in cantiere, dovranno essere imballati con fascette ben serrate evitando con plastica, gomma od altri materiali teneri, il contatto diretto con i vari elementi metallici verniciati. I pallets così preparati dovranno essere altresì coperti con nylon termoretraibile prima della spedizione. Fintanto che non verranno messi in opera, gli apparecchi dovranno essere stoccati in appositi locali al riparo dagli imbrattamenti e dalle intemperie.

Gli appoggi mobili muniti di guida incassata al supporto, oltre al normale trattamento di verniciatura per la protezione contro la corrosione, dovranno avere il perimetro dell'incasso della guida ben siliconato non potendo proteggere efficacemente il contatto tra guida e supporto con la sola verniciatura. Per tali appoggi anche l'elemento di scorrimento con il riporto di acciaio inox saldato, dovrà essere siliconato ove la saldatura dell'inox non è possibile e ove anche la verniciatura risulta difficoltosa.

Tutte le viti di fissaggio degli elementi accessori sugli appoggi, nonché quelle sulle zanche, dovranno essere zincate a caldo o in acciaio inox. Inoltre le viti sulle zanche nonché quelle a diretto contatto con le protezioni anticorrosione, dovranno essere munite di rondella, anch'essa zincata a caldo o inox, per evitare il danneggiamento della protezione anticorrosione durante il serraggio delle viti stesse. A tale proposito si fa presente che la rondella deve essere applicata con lo spigolo curvo rivolto verso la protezione anticorrosione.

Tutte le viti delle zanche degli apparecchi di appoggio fissi e unidirezionali, devono essere completamente scoperte dai parapolvere.

Tutte le tipologie di appoggi dovranno essere munite di fori su cui avvitare i golfari per l'imbracaggio ed il sollevamento degli stessi durante la posa in opera. Tali fori dopo le operazioni di sollevamento dovranno essere ingrassati con grasso meccanico ad elevata durabilità.

La distanza fra l'estradosso dei perni superiori e l'intradosso dei coperchi posti sulle contropiastre dovrà essere ≥ 5 mm.

Le fascette di stringimento dei parapolvere in gomma degli elementi circolari dovranno essere in acciaio inox, dovranno avere un'altezza ≥ 10 mm e uno spessore 8/10 mm.

I listelli per il fissaggio degli stessi parapolvere su elementi rettangolari o quadrati dovranno essere anch'essi in inox e dovranno avere una larghezza ≥ 20 mm ed uno spessore ≥ 3 mm.

Tutti i parapolvere da porre su elementi che consentono rotazioni, dovranno essere in gomma naturale (NR)

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 54 di 96

o Cloroprene (CR).

I parapolvere da porre sugli elementi in traslazione, invece, dovranno essere meccanici, costituiti generalmente da lamiere di spessore minimo 10 mm, su cui dovrà prevedersi uno sgocciolatoio perimetrale, realizzato con fresa, di sezione 5 x 5 mm. Il fissaggio agli elementi scorrevoli dei pezzi in questione, dovrà avvenire con staffe e bulloni, in acciaio inox AISI 316. Le linee di contatto, tra il parapolvere e l'elemento scorrevole dovranno essere sigillate con silicone trasparente o dello stesso colore dell'appoggio.

Gli indici per il controllo degli scorrimenti sugli appoggi mobili, dovranno essere in acciaio inox (AISI 316) di spessore ≥ 2.5 mm, dovranno avere una larghezza di almeno 20 mm e dovranno essere fissati al supporto con minimo 2 viti inox $\phi 4$ oppure $\phi 6$ mm. Negli appoggi multidirezionali, sia gli indici che le aste millimetriche devono essere applicati sui due lati dell'appoggio per essere comunque visibili senza sporgersi pericolosamente all'esterno del pulvino.

Per evitare il contatto metallico diretto tra appoggio e staffe di bloccaggio per il trasporto ed il varo dei dispositivi occorre interporre, tra appoggio e staffa, rondelle di gomma, plastica o di altro materiale tenero in modo da proteggere le protezioni contro la corrosione.

Tutti i fori filettati praticati sui dispositivi dovranno essere preventivamente ingrassati prima dell'inserimento delle relative viti.

Le sedi in cui le zanche si impegnano nelle contropiastre devono essere sigillate all'esterno con la vernice per evitare la formazione di ruggine sul contatto zanca-contropiastra.

12.9.2.11 Posa in opera

L'ancoraggio degli appoggi alle strutture inferiori deve essere affidato ad appositi tirafondi annegati nel calcestruzzo dei baggioli. Per il collegamento superiore, i perni degli apparecchi devono impegnarsi in contropiastre che saranno dotate di zanche nel caso di travi in c.a. e c.a.p. o collegate mediante unioni di tipo meccanico, nel caso di travi in acciaio.

La posa in opera degli apparecchi di appoggio deve essere eseguita sulla base di un apposito elaborato di montaggio che indichi le modalità di installazione, nonché i controlli necessari per garantire il corretto posizionamento e la funzionalità degli stessi. Nei ponti ferroviari, nei cavalcavia e nelle passerelle di scavalco, gli appoggi dovranno essere posti in opera sempre su contropiastre inferiori poggianti sui pulvini.

Le modalità d'installazione possono essere diverse a seconda delle tipologie di impalcato da porre in opera riconducibili comunque a due categorie: quelli realizzati con travi poggianti su un solo appoggio per estremità (es. cassoncini, travi a doppio T, tricellulari ecc.) e quelli realizzati con travi poggianti su più di un appoggio per estremità (es. monocassone, bicassone, strutture miste acciaio-clt con travi e diaframmi assemblati ecc.).

Per ciascuna categoria dovrà essere prevista una diversa posa in opera che dovrà prevedere le seguenti fasi e modalità.

Per la prima categoria:

- Costruzione dei baggioli, con i relativi fori per le zanche, fino ad una quota inferiore di 4÷6 cm rispetto alla quota di progetto (estradosso contropiastra inferiore).
- Posizionamento contropiastre inferiori con estradosso a quota di progetto.
- (la posa dovrà essere effettuata controllando la perfetta orizzontalità delle contropiastre agendo sulle viti di regolazione di cui le stesse devono essere munite).
- Inghisaggio contropiastre con malta reoplastica previa realizzazione di casseri sui baggioli.
- Varo delle travi, già munite di appoggi, sulle contropiastre disposte sui baggioli.
- Controllo della verticalità della trave sulle due estremità verificando che l'asse verticale della trave coincida

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 55 di 96

con l'asse verticale di progetto a meno di una tolleranza di disassamento in sommità della trave stessa di ± 5 mm. La trave, tuttavia, dopo tale controllo deve scaricare tutto il suo peso sugli apparecchi di appoggio.

- Inserimento di bloccaggi provvisori antiribaltamento congelando la posizione della trave;
- Sigillatura dei traversi.
- Inserimento e tesatura e iniezione delle barre di precompressione trasversali.
- Getto soletta.
- Inghisaggio zanche appoggi.
- Rimozione dei bloccaggi provvisori delle travi.
- Rimozione delle staffe di assemblaggio degli appoggi e ingrassaggio con grasso meccanico dei fori lasciati scoperti dopo la rimozione.

Per la seconda categoria:

- Costruzione dei baggioli, con i relativi fori per le zanche, avendo cura di arrestare i getti ad una quota inferiore di 4÷6 cm rispetto alla quota di progetto (quota estradosso contropiastre inferiori).
- Varo dell'impalcato, munito di apparecchi di appoggio e relative contropiastre inferiori, fino a quota di progetto dell'intradosso.
- Controllo del carico sui singoli appoggi (tramite lettura della pressione sui martinetti posti sotto ogni trave dell'impalcato. Il carico sui singoli appoggi dovrà essere fornito dal progettista dell'opera prima dell'operazione).
- Compattamento Compressione degli apparecchi d'appoggio agendo sui 4 lati della contropiastre inferiore con cunei metallici a perdere controllando nel contempo l'orizzontalità della stessa (Tale operazione non deve variare il carico su ogni singolo martinetto per più di 3 tonnellate);.
- Inghisaggio appoggi e relative contropiastre con malta reoplastica e rimozione dei martinetti dopo maturazione della malta.
- Rimozione delle staffe di assemblaggio degli appoggi e ingrassaggio con grasso meccanico dei fori lasciati scoperti dopo la rimozione.

Per le strutture poggianti su più di un appoggio per estremità e da precomprimere trasversalmente, (es. bicassone), la posa in opera prescritta per la seconda categoria dovrà essere effettuata dopo la solidarizzazione delle travi.

In ogni caso occorre, inoltre, controllare l'allineamento degli appoggi nonché la loro eventuale preregolazione dovuta alla temperatura, ritiro e deformazione viscosa dell'impalcato. Il valore di tale preregolazione dovrà essere fornito dal progettista all'atto della messa in opera delle travi.

Per le opere per le quali è prevista la preregolazione il PRODUTTORE dei dispositivi di vincolo dovrà adottare degli accorgimenti, sui bloccaggi degli elementi scorrevoli, finalizzati ad agevolare le operazioni in cantiere per l'adattamento dei meccanismi all'impalcato.

Gli apparecchi di appoggio devono essere posti in opera tra due superfici orizzontali (anche in presenza di impalcato in pendenza), a meno che l'appoggio non consenta rotazioni di $\pm 3^\circ$ e comunque sia rispettata la prescrizione di posizionare le superfici di scorrimento inferiormente all'appoggio. Qualora si presentino giustificate difficoltà nel realizzare piani orizzontali in strutture prefabbricate, sarà consentito lavorare a cuneo le piastre superiori degli appoggi.

Nel caso di appoggi a cerniera cilindrica particolare cura va prestata all'allineamento degli assi cilindrici degli appoggi del tipo fisso e unidirezionale.

Le piastre di base degli apparecchi d'appoggio non muniti di contropiastre inferiore dovranno essere arretrate di almeno 10cm dal bordo libero più vicino del baggiolo, se muniti di contropiastre, le stesse dovranno essere arretrate di almeno 5 cm dal bordo libero più vicino del baggiolo.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 56 di 96

La contropiastra superiore annegata nella trave dovrà essere posta ad una distanza di almeno 10cm dalla testata e dai lati della trave stessa.

I baggioli dovranno avere altezza atta a consentire il posizionamento dei meccanismi di sollevamento dell'impalcato. Di regola, l'altezza complessiva appoggio più baggiolo deve essere di almeno 40 cm.

12.9.3 APPOGGI PER TRAVATE METALLICHE

12.9.3.1 Generalità e caratteristiche dei materiali

Per le travate metalliche si usano di norma apparecchi d'appoggio in getti d'acciaio. Sono tuttavia ammessi anche i procedimenti costruttivi di fucinatura, stampaggio e saldatura di elementi d'acciaio. Quando sono realizzati con getti d'acciaio il materiale da utilizzare è il GE300 secondo la norma UNI EN 10293.

Previo benestare da parte delle FERROVIE è ammesso utilizzare anche apparecchi di appoggio a calotta sferica fissi e multi con superficie di rotazione in PTFE già descritti nel paragrafo precedente. Tali dispositivi, in particolare dovranno essere muniti di speciali protezioni contro gli urti e gli agenti atmosferici realizzate con lamiera in acciaio inox AISI 316 di adeguato spessore. Dette protezioni dovranno essere amovibili per l'ispezionabilità dei dispositivi. Tali dispositivi di appoggio saranno obbligatori per gli impalcato obliqui.

12.9.3.2 Tipologie

Per l'appoggio fisso la tipologia in uso (storica), riportata nella figura sottostante, è la seguente:

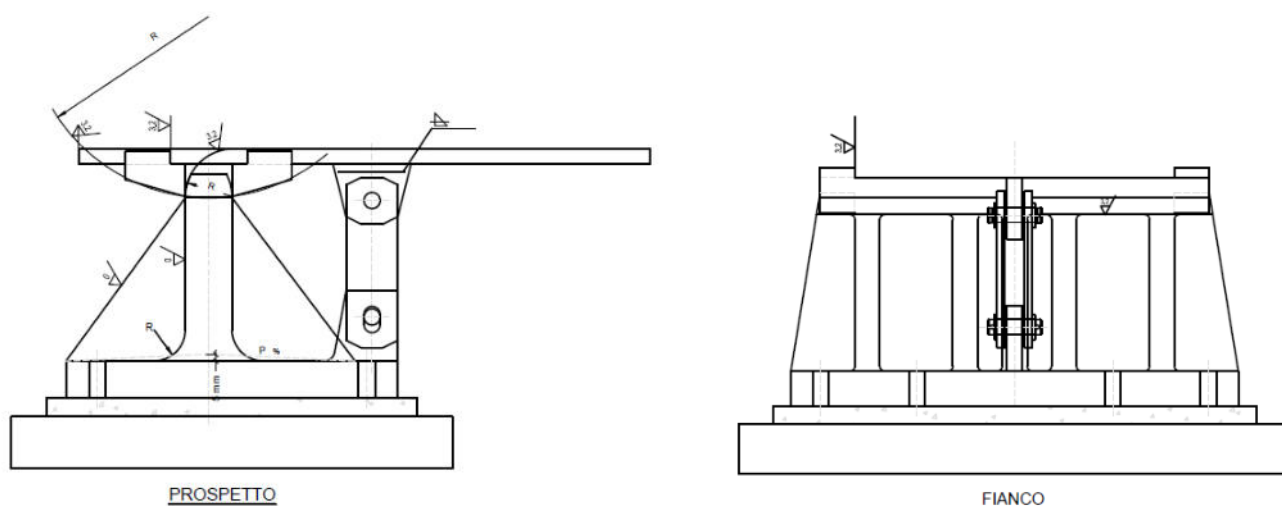


Fig. 12.9.3.2-1 – Appoggio fisso

E' costituito da un basamento nervato alla cui sommità è disposte una piastra basculante per consentire le rotazioni di progetto della struttura intorno ad un asse orizzontale trasversale.

La piastra basculante è vincolata trasversalmente al basamento in genere mediante due denti di ritegno che si impegnano in sedi ricavate nello spessore della piastra stessa.

Per vincolare trasversalmente e longitudinalmente la travata alla piastra basculante sono previsti, sulla superficie superiore della piastra stessa, quattro denti di ritegno, due per ciascun lato, tra i quali trovano

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 57 di 96

alloggiamento delle opportune espansioni delle piattabande inferiori della travata metallica.

Per l'appoggio di tipo mobile la tipologia in uso (storica) riportata nella figura sottostante è la seguente:

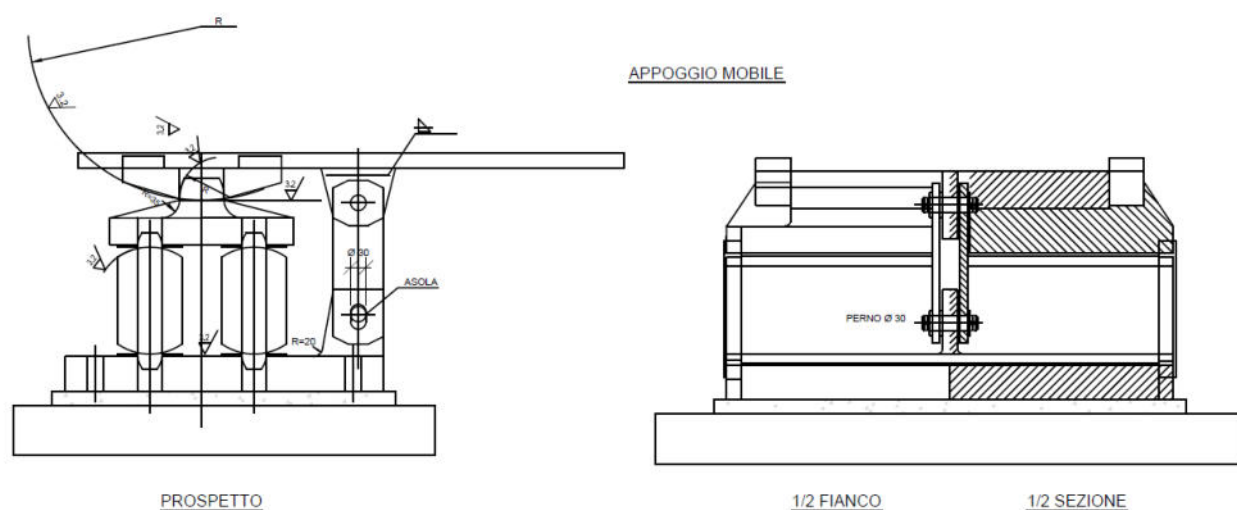


Fig. 12.9.3.2 – 2 Appoggio mobile

E' costituito dalle seguenti parti:

- una piastra di base di spessore sufficiente a garantire una uniforme distribuzione del carico sul pulvino;
- uno o due rulli o settori di rullo la cui rotazione consente le traslazioni longitudinali della travata;
- una piastra intermedia, detta bilanciante, che consente di ripartire equamente il carico sui rulli o settori di rullo;
- una piastra superiore basculante che consente le rotazioni della struttura intorno all'asse orizzontale trasversale.

Un sistema di ritegni, del tipo descritto per il tipo fisso vincola tra di loro le parti componenti l'appoggio mobile, la travata all'appoggio e consentono di guidare esattamente i rulli nel loro movimento.

Le piastre di base sono posizionate in incavi, della profondità di circa 3 centimetri, ricavati nei pulvini. Tra le superfici metalliche delle piastre di base ed il calcestruzzo del pulvino si interpone una lastra di piombo di 5 mm di spessore per migliorare l'accoppiamento tra i due materiali.

Per impedire che acqua o fango ostacolino il movimento dei rulli, la superficie di appoggio dei rulli dovrà essere leggermente rialzata (5 mm) rispetto al piano superiore della piastra inferiore mentre ai bordi di detta piastra dovrà accuratamente essere eliminato ogni risalto che dovesse risultare dal procedimento di costruzione in quanto potrebbe costituire ostacolo al deflusso dell'acqua. Tutte le superfici a contatto devono essere lavorate di macchina come risulta in figura.

Il dispositivo antisollevamento della struttura sovrastante è costituito da aste metalliche incernierate all'appoggio e alla struttura stessa negli appoggi storici, mentre in quelli di recente concezione lo stesso dispositivo è realizzato con perni negli appoggi fissi e con pendoli negli appoggi mobili.

Oltre che in acciaio da fusione gli apparecchi d'appoggio possono essere realizzati mediante prodotti laminati opportunamente lavorati come rappresentato nelle figure seguenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 58 di 96

Fig. 12.9.3.2 – 3 Appoggio mobile

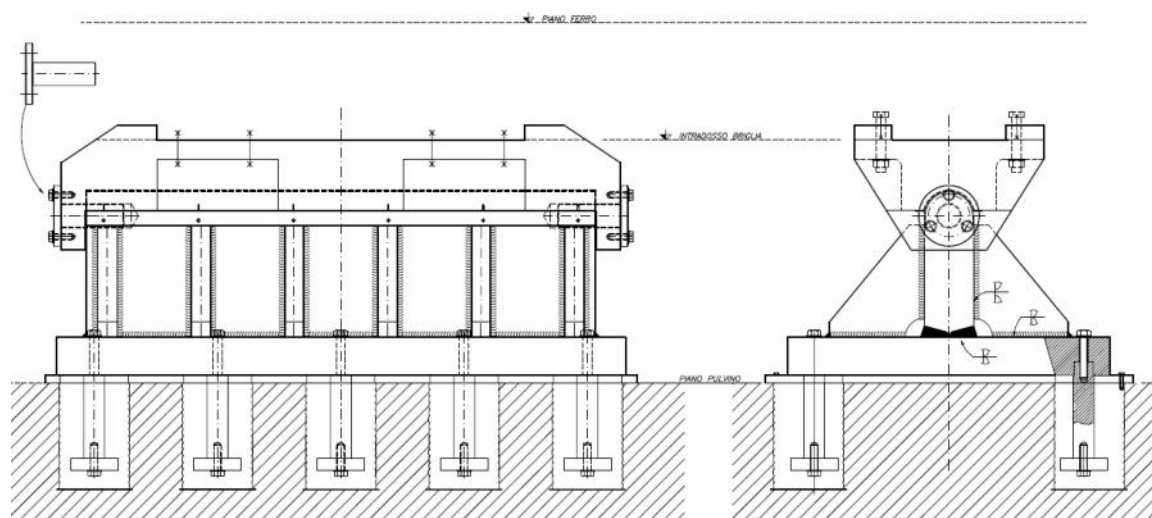
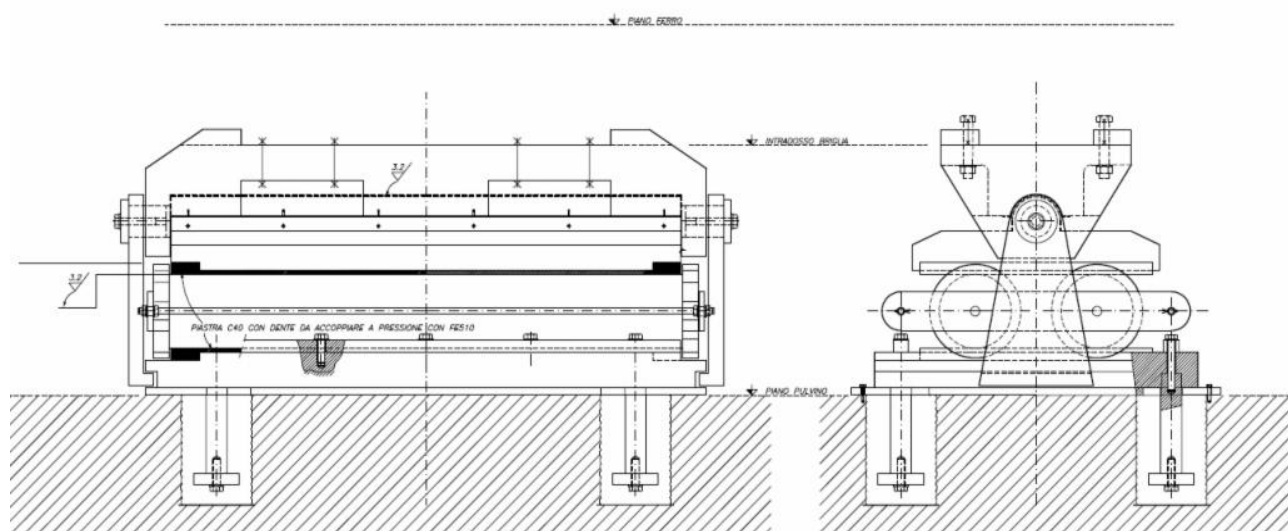


Fig. 12.9.3.2 – 4 Appoggio fisso

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 59 di 96

12.10 COPRIGIUNTI

12.10.1 GENERALITÀ

I coprigiunti trasversali degli impalcati devono assolvere alle seguenti funzioni:

- consentire movimenti relativi tra i due impalcati;
- evitare il percolamento delle acque meteoriche assicurando il drenaggio e lo smaltimento delle acque in corrispondenza delle testate;
- garantire la continuità strutturale del ballast evitando la penetrazione dello stesso nel varco del giunto;
- garantire un sufficiente isolamento elettrico.

12.10.2 CARATTERISTICHE DEI COPRIGIUNTI

E' ammessa la posa in opera di soli coprigiunti precedentemente omologati secondo i "Criteri di accettazione dell'omologazione dei coprigiunti" emanati da RFI e riportati nell'allegato B della presente sezione del Capitolato.

Si specifica che l'omologazione riguarda l'elemento di coprigiunto, i materiali da impiegare e le modalità di posa in opera.

Si definiscono, in dettaglio nel seguito, tutte le caratteristiche cui dovrà soddisfare un coprigiunto e che dovranno essere prese in considerazione all'atto dell'omologazione.

Il coprigiunto dovrà consentire i movimenti relativi tra le parti strutturali affacciate dei due impalcati. Lo scorrimento massimo dovrà essere valutato portando in conto tutte le possibili cause che provocano spostamenti o deformazioni dell'impalcato.

Il varco cioè la distanza da lasciare tra le testate delle solette dell'impalcato, a temperatura media ambiente, dovrà essere pari alla metà della escursione totale calcolata maggiorata di 20 mm.

Le forze che si genereranno durante il funzionamento del coprigiunto, nelle fasi di esercizio e sismica, e i relativi valori limite, dovranno essere valutate secondo le modalità precisate nei criteri di accettazione.

Mediante l'impiego di un'opportuna scossalina, dovrà drenare l'acqua dalla testata degli impalcati evitando possibili danneggiamenti alle travi, agli apparecchi di appoggio nonché ai pulvini. Il giunto terminerà in corrispondenza dei muretti paraballast, mentre la scossalina dovrà essere disposta su tutta la larghezza dell'impalcato. Dovrà altresì essere disposto, in aderenza al giunto, un opportuno sistema di drenaggio trasversale.

Il coprigiunto dovrà impedire la penetrazione del ballast tra le parti affacciate assicurando la continuità dell'estradosso della soletta. Sui marciapiedi laterali e sui muretti paraballast dovrà essere prevista una piattabanda in gomma armata con caratteristiche dielettriche. Pertanto la parte strutturale metallica dovrà essere opportunamente verificata in regime di deformazioni elastiche.

Il coprigiunto deve essere dielettrico per sua costituzione, e non per accorgimenti da realizzare in opera, comportandosi come un isolatore elettrico impedendo il passaggio delle correnti vaganti. Tale proprietà sarà verificata in officina a coprigiunto assemblato. In fase di posa si dovrà aver cura che i tirafondi siano resi dielettrici mediante inghisaggio con malte e distanziatori dielettrici.

Il coprigiunto dovrà essere progettato e realizzato in maniera da poter consentire il sollevamento indifferente di una o dell'altra testata degli impalcati affacciati, per un'altezza minima di 50 mm in modo da rendere possibile la sostituzione degli apparecchi di appoggio. Il movimento di cui sopra dovranno avvenire senza che si verifichi inclusione nel giunto di corpi estranei, anche minuti, per non comprometterne l'escursione.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 60 di 96

Il coprigiunto dovrà essere realizzato in maniera che risulti agevole, all'atto del montaggio, la corretta regolazione dello stesso in funzione delle condizioni di posa in opera (temperatura media di posa, percentuale di deformazioni lente avvenute, ecc.).

Il coprigiunto sarà realizzato in modo che una volta posto in opera non sporga dal massetto di protezione dell'impermeabilizzazione, in modo da garantire la non interferenza nelle operazioni di manutenzione della massicciata (risanamento, ecc.).

12.10.3 MODALITÀ DI POSA IN OPERA

La posa in opera dei coprigiunti dovrà essere eseguita sulla base delle prescrizioni riportate in appositi disegni "fasi e modalità di installazione dei coprigiunti e delle piattabande di muretto e di camminamento" che faranno parte integrante dell'omologazione.

Nella fase di posa in opera dei dispositivi si dovrà, in particolare, verificare la complanarità dei piani di appoggio dei coprigiunti stessi. Qualora tali piani non fossero complanari gli stessi dovranno essere ripristinati soltanto con malte anti ritiro premiscelate.

12.10.4 PROTEZIONE DEI COPRIGIUNTI IN CANTIERE

I coprigiunti dovranno essere sempre protetti dal passaggio dei mezzi di cantiere. Tali protezioni dovranno essere realizzate con lamiere di acciaio di spessore adeguato e di dimensioni tali da coprire integralmente il coprigiunto sia in senso trasversale che longitudinale. Sono ammessi coprigiunti senza protezioni soltanto se gli stessi saranno progettati e realizzati con caratteristiche intrinseche di carrabilità.

12.10.5 PROVE DA EFFETTUARE IN CANTIERE SUI COPRIGIUNTI MONTATI

Per verificare la funzionalità del coprigiunto in cantiere, dovranno, inoltre, essere effettuate delle prove di tenuta all'acqua. Tali prove dovranno essere effettuate nei 3 – 4 giorni immediatamente precedenti la posa del ballast.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione della prova, su ogni coprigiunto dovranno essere irrorati 1000 litri di acqua nel tempo di 15 - 20 minuti avendo cura che questa venga distribuita uniformemente sia sull'intera lunghezza del coprigiunto sia sulle piattabande poste sui camminamenti.

La prova verrà considerata superata se al termine dell'irrorazione tutta l'acqua sarà defluita attraverso la scossalina e se nessuna perdita sarà stata rilevata sulle testate dell'impalcato.

Ogni prova, sia positiva che negativa, dovrà essere verbalizzata in contraddittorio fra la DL e l'APPALTATORE indicando, per le eventuali prove negative, sia i difetti riscontrati che i loro punti di ubicazione. In ogni caso, il buon esito delle prove non esimerà l'APPALTATORE dalla responsabilità per eventuali future perdite di tenuta dei coprigiunti derivanti da negligenze attuate sia prima che durante la posa del ballast.

12.10.6 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I coprigiunti saranno di regola, allestiti con i seguenti materiali:

- acciaio laminato delle diverse classi previste dalla norma UNI EN 10025.1.2;
- acciaio inossidabile austenitico tipo X5CrNiMo17/12-2 oppure X2CrNiMo17/12-2) oppure austeno-ferritico X2CrNiMoCuN25-6-3; UNI EN 10088;
- gomma dielettrica, qualificata da FERROVIE del tipo naturale (NR) o cloroprenica (CR), di durezza 60 Shore A avente le caratteristiche di cui alla tabella del paragrafo 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 61 di 96

Alcuni elementi quali tirafondi, viti, rondelle ecc. dovranno essere necessariamente di acciaio inossidabile delle qualità su indicate, come di acciaio inossidabile dovranno essere tutte le parti metalliche esposte all'azione corrosiva.

12.11 RITEGNI SISMICI MECCANICI CON TAMPONI IN GOMMA

12.11.1 GENERALITA'

Occorre sempre prevedere in sommità delle pile o delle spalle, dei denti di ritegno in grado di contrastare i movimenti dell'impalcato, (sia trasversali che longitudinali), nel caso di perdita di funzionalità degli apparecchi di appoggio.

Tali ritegni di norma devono essere realizzati in c.a. o in acciaio ed essere rivestiti con cuscinetti in gomma dielettrica armata, vulcanizzati su una lamiera metallica zincata a caldo.

Il collegamento tra il cuscinetto e il dente in c.a. avviene tramite angolari metallici, anch'essi zincati a caldo, fissati con tasselli alle pareti laterali del dente stesso.

Il calcolo del cuscino in gomma sarà effettuato nel rispetto della norma UNI EN 1337 tenendo presente che le azioni orizzontali da prendere a riferimento per le verifiche saranno la massima trasversale e la massima longitudinale considerate agenti normalmente sulle superfici di gomma dei ritegni.

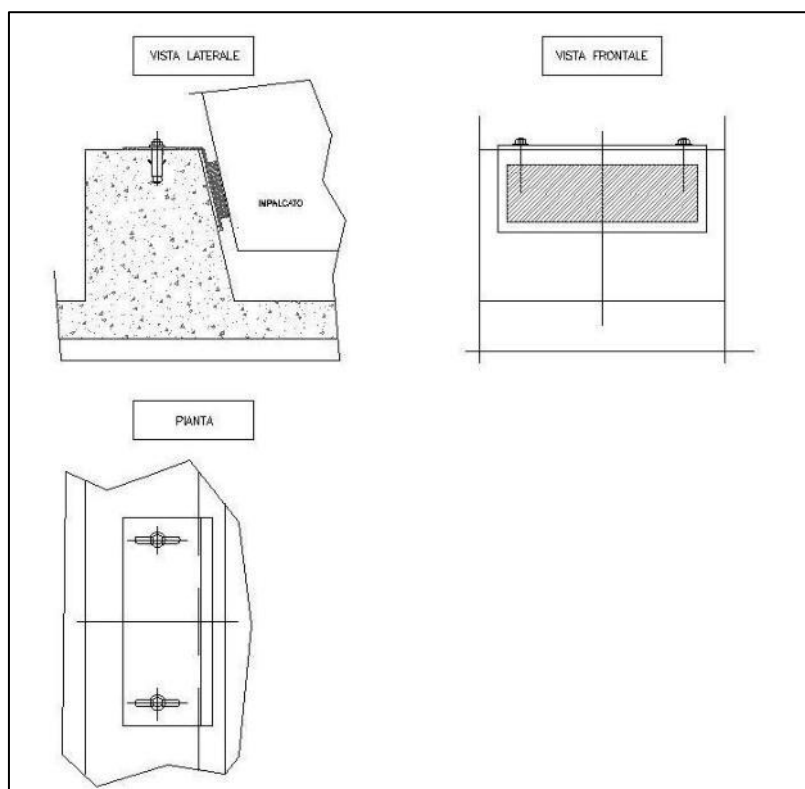


Fig. 12.11.1 – 1. Ritegno sismico trasversale, tipologia 1

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 62 di 96

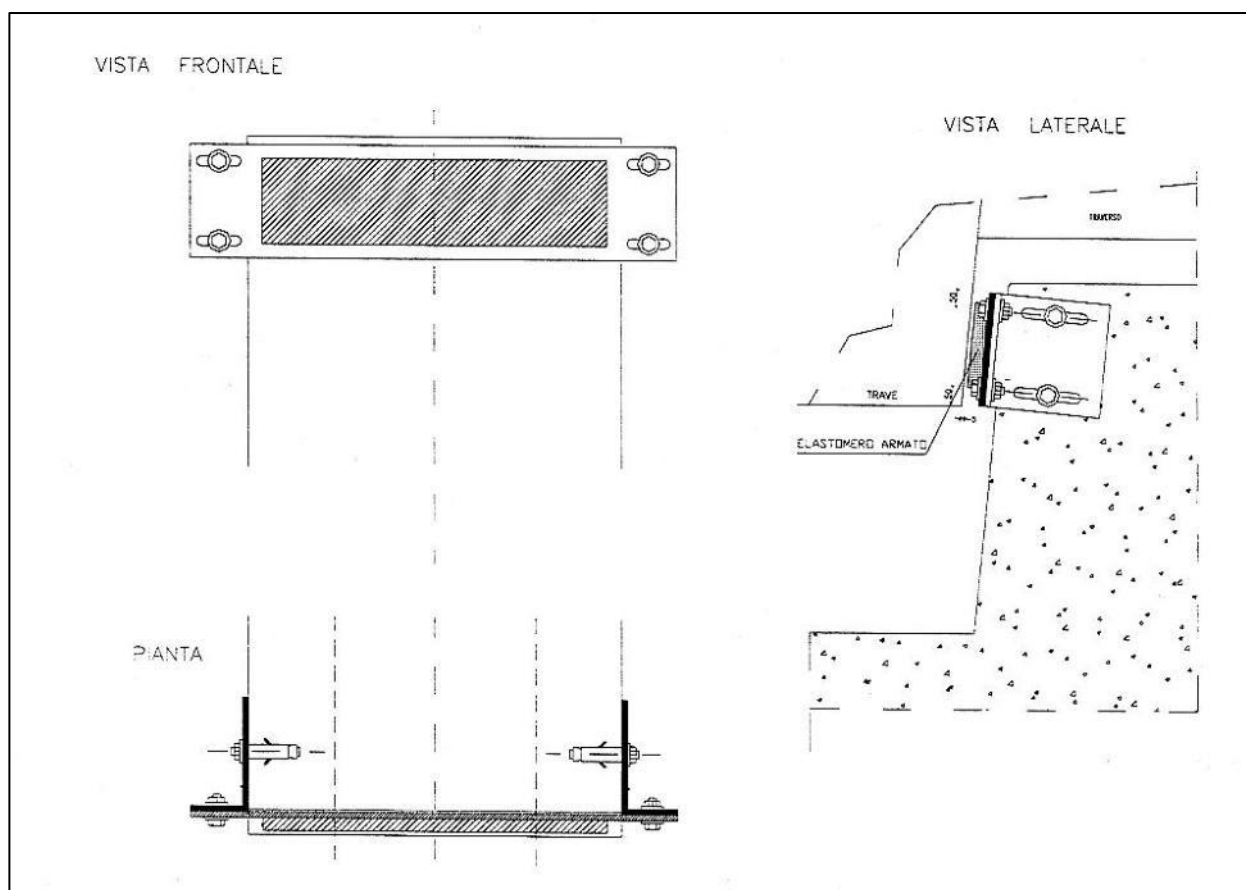


Fig. 12.11.1 -2 Ritegno sismico trasversale, tipologia 2

12.11.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE E PROTEZIONE DELLE SUPERFICI

Le caratteristiche delle lamiere dovranno essere quelle previste dalla norma UNI EN 10025.1.2, mentre quelle della gomma dielettrica dovranno essere quelle previste al par. 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato.

La gomma inoltre dovrà essere del tipo naturale (NR) o cloroprenica (CR) qualificata da FERROVIE.

Il rivestimento di zincatura a caldo dovrà avere uno spessore $\geq$ a 100 μm .

- Ogni ritegno dovrà essere identificato con un numero seriale progressivo da indicare in una targhetta ben visibile, da apporre sulla lamiera, sulla quale dovranno essere riportate anche altre informazioni quali:
- Nominativo della ditta costruttrice;
- Sigla del ritegno,
- Anno di costruzione del dispositivo;
- Carico orizzontale massimo per il quale è stato verificato.

Sul cuscino di gomma dovranno essere indicati, in bassorilievo, sia il lotto di mescolanza della gomma che la data di produzione del cuscino.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 63 di 96

12.11.3 POSA IN OPERA

La posa in opera di tali dispositivi dovrà essere effettuata dopo il varo delle travi e la tesatura dei traversi.

I ritegni trasversali, dovranno essere posizionati con la superficie del cuscino in gomma parallela alla parete della trave e ad una distanza, dalla stessa di $5 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ di tolleranza. Il lato inferiore del cuscino dovrà essere posizionato ad almeno 50 mm al di sopra del piano d'intradosso della trave, per evitare che il contatto avvenga nella zona di copriferro.

I ritegni longitudinali lato appoggi fissi, dovranno essere posizionati come i ritegni trasversali avendo in tal caso come riferimento non la parete della trave ma la testata. Viceversa i ritegni longitudinali lato appoggi mobili dovranno essere posizionati con la superficie del cuscino in gomma parallela alla testata della trave e ad una distanza pari alla metà dell'escursione sismica aumentata di $10 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ di tolleranza.

Completato il posizionamento dei dispositivi, si procederà alla compensazione dei vuoti tra i denti in calcestruzzo e il retro lamiera dei dispositivi stessi.

Tale compensazione di norma dovrà essere effettuata con malte antiritiro premiscelate o con spessori di lamiere anch'esse zincate a caldo.

Per quanto concerne gli elaborati progettuali da produrre sono necessari una relazione di calcolo del cuscino in gomma e ad un elaborato grafico da cui si possa evincere la compatibilità geometrica del ritegno con la trave. Pertanto su tale elaborato dovranno essere riportate, in scala adeguata, sezioni e prospetti dell'insieme travi - ritegni - pulvini - baggioli, con l'indicazione di tutte le quote piano—altimetriche di posizionamento.

12.12 DISPOSITIVI DINAMICI DI VINCOLO PROVVISORIO

12.12.1 GENERALITÀ

Tali dispositivi rientrano tra i dispositivi antisismici ai sensi del DM 17.01.2018 e come tali devono soddisfare i requisiti di cui al par. 11.9 dello stesso DM.

12.12.2 CARATTERISTICHE DEI RITEGNI

Il ritegno consente gli spostamenti, generalmente quelli longitudinali, derivanti da azioni applicate in modo pressoché statico ed è capace, invece, di assorbire le azioni impulsive generalmente longitudinali. Esso risulta costituito essenzialmente da un cilindro in cui alloggia un pistone a tenuta, portato da uno stelo passante, che crea due distinte camere riempite con fluido idraulico resistente all'invecchiamento. Ciascuna camera “comunica” con l'altra attraverso un orifizio calibrato che consente gli spostamenti lenti ma realizza una resistenza per gli spostamenti di tipo impulsivo.

Il collegamento dei ritegni con l'impalcato e le sottostrutture dovrà essere realizzato in modo che sia garantita la possibilità di una agevole ispezione e relativa manutenzione.

I ritegni dovranno essere sostituibili con un sollevamento massimo dell'impalcato di 50 mm.

Essi dovranno possedere tutti i requisiti generali di cui sopra, con l'aggiunta di particolari accorgimenti atti ad assicurare una resistenza di isolamento elettrico superiore a $1 \text{ M}\Omega$ con una tensione applicata di 1000 Volt.

L'isolamento elettrico non potrà ottenersi mediante l'impiego di vernici, ma con l'iniezione o con l'inserimento di fogli di adatti materiali dielettrici, come ad esempio le resine epossidiche, il teflon, ecc.. Il dispositivo di ritegno dovrà risultare dielettrico per sua costruzione; gli elementi isolanti realizzati come sopra dovranno essere adeguatamente protetti; è esclusa la loro applicazione sulle superfici esterne a contatto con il calcestruzzo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 64 di 96

Per le eventuali saldature strutturali valgono le prescrizioni riportate nella sez. 6 del Capitolato.

I dispositivi sismici dovranno essere muniti di una targhetta metallica d'identificazione sulla quale dovranno essere riportati in caratteri ben leggibili:

- nome del fabbricante e anno di produzione;
- modello;
- massima spinta assorbibile;
- entità della corsa dell'apparecchio mobile con un riscontro di riferimento per la verifica di funzionamento in corso di esercizio.

12.12.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I ritegni saranno, di regola, allestiti con i seguenti materiali:

- acciaio laminato della classe S 275, S 355 e S460 UNI EN 10025 di qualità JR per le parti non strutturali e J2 per quelle strutturali
- acciaio fuso o per getti della classe GE300 UNI EN 10293 o superiore;
- acciaio fucinato o stampato della classe S 355 di qualità J2 UNI EN 10250-2 ;
- acciaio da bonifica della classe 39NiCrMo3 UNI EN 10083-3 o similari;
- lastre di acciaio inox di rivestimento del tipo X5CrNiMo17-12-2 oppure X2CrNiMo17-12-2 UNI EN 10088 dello spessore minimo di 2 mm lavorate sulle superfici a contatto con il materiale antifrizione e lucidate con rugosità $Ra \leq 0.10 \mu m$ secondo UNI EN ISO 4287/1.

Per le parti accessorie quali zanche, spine, guide, viti, ecc. o parti alle quali si richiedono particolari caratteristiche meccaniche è consentito l'uso di materiali diversi da quelli su indicati, qualora accettati in sede d'approvazione del progetto del ritegno.

Per le loro caratteristiche si farà riferimento alle relative norme UNI EN o ad altre norme con i valori di calcolo rapportati alle norme richiamate.

Per il PTFE o altri materiali simili si rimanda al par. 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato

L'olio idraulico dovrà presentare elevata stabilità termica, resistenza all'ossidazione e non dovrà essere tossico. Esso dovrà rispettare le seguenti prescrizioni:

- coefficiente di viscosità / temperatura ≥ 0.6 (ASTM D 0747-1);
- aumento della viscosità cinematica rilevata a 40° dopo l'esposizione per 4 ore a 200° C sotto flusso di aria di 1 litro/ora (metodo IEC) $\leq 40\%$.

Per l'eventuale uso di parti in gomma si fa riferimento al paragrafo 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato.

12.12.4 PROTEZIONE DELLE PARTI METALLICHE

Gli apparecchi dovranno essere provvisti di un rivestimento protettivo sulle superfici dei tipi in uso per gli apparecchi d'appoggio.

12.13 DISPOSITIVI DI SOSPENSIONE (PENDINI)

12.13.1 GENERALITA'

I pendini per ponti ad arco ferroviari di norma devono essere realizzati con teste snodate, una superiore ed una inferiore per ogni pendino, collegate tra loro da una barra metallica tonda filettata superiormente ed

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 65 di 96

inferiormente per consentire il collegamento con le teste stesse. Il collegamento superiore sarà realizzato con accoppiamento filettato maschio-femmina fra la barra tonda e la testa mentre il collegamento inferiore dovrà essere realizzato, sempre con accoppiamento filettato maschio-femmina, tra la barra tonda ed un dado di contrasto necessario per applicare la tensione progettuale di tiro sulla barra.

Le teste dovranno essere costituite da due elementi, le staffe da collegare direttamente all'arco oppure all'impalcato e i terminali a forcella (superiori e inferiori) che accoglieranno da una parte gli snodi sferici che mediante un perno si colleghino alle staffe stesse, e dall'altra le barre tonde filettate di collegamento ai terminali opposti.

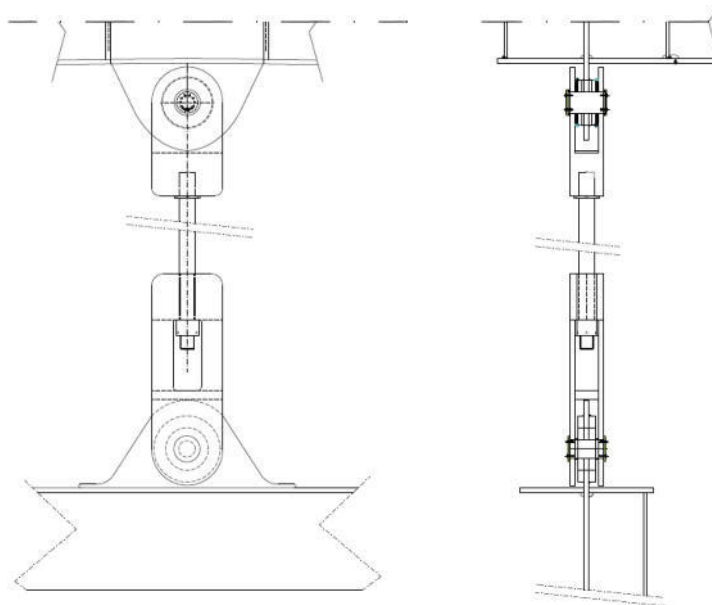


Fig. 12.13.1 – 1 Pendini per ponti ad arco

Qualsiasi altra tipologia di pendino che sarà proposta dovrà ottenere il preventivo benestare delle FERROVIE che indicherà anche la procedura di controllo della produzione da seguire qualora fossero adottate soluzioni e materiali innovativi rispetto a quanto sopraesposto.

Per i cavalcavia saranno ammessi anche pendini realizzati con teste fuse commerciali e con funi al posto delle barre tonde. In tal caso per il controllo dei nuovi materiali si farà riferimento alle relative normative vigenti in ambito europeo, mentre per il pendino assemblato si eseguirà la prova di trazione assiale statica descritta al par. 12.4.3.7 con gli stessi criteri di accettabilità.

12.13.2 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEI SINGOLI ELEMENTI

12.13.2.1 Snodi

Gli snodi dovranno essere realizzati con cuscinetti sferici oppure con calotte sferiche, commerciali o appositamente costruiti, con superfici di contatto acciaio inox/PTFE caricato con vetro oppure con superfici costituite dall'accoppiamento di acciaio inox ed altro materiale antifrizione purché quest'ultimo abbia le stesse caratteristiche oppure caratteristiche superiori, in termini di resistenza e di durabilità, rispetto al PTFE caricato con vetro. Detti snodi dovranno consentire le rotazioni progettuali per eliminare o ridurre gli effetti di forze e momenti parassiti che si possono sviluppare durante l'esercizio ferroviario.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 66 di 96

12.13.2.2 Staffe

Le staffe saranno realizzate con acciaio laminato della qualità S 275, S 355 e S460 UNI EN 10025 di qualità JR per le parti non strutturali e J2 per quelle strutturali, le stesse dovranno essere lavorate di macchina con tolleranze di precisione nelle zone in cui andranno applicati i cuscinetti ed i perni di unione con i terminali a forcetta. Qualora le staffe necessitassero di saldature strutturali per essere ancorate alle strutture del ponte, le stesse dovranno essere realizzate e controllate nel rispetto della sez. 17 del presente Capitolato.

12.13.2.3 Terminali a forcella

I terminali dovranno essere costruiti di acciaio laminato come per le staffe o con acciaio fuso della qualità GE 300 UNI EN 10250-2 normalizzato e rinvenuto. Gli stessi dovranno essere lavorati di macchina, con tolleranze di precisione, nelle zone di accoglimento dei perni. Il terminale superiore, inoltre, all'estremità di unione dei due rami della forcetta, dovrà essere filettato con filettatura ISO ottenuta per asportazione di truciolo per consentire il collegamento con le barre tonde anch'esse filettate alle estremità. Il collegamento filettato tra il terminale e la barra dovrà essere bene ingrassato adottando un grasso meccanico ad elevata durabilità.

12.13.2.4 Le barre tonde

Dovranno essere costruite con acciaio laminato oppure con acciaio forgiato della qualità S 355 J2 oppure S 460 ML (UNI EN 10025). Dette barre dovranno essere lavorate di macchina in superficie fino ad ottenere un grado di rugosità $\leq 1,2 \mu\text{m}$. Successivamente sulle due estremità, di collegamento ai terminali a forcetta, dovranno essere filettate con filettatura ottenuta per rullatura secondo la norma DIN 405.

12.13.2.5 Dado di bloccaggio delle barre

Tale elemento dovrà essere realizzato con acciaio laminato della qualità S 275, S 355 e S460 UNI EN 10025 di qualità J2, dovrà essere filettato con filettatura ISO ottenuta per asportazione di truciolo per consentire il collegamento con le barre tonde anch'esse filettate alle estremità. Il collegamento tra il dado e la barra dovrà essere bene ingrassato adottando un grasso meccanico ad elevata durabilità.

12.13.2.6 Perno

Il perno dovrà essere costruito con acciaio inossidabile del tipo X2CrNiMoCuN25-6-3 oppure X4CrNiMo 16.5.1 (UNI EN 10088). Esso dovrà essere dotato di due fori contrapposti sulle facce laterali con l'asse di foratura coincidente con l'asse longitudinale del perno per consentirne l'estrazione. Gli stessi fori dovranno essere collegati assialmente con un foro di diametro inferiore che attraverso una foratura ortogonale all'asse del perno garantirà la lubrificazione dei cuscinetti. Su ogni faccia laterale, inoltre, il perno dovrà essere dotato di tre fori praticati a 120° per accogliere il coperchio di chiusura delle testate. La superficie cilindrica del perno dovrà essere lavorata di macchina per l'accoppiamento in tolleranza H7/h6 con il cuscinetto sferico.

12.13.2.7 Viti

Tutte le viti devono essere della classe 10.9 (EN 898) protette contro la corrosione con il ciclo di dacrometizzazione. In alternativa potranno utilizzarsi viti in acciaio inossidabile con caratteristiche meccaniche idonee a sopportare, con un adeguato grado di sicurezza, le sollecitazioni progettuali.

12.13.2.8 Coperchio del perno

Il coperchio del perno dovrà essere realizzato con acciaio inossidabile del tipo X2CrNiMoCuN25-6-3 oppure X4CrNiMo 16.5.1 (UNI EN 10088). Lo stesso dovrà essere dotato di tre fori praticati a 120° per essere collegato al perno mediante viti. Inoltre la superficie interna, in prossimità della circonferenza, dovrà avere

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 67 di 96

una cava circolare per accogliere una guarnizione o-ring che consentirà la chiusura ermetica della testata del perno. Tutte le viti dovranno essere dotate di un dispositivo antisvitamento.

12.13.2.9 Scossaline parapolvere e parapioggia

Le scossaline parapolvere e parapioggia dovranno essere realizzate con gomma avente le caratteristiche indicate al par. 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato. Le scossaline dovranno essere applicate in modo da rendere sigillato nel tempo il complesso dello snodo. Pertanto l'applicazione dovrà prevedere il fissaggio di tali elementi con piatti e fascette di acciaio inossidabile della qualità X2CrNiMo17-12-2 tali da rendere il sistema completamente impermeabile e resistente alla corrosione.

12.13.2.10 Protezioni contro la corrosione delle parti metalliche

Per le protezioni delle parti metalliche si dovrà fare riferimento al punto 12.9.2.8 "Rivestimenti protettivi" della presente Sezione di Capitolato.

12.14 CONTROLLO DELLA PRODUZIONE, DEI MATERIALI E DEI DISPOSITIVI DI VINCOLO ASSEMBLATI

12.14.1 PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE

Dopo l'approvazione del progetto, il PRODUTTORE dei dispositivi dovrà produrre:

- Distinta di tutti i materiali necessari alla costruzione con l'indicazione delle quantità, delle posizioni e e del fornitore;
- Piano di Controllo Qualità (PCQ) emesso dal PRODUTTORE. Detto documento deve precisare, in forma organica, in relazione alle sequenze di fabbricazione e montaggio, l'estensione delle attività d'ispezione e prova previste, richiamandone le modalità esecutive.

Successivamente, a reperimento avvenuto dei materiali grezzi, il PRODUTTORE dovrà avanzare formale richiesta di controllo della produzione, allegando la documentazione attestante la provenienza e la qualità dei materiali nonché un programma temporale delle attività di prova.

Il controllo dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari comprenderà:

- verifica delle caratteristiche dei materiali da utilizzare.
- verifica dimensionale e prove funzionali dei dispositivi completamente assemblati secondo quanto riportato nel seguito.

Le prove di controllo della produzione potranno essere eseguite presso lo stabilimento del PRODUTTORE se fornito delle apparecchiature necessarie, tarate da Enti ufficialmente riconosciuti conformemente alle norme ed alle leggi vigenti, oppure presso laboratori accreditati da ACCREDIA.

Di regola il controllo della produzione sarà presenziato dal personale delle FERROVIE incaricato dei controlli.

Tutte le prove si eseguiranno su provini recanti il punzone del personale delle FERROVIE incaricato dei controlli riportato in fase di prelievo dei saggi.

Tutte le richieste di controllo della produzione dovranno pervenire per iscritto dal PRODUTTORE, con almeno 15 giorni di anticipo rispetto alla data prevista per le operazioni di controllo. La richiesta, da indirizzare alle FERROVIE, dovrà riportare l'indicazione completa dei materiali o dei dispositivi da collaudare.

Durante le operazioni di controllo della produzione dovranno essere messe a disposizione del personale incaricato dei controlli i mezzi e le apparecchiature necessari per l'espletamento delle operazioni di cui alla

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 68 di 96

presente procedura.

Il PRODUTTORE dovrà:

- avere un sistema interno di “controllo qualità” in grado di controllare e registrare il livello di qualità richiesto per la fornitura del materiale soggetto a controllo della produzione;
- espletare tutte le attività necessarie secondo le vigenti norme di sicurezza e le procedure di pratica comune atte ad assicurare a tutti gli interessati al controllo della produzione condizioni di lavoro sicure;
- fornire al personale incaricato dei controlli delle FERROVIE tutta la documentazione necessaria per l'identificazione e la classificazione dei materiali;
- tenere separati i materiali che hanno già superato le prove tecnologiche ed i controlli dimensionali dai materiali ancora da controllare nonché da quelli scartati.

L'unità di controllo qualità interna del PRODUTTORE dovrà certificare che i vari elementi costituenti i dispositivi di vincolo ed i coprigiunti siano ottenuti dagli elementi collaudati dal personale incaricato dei controlli delle FERROVIE (lamiera, PTFE, Inox, etc.) fornendo adeguata documentazione al riguardo.

Le operazioni di taglio dei suddetti elementi dovranno essere comunicate preventivamente per l'eventuale presenziamento del personale incaricato delle FERROVIE. Ad avvenuto controllo della produzione positivo dei materiali la ditta costruttrice potrà lavorare i vari componenti per poi presentarli al controllo funzionale completamente assemblati. La richiesta di controllo funzionale dovrà pervenire alle FERROVIE con almeno 15 giorni in anticipo rispetto alla data prevista per le operazioni di controllo.

Si precisa che qualora fossero presenti saldature strutturali dovrà essere prevista una fase di controllo intermedia per il loro controllo che si articolerà secondo le modalità e percentuali indicate nel progetto approvato dalle FERROVIE.

Al termine delle prove funzionali sui dispositivi (appoggi e ritegni) dovrà essere emessa una scheda di controllo con l'indicazione delle tipologie e del numero seriale dei dispositivi collaudati.

La scheda di controllo dovrà essere firmata sia dal responsabile del controllo qualità della ditta costruttrice sia dal personale delle FERROVIE incaricato dei controlli.

Tale scheda dovrà essere trasmessa in cantiere a corredo della fornitura per consentire al personale delle FERROVIE, di verificare la corrispondenza del prodotto collaudato con quello inviato in cantiere.

La ditta produttrice, entro 15 giorni dall'ultimazione dei collaudi funzionali, dovrà produrre, un dossier di controllo della produzione (verbale di controllo) contenente una sezione relativa al controllo dei materiali e una seconda sezione relativa al controllo funzionale. Di tale dossier, un originale ed una copia dovrà essere inviata al personale delle FERROVIE incaricato dei controlli.

Tutti i costi relativi alle prove di cui ai punti seguenti saranno a carico dell'ESECUTORE e/o PRODUTTORE.

12.14.2 CONTROLLO DELLA QUALITA' DEI MATERIALI

Tutti i materiali dovranno essere corredati di certificato di origine emesso dal PRODUTTORE, come indicato nella sezione 6 del Capitolato.

12.14.2.1 Acciaio laminato

Norme di riferimento:

- DM del Ministero delle Infrastrutture 17/01/2018;
- Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 69 di 96

- EN 10021; EN 10029; EN 10163/1,2 e 3; EN 10160; UNI EN 10025.

Il prelievo dei saggi andrà effettuato secondo quanto previsto dalle norme UNI EN ISO 377 e UNI EN 10025.1.2.

Le lamiere, piatti e larghi piatti laminati a caldo saranno costituiti da acciaio conforme a quanto riportato al paragrafo 12.9.2.5.7.

Il prodotto dovrà recare la marcatura CE ai sensi del DM del Ministero delle Infrastrutture del 17/01/2018.

12.14.2.1.1 Unità di prova e relative prove

Per ogni unità di prova, di cui alla norma UNI EN 10025.1.2, dovrà prevedersi la seguente serie di prove:

- n. 1 provetta trazione UNI EN 10002-1;
- n. 3 provette resilienza UNI EN 10045-1;
- n. 1 analisi chimica EN 10025-1 (eseguita su una sola provetta per colata).

Sul materiale potrà essere richiesto dalle FERROVIE, per casi particolari, l'esame Ultrasonoro da eseguirsi con sonde dirette a doppio cristallo secondo UNI EN 10160. Non saranno ammessi strappi e sdoppiature.

Se, in conseguenza dell'esito negativo delle prove, il materiale dovesse essere scartato anche per quanto riguarda le riprove (vedi UNI 10025.1), questo deve essere opportunamente contrassegnato e conservato sino al termine della fornitura.

12.14.2.2 Acciaio per getti

Norme di riferimento:

Il controllo avverrà in conformità a quanto previsto dalle norme UNI EN 1559-2, UNI EN 10293, UNI EN 1369, UNI EN ISO 6892, UNI EN 10045/1.

L'acciaio per getti da utilizzare dovrà essere conforme a quanto riportato al paragrafo 12.9.2.5.7.

12.14.2.2.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova è la colata. Per ogni unità di prova il PRODUTTORE dovrà presentare tutti gli appoggi muniti di un'appendice da cui saranno ricavati i saggi di prova. Le prove saranno eseguite sul 10 % dei pezzi (con un minimo di due pezzi per ogni tipologia di appoggio).

Se i risultati delle prove eseguite non dovessero essere conformi alle norme di riferimento saranno ammesse le riprove su altrettanti appoggi e, se anche in questo caso i risultati fossero negativi, la colata verrà scartata.

Per ogni colata saranno eseguite le seguenti prove:

prove distruttive:

- n. 1 provetta di trazione;
- n. 3 provette di resilienza KV;
- n. 1 provetta per analisi chimica su ogni colata.

prove non distruttive:

- controllo delle tolleranze dimensionali (UNI ISO 8062-3) ed esame visivo sul 100% degli elementi da collaudare;
- controllo ultrasonoro eseguito su tutta la superficie di almeno il 50% degli elementi da collaudare;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 70 di 96

secondo UNI EN 12680 adottando come classe di accettabilità la 2.

Indipendentemente dalla loro ampiezza e posizione, sono ritenuti inaccettabili indicazioni di difetti provenienti da cricche, strappi a caldo e difetti similari.

Nei casi dubbi relativamente a difetti superficiali o sub-superficiali, dovranno eseguirsi i seguenti ulteriori controlli non distruttivi.

- controllo con liquidi penetranti dove non saranno ammesse indicazioni lineari (cricche e strappi) di qualsiasi lunghezza. I difetti come soffiature isolate o raggruppate, porosità più o meno diffuse, saranno giudicate caso per caso anche in relazione a quanto riportato nella UNI EN ISO 23277.
- controllo magnetoscopico (UNI EN 1369) con una magnetizzazione con corrente continua o raddrizzata a semi onda. L'uso della corrente alternata dovrà essere limitato alla verifica di difetti sicuramente superficiali. Non saranno ammesse cricche, strappi a caldo, cavità di ritiro, bolle di gas affioranti ed inclusioni con indicazione massima di 5 mm e, infine, porosità con indicazione di area massima di 80 mm².

12.14.2.3 Acciaio fucinato e stampato

Normativa di riferimento:

Il controllo avverrà in conformità a quanto previsto alla norma UNI EN 10250-1-2 -3-4.

L'acciaio fucinato e stampato da utilizzare dovrà essere conforme a quanto riportato al paragrafo 12.9.2.5.7.

12.14.2.3.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova è il lotto. Per lotto si intende un insieme di prodotti fucinati o stampati provenienti dalla stessa colata, con lo stesso trattamento di fucinatura o di stampaggio nonché termico.

Il prelievo dei saggi sarà eseguito sul 10 % delle appendici da prevedere su tutti i pezzi (con numero minimo di due per ciascuna tipologia di appoggio). A scelta delle FERROVIE, tenuto conto delle difficoltà che in particolari casi si riscontrano per ottenere le appendici, il prelievo potrà essere effettuati sul prodotto finito per ogni lotto omogeneo di fornitura.

Per ogni lotto si effettuerà:

- n. 1 prova trazione;
- n. 3 prova resilienza;
- n. 1 prova per analisi chimica su ogni colata.

Saranno inoltre eseguite prove non distruttive eseguite mediante i metodi liquidi penetranti (LP), magnetico (MT), ultrasonoro (UT) in ragione del 10 % del lotto presentato a controllo, secondo le indicazioni a riguardo riportate nel progetto approvato dalle FERROVIE.

Qualora alcuni valori ottenuti dalle prove non dovessero rientrare nei limiti richiesti dalle norme, potranno effettuarsi le riprove con le modalità previste nella normativa di riferimento.

12.14.2.4 Lamiere, barre e profilati in acciaio inossidabile

Normativa di riferimento:

- UNI EN 10088-1-2-3,
- UNI EN ISO 3651-2 (metodo B).

L'acciaio inossidabile da utilizzare dovrà essere conforme a quanto riportato al paragrafo 12.9.2.5.5.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 71 di 96

12.14.2.4.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova (lotto) è costituita da prodotti provenienti dalla stessa colata aventi una massa complessiva non maggiore di 1 tonnellata.

Il materiale dovrà essere corredato di certificato di origine emesso dall'acciaieria.

Per ogni lotto dovrà prevedersi la seguente serie di prove:

N. PROVINI	PROVA	NORMATIVA
1	Trazione	UNI EN 10088-1-4-5
1	Corrosione	UNI EN ISO 3651-2 (metodo B)
1	Analisi chimica	UNI EN 10088-1-4-5
1	Rugosità	UNI-ISO 468 e 4287

Tabella 12.14.2.4.1 - 1

12.14.2.5 Prodotti finiti laminati a caldo in barre di acciaio non legato o legato speciale da bonifica (perni, spine, zanche ecc.)

Normativa di riferimento:

- UNI EN 10083/1-2-3

12.14.2.5.1 Unità di prova e relative prove

Nel caso la bonifica sia stata eseguita con impiego di trattamento termico discontinuo, l'unità di prova è costituita dal lotto di materiale proveniente dalla stessa colata, che abbia subito lo stesso trattamento ed abbia lo stesso diametro.

Nel caso la bonifica sia stata eseguita con impianto di trattamento termico continuo, l'unità di prova è costituita da un lotto di barre dello stesso diametro con le seguenti limitazioni di massa:

- acciai legati: 5 t o frazione residua;
- acciai non legati: 15 t o frazione residua.

Le provette devono essere ricavate direttamente dal prodotto finito.

Per ogni lotto sono previste le seguenti prove:

N. PROVETTE	PROVA	NORMATIVA
1	Trazione	UNI EN 10083/1-2-3 UNI EN 10002/1
3	Resilienza	UNI EN 10083/1-2-3 UNI EN 10045/1

Tabella 12.14.2.5.1 - 1

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 72 di 96

Il materiale dovrà essere accompagnato da i documenti di controllo redatti dall'acciaieria in conformità alla norma UNI EN 10204.

Questa documentazione dovrà essere correlabile all'unità di prova a mezzo di opportuna identificazione (marchiatura o etichettatura).

12.14.2.6 Bulloneria

Normativa di riferimento

- UNI EN ISO 898/2;
- UNI EN ISO 898/1.

12.14.2.6.1 Unità di prova e relative prove

Il controllo interessa solo la bulloneria che abbia funzione strutturale. Pertanto, non si prevedono prove per bulloni che abbiano solo funzione di fissaggio.

L'unità di prova è costituita dal lotto di bulloni aventi lo stesso diametro e lunghezza, provenienti dalla stessa colata e che abbiano subito gli stessi trattamenti termici.

Il numero di campioni da sottoporre a prove, espresso in percentuale del lotto sottoposto a controllo, e il tipo di prova sono riportati nella tabella sottostante.

PERCENTUALE IN CAMPIONI DA PROVARE	PROVA	NORMATIVA
1%	Trazione con appoggio a cuneo	UNI EN ISO 898-1
2%	Durezza HRC	UNI EN 20898/2 UNI EN ISO 898-1
2%	Esame dimensionale	UNI EN ISO 4759/1-2

Tabella 12.14.2.6.1 – 1

12.14.2.7 Lega in alluminio

Normativa di riferimento:

- UNI EN 573.3,
- UNI EN 755-2 (alluminio estruso),
- UNI EN 485/2 (alluminio laminato),
- UNI EN 586-2 (alluminio fucinato).

12.14.2.7.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova (lotto di fornitura avente caratteristiche di omogeneità) è costituita al massimo da 6000 kg, o frazione residua, di materiale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 73 di 96

Per ogni unità di prova dovranno eseguirsi le seguenti prove:

N. PROVINI	PROVA	NORMATIVA
1	Trazione	UNI EN 755/2 UNI EN 586-2 UNI EN 485/2 UNI EN ISO 6892
1	Analisi chimica	UNI EN 573.3

Tabella 12.14.2.7.1 – 1

Le provette per le prove di trazione dovranno essere ricavate dai prodotti finiti. I limiti d'accettabilità sono fissati dalla normativa relativa alla lega di alluminio approvata ed impiegata. Il materiale dovrà essere corredato di certificato di origine emesso dal PRODUTTORE.

12.14.2.8 PTFE

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1337-2;

Le prove dovranno avvenire in atmosfera normalizzata di 23° C e 50 % d'umidità relativa (UNI EN ISO 291) previo condizionamento dei provini per tre ore.

12.14.2.8.1 Unità di prova e relative prove

L'unità di prova è costituita da:

- numero massimo di 100 fogli per lastre ottenute da stampaggio;
- un rotolo per fogli ottenuti per stampaggio e sfogliatura.

Per ogni unità di prova si dovranno eseguire le seguenti prove:

N. PROVINI	PROVA	NORMATIVA	VALORI DI ACCETTABILITÀ
5	Densità	UNI EN ISO 1183-1	2140 -2200 Kg/m ³
5	Trazione con allungamento a rottura	UNI EN ISO 527-1-3	29-40 MPa ≥ 300%
5	Durezza	EN ISO 2039-1	23-33 MPa

Tabella 12.14.2.8.1 – 1

Il prelievo delle provette da fogli in PTFE ottenuti per stampaggio e sfogliatura dovrà avvenire in direzione trasversale alla direzione maggiore. Il prelievo delle provette potrà essere effettuato prima della nicchiatura.

Nel caso che il PTFE sia previsto incollato dovrà effettuarsi una prova di strappo innescato a 90° su incollaggio acciaio - teflon; lo strappo dovrà verificarsi ad un carico superiore a 4 N/mm (UNI 8272 - parte 6).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 74 di 96

12.14.2.9 Gomma

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1337-3 .

Le modalità da seguire per la preparazione dei campioni sono quelle descritte nella norma UNI ISO 23529, UNI ISO 4661-2.

Per l'intervallo di tempo tra la vulcanizzazione del prodotto, preparazione del campione ed esecuzione delle prove vale quanto indicato nella norma UNI ISO 23529.

Deve inoltre possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nella tabella del par. 12.9.2.5.3.

12.14.2.9.1 Unità di prova e relative prove

Le prove di norma dovranno essere effettuate con prelievo su prodotti finiti, ad esclusione della prova del modulo G sui dischi elastomerici che sarà condotta su provini secondo quanto prescritto dalla UNI EN 1337-5 . Per produzioni particolari, previo accordo con il personale delle FERROVIE incaricato dei controlli, tutte le prove meccaniche e chimiche della suddetta tabella potranno essere effettuate su placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza del prodotto finito. In tal caso dovranno prevedersi sul prodotto finito le seguenti prove di comparazione non particolarmente invasive per il prodotto stesso.

- determinazione della densità;
- determinazione dello spettro IR;
- determinazione del residuo in cenere.

In alternativa alle suddette prove di comparazione potrà essere effettuata un'analisi termo gravimetrica sul prodotto finito da confrontare con le placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza.

La percentuale di elementi finiti da provare sarà pari allo 0.5% del prodotto totale e in ogni caso almeno 1 pezzo.

12.14.2.10 Scossalina in hypalon per coprighiunti

Per le prove si fa riferimento, ove applicabili, alle stesse norme UNI richiamate per la gomma. Di seguito viene riportato il numero dei provini ed il tipo di prove da eseguire:

- n° 1 placca (150 x 200 mm) per la determinazione della resistenza all'ozono nelle stesse condizioni di prova previste per la gomma del coprighiunto;
- n° 3 provini per la determinazione della temperatura limite di fragilità a – 25 °C UNI ISO 812;
- n° 1 prova di impermeabilità all'acqua secondo UNI EN 1928;
- n° 3 provini per la determinazione della resistenza ai raggi ultravioletti.

Verrà inoltre eseguita una prova di dielettricità con le stesse modalità previste per la gomma dei coprighiunti.

12.14.2.11 Lubrificanti

12.14.2.11.1 Generalità e caratteristiche

Il lubrificante dovrà essere costituito da grasso siliconico e dovrà rispettare le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nel par. 12.9.2.5.2.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 75 di 96

12.14.2.11.2 Unità di prova

Periodicamente, a richiesta del personale incaricato dei controlli delle FERROVIE, viene effettuata la verifica della costanza di qualità del prodotto.

Per ogni unità di prova si preleva un saggio di circa 3 kg sul quale si eseguiranno le prove atte a dimostrare la rispondenza alle caratteristiche richieste.

12.14.3 CONTROLLO DEI DISPOSITIVI ASSEMBLATI

Prima del controllo funzionale dei dispositivi assemblati dovrà provvedersi al controllo delle relative contropiastre.

Il controllo dovrà prevedere i seguenti controlli da effettuarsi sul 10% dei pezzi sottoposti all'accettazione:

- Esame visivo e dimensionale.
- Controllo delle protezioni anticorrosione (spessore e aderenza).

12.14.3.1 Appoggi in acciaio con materiale antifrizione e a disco elastomerico confinato

Gli apparecchi d'appoggio completamente assemblati saranno sottoposti a controllo visivo, dimensionale e funzionale.

Per gli appoggi in acciaio - teflon si dovranno eseguire i seguenti controlli da effettuare prevedendo, per le prove funzionali, un sistema di acquisizione dati in continuo:

1. esame visivo e dimensionale, a disegno costruttivo d'officina che sarà fornito in visione al personale incaricato dei controlli, dei singoli elementi e degli appoggi completi, con riferimento a tutte le prescrizioni contenute nella UNI EN 1337;
2. rilevazione della rugosità superficiale dell'acciaio inox secondo la norma UNI EN ISO 4287. Il limite di rugosità $Ry5i$ dovrà risultare non superiore a $1 \mu m$; e la durezza deve essere compresa da 150 HV1 a 220 HV1 secondo la EN ISO 6507-2;
3. misura dello spessore del rivestimento protettivo;
4. prove di carico verticale sugli apparecchi d'appoggio da eseguirsi con l'applicazione di un carico pari ad 1,25 volte il carico nominale massimo allo SLE mantenuto costante per 5 minuti primi (15 minuti per i disco elastomerici confinati), con rilevazione della curva carico/deformazione. Verranno eseguiti in totale 2 cicli di carico ed il residuo di deformazione al termine del secondo ciclo non dovrà risultare superiore allo 0.5% dell'altezza totale dell'appoggio, fino a due superfici di materiale antifrizione, o allo 0.75% dell'altezza totale dell'appoggio con tre o più superfici di materiale antifrizione;
5. prova per la verifica della curva elastica sugli apparecchi di appoggio muniti di dispositivo a rigidità controllata. La prova consisterà nell'applicazione sull'apparecchio di appoggio di un carico verticale pari al carico permanente e di un carico orizzontale crescente, fino a superare di 2t il carico orizzontale massimo allo SLE previsto nel fuso di riferimento riportato nell'Allegato A. La curva rilevata in fase di spinta dovrà essere totalmente contenuta in detto fuso;
6. Prova di carico orizzontale sugli apparecchi di appoggio fissi e unidirezionali per la valutazione del gioco di costruzione e della resistenza meccanica dei dispositivi. La prova per la determinazione del gioco dovrà eseguirsi applicando un carico verticale di 3t ed un carico orizzontale tale da portare in contatto tutti gli elementi dell'appoggio prima in una direzione e successivamente nella direzione opposta. La prova di resistenza meccanica dovrà eseguirsi applicando il carico verticale permanente ed il carico orizzontale massimo allo SLE (incrementato del 10%) in una sola direzione. Al termine della prova di controllo del gioco, lo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 76 di 96

- spostamento totale massimo rilevato sull'appoggio dovrà essere ≤ 1 mm per i dispositivi fissi e ≤ 1.5 mm per i dispositivi unidirezionali. Dopo la prova di resistenza meccanica, tutti gli elementi dell'appoggio dovranno essere integri e privi di deformazioni permanenti o inneschi a rottura;
7. prove di scorrimento solo per gli apparecchi di appoggio unidirezionali, per la determinazione del coefficiente di attrito radente di primo distacco, nella condizione di carico permanente e di carico nominale massimo con rilevazione dei relativi diagrammi; per tali prove i valori dei coefficienti di attrito rilevati a velocità inferiore a 5 mm/min ed a temperatura ambiente dovranno essere inferiori a quelli prescritti dalla UNI EN 1337-2 per gli apparecchi con materiale antifrizione lubrificato;
 8. rilievo della resistenza d'isolamento elettrico sotto il carico nominale massimo allo SLE;
 9. smontaggio, controllo visivo e dimensionale.

Le prove e gli accertamenti, di cui ai punti 1, 2, 3 e 9, verranno eseguiti per ogni lotto di cui viene richiesto il controllo nel numero previsto dalla seguente tabella e secondo le precisazioni di seguito riportate:

Lotto omogeneo da sottoporre a controllo distinto per tipo (fisso, semifisso, unidirezionale, multidirezionale)	Numero di elementi da sottoporre alle prove
$n \leq 10$	1
$11 \leq n \leq 40$	3
$41 \leq n \leq 80$	5
$81 \leq n \leq 100$	7

Tabella 12.14.3.1 -1

Il lotto massimo per cui la ditta costruttrice potrà richiedere il controllo non dovrà eccedere i 100 appoggi con l'avvertenza che nel caso di consistenti forniture i dispositivi da collaudare dovranno essere relativi ad almeno 10 campate di viadotto.

Le prove di cui ai punti 4, 5, 6, 7 ed 8 verranno eseguite nel numero di una per ogni lotto.

12.14.3.2 Appoggi in acciaio fuso

12.14.3.2.1 Controllo dimensionale

Il controllo deve essere eseguito di norma al 100 % su tutti gli elementi, anche se eseguiti in unico esemplare o piccola serie, sulla scorta del progetto approvato.

Per la valutazione delle quote senza indicazione di tolleranza e per i sovrametalli, si farà riferimento alla UNI ISO 6325 (tolleranze di grado B sulle parti non lavorate) ed alla UNI EN 1559-2.

Il controllo delle lavorazioni d'officina verrà eseguito secondo la UNI EN ISO 4287, e secondo le prescrizioni riportate nel progetto costruttivo approvato.

Dovrà essere effettuato un controllo cinematico nella percentuale del 20% per ogni tipo di appoggio, con

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 77 di 96

valutazione della massima rotazione, per gli apparecchi di appoggio fissi e mobili, e del massimo spostamento longitudinale (positivo e negativo) dei soli appoggi mobili. Rotazioni e spostamenti dovranno essere almeno pari a quelli di progetto.

12.14.3.2.2 Caratteristiche specifiche del controllo degli appoggi premontati

Gli elementi lavorati di macchina e successivamente accoppiati, quali settori di rullo e bilancieri, dovranno essere combacianti lungo una linea; è ammessa un'aria di 0,2 mm, rilevata con apposita strumentazione, quale ad es. il calibro fisso a lame, con larghezza $S \leq 10$ mm. L'ampiezza lineare della zona di non contatto non deve risultare superiore a 5 volte la dimensione di S. Per linee di contatto di estesa ≤ 500 mm sono ammesse al massimo 3 zone di non contatto, per linee di contatto di estesa > 500 mm sono ammesse al massimo 4 zone di non contatto.

12.14.3.2.3 Riparazioni

Qualora i difetti riscontrati fossero dichiarati riparabili dal personale delle FERROVIE incaricato dei controlli, si dovrà procedere come appresso specificato:

- asportazione del difetto mediante scricatura o molatura sino alla scomparsa totale del difetto stesso. La verifica dovrà essere effettuata con controllo magnetoscopico o con liquidi penetranti;
- riporto di materiale onde ripristinare le dimensioni originarie del getto.

Quest'ultima operazione dovrà essere eseguita con la massima cura, adottando le procedure atte ad evitare gli inconvenienti tipici dei riporti di saldatura. A tale scopo occorrerà scegliere gli elettrodi in modo che i riporti abbiano le stesse caratteristiche meccaniche dei getti da riparare. Gli elettrodi dovranno essere adeguatamente essiccati ed immessi in fornelli di mantenimento. I getti dovranno essere smagnetizzati e dovrà essere praticato alla fine un trattamento di distensione adeguato.

La riparazione dovrà essere controllata con metodo ultrasonoro, ove ritenuto possibile e necessario, con metodo magnetoscopico e con liquidi penetranti.

Infine con un durometro portatile dovrà essere controllata la durezza dei getti. Lo scarto non dovrà essere superiore al 10%.

Le riparazioni dei difetti dovranno essere eseguite in presenza del personale incaricato dei controlli.

12.14.3.3 Appoggi in gomma armata

Per tali appoggi le prove funzionali da eseguire sul prodotto finito ed i parametri da rispettare, saranno quelli previsti nella normativa UNI EN 1337-3. In particolare dovranno eseguirsi:

- Prove di rigidità a compressione;
- Prove di rigidità a taglio;
- Prove di adesione gomma-metallo;
- Prova di dielettricità.

La prova di dielettricità dovrà eseguirsi sotto il carico nominale allo SLE.

La frequenza delle prove sarà di 1 campione ogni unità di volume come previsto dalla norma UNI EN 1337-3.

12.14.3.4 Dispositivi di vincolo meccanici per soli carichi orizzontali

Per tali dispositivi dovrà prevedersi una prova di carico orizzontale sia per la valutazione del gioco di costruzione che per la verifica della resistenza meccanica. La prova per la determinazione del gioco dovrà

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 78 di 96

eseguirsi applicando un carico orizzontale tale da portare in contatto tutti gli elementi del ritegno prima in una direzione e successivamente nella direzione opposta. La prova di resistenza meccanica dovrà eseguirsi applicando un carico orizzontale allo SLE pari a quello massimo di progetto incrementato del 10% in una sola direzione. Al termine della prova di controllo del gioco, lo spostamento totale massimo rilevato sul ritegno fisso dovrà essere ≤ 1 mm, mentre quello rilevato sul ritegno mobile, dovrà essere ≤ 1.5 mm. Dopo la prova di resistenza meccanica, tutti gli elementi del ritegno dovranno essere integri e privi di deformazioni permanenti o inneschi a rottura.

Inoltre, dovrà prevedersi una prova di dielettricità applicando un carico orizzontale di 5t.

Le modalità di prova e la resistenza minima accettabile saranno quelle già previste per gli apparecchi di appoggio.

12.14.3.5 Coprigiunti finiti

Il Controllo comprenderà sia il controllo dei materiali, con cui sono stati realizzati i coprigiunti, sia il controllo dei coprigiunti finiti.

Per il controllo dei materiali dovrà prelevarsi un modulo di coprigiunto per ogni lotto di fornitura da cui ricavare i provini per le prove fisico-meccaniche e chimiche. Le prove andranno condotte secondo quanto specificato nel capitolo relativo al controllo dei materiali.

Per il controllo dei coprigiunti finiti dovranno prevedersi le seguenti prove e controlli:

1. esame visivo;
2. esame dimensionale, a disegno costruttivo di omologazione che sarà fornito in visione al personale incaricato dei controlli;
3. misura degli spessori del rivestimento protettivo (gomma);
4. misura della durezza Shore sulla gomma ;
5. verifica della resistenza di isolamento elettrico dei coprigiunti.

Quest'ultima, riferita al metro di giunto, dovrà essere superiore ai valori riportati nella tabella seguente:

CONDIZIONI DI PROVA	TENSIONE DI PROVA	RESISTENZA DI ISOLAMENTO
Prova a secco	500 V	$> 100 \text{ M}\Omega$

Tabella 12.14.3.5 – 1

La resistenza di isolamento sarà rilevata con le modalità previste nelle norme CEI 15-23 “Metodi per la misura della resistività volumica e superficiale dei materiali isolanti elettrici solidi”.

La prova sarà realizzata utilizzando strumenti di misura che assicurino una precisione totale di almeno $\pm 10\%$.

La lettura sarà effettuata dopo un minuto dall'applicazione della tensione di prova.

Gli elettrodi vanno di norma applicati alle zanche. In mancanza di quest'ultime si applicherà della grafite colloidale sul giunto nei punti di misura.

L'esame di cui al punto 1) verrà eseguito sul 100 % del lotto di cui viene richiesto il controllo .

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 79 di 96

Le prove e gli accertamenti di cui ai punti 2), 3) e 4) verranno eseguite nella misura del 10% del lotto medesimo.

La prova di cui al punto 5) sarà eseguita su due campioni per ciascun lotto.

Oltre ai coprigiunti dovranno essere collaudate anche le piattabande di muretto paraballast e di camminamento con lo stesso criterio previsto per i coprigiunti.

12.14.3.6 Dispositivi dinamici di vincolo provvisorio

Si precisa che qualora fossero presenti saldature strutturali dovrà essere prevista una fase intermedia nella quale dovranno essere presentati a controllo tutti gli elementi saldati grezzi, per la esecuzione delle seguenti prove non distruttive da effettuarsi nelle percentuali indicate:

- 100 % esame visivo e dimensionale;
- 30 % magnetoscopiche (solo su saldature a cordoni d'angolo);
- 30 % ultrasuono o radiografiche (solo su saldature a piena penetrazione).

Per quanto riguarda il controllo definitivo sui ritegni sismici verranno eseguite le prove previste dalla UNI EN 15129 e le seguenti ulteriori prove:

1. esame visivo e dimensionale, a disegno costruttivo d'officina. Tali verifiche potranno eseguirsi anche prima delle operazioni finali d'assemblaggio;
2. rilevazione della rugosità superficiale dell'acciaio inox secondo le norme UNI EN ISO 4287 ;
3. misura dello spessore del rivestimento protettivo;
4. verifica delle proprietà isolanti del dispositivo. La resistenza di isolamento sarà rilevata con le modalità previste nelle norme CEI 15 - 23 "Metodi per la misura della resistività volumica e superficiale dei materiali isolanti elettrici solidi".

La prova sarà realizzata utilizzando strumenti di misura che assicurino una precisione totale di almeno ± 10 %. La lettura sarà effettuata dopo un minuto dall'applicazione della tensione di prova pari a 1000 volt e si dovrà riscontrare una resistenza di isolamento superiore ad 1 M Ω .

Gli elettrodi vanno di norma applicati alle zanche; in mancanza di queste ultime essi saranno costituiti da fogli di piombo, alluminio o stagno da applicare sulle superfici esterne degli ancoraggi opportunamente preparate in modo da assicurare un intimo contatto tra gli elettrodi e gli ancoraggi stessi.

Le prove e gli accertamenti succitati verranno eseguiti per ogni lotto di cui viene richiesto il controllo nel numero previsto dalla seguente tabella e secondo le precisazioni di seguito riportate.

LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO DISTINTO PER TIPO (FISSE E MOBILE)	NUMERO DI MECCANISMI DA SOTTOPORRE A PROVA
$n \leq 10$	1
$11 \leq n \leq 40$	3
$41 \leq n \leq 80$	5
$81 \leq n \leq 100$	7

Tabella 12.14.3.7

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 80 di 96

Il lotto massimo per cui la ditta costruttrice potrà richiedere il controllo non dovrà eccedere i 100 ritegni.
Le prove di cui ai punti 1, 2, e 3 verranno eseguite nel numero fissato nella precedente tabella.
Le prove di cui ai punti 4, 5, 6, 7 e 8 verranno eseguite nel numero di una per ogni lotto.

12.14.3.7 Dispositivi di sospensione (pendini)

Il controllo della produzione dei pendini prevede le seguenti prove funzionali di trazione assiale statica e di rotazione statica da effettuare su un pendino assemblato e prove di fatica.

12.14.3.7.1 Prova di trazione assiale statica

La prova deve essere condotta applicando un carico pari ad 1,25 volte il carico massimo allo SLE mantenuto costante per 15 minuti primi con rilevazione della curva carico/deformazione. I cicli di prova da eseguire saranno 2. La prova si considererà superata se al termine del secondo ciclo non si saranno verificati cedimenti strutturali dei singoli componenti del pendino.

12.14.3.7.2 Prova di rotazione statica

La prova dovrà essere eseguita applicando un carico assiale pari a 1,25 volte il carico massimo di progetto allo SLE. In tale condizione dovrà essere imposta al pendino una rotazione pari a $\pm$ quella massima di progetto per n° 5 cicli. La prova si considererà superata se al termine del 5° ciclo non si saranno verificati cedimenti strutturali dei singoli componenti del pendino nonché malfunzionamenti durante le rotazioni.

12.14.3.7.3 Prova di fatica

La prova sarà eseguita sottoponendo il pendino e le relative articolazioni ad una forza assiale dinamica variabile in un intervallo da definire sulla base delle sollecitazioni di progetto. La frequenza di prova sarà pari a circa 5 Hz ed il numero di cicli da eseguire sarà pari ad almeno $2 \cdot 10^6$ cicli.

La prova, sia per i ponti che per i cavalcavia, è resa obbligatoria qualora non siano disponibili i risultati di prove già eseguite su dispositivi della stessa tipologia e dimensione soggetti a carichi di fatica pari o superiori a quelli relativi all'applicazione proposta.

12.15 OPERE PROVVISORIE

I ponti provvisori, descritti nel Manuale di progettazione di Ingegneria Civile di RFI, possono essere utilizzati per l'esecuzione di lavori al corpo stradale, quali la realizzazione di sottopassi, o per altre situazioni ove si debba garantire il sostegno provvisorio del binario.

In generale possono distinguersi:

Travate provvisorie di proprietà RFI

- Travate gemelle provvisorie;
- Travate provvisorie a cassone – Ponti Bologna.

Travate provvisorie brevettate da società esterne e presenti in tariffa PM

- Ponte “Essen”;
- Ponte “Guido”.

Ponti componibili di proprietà RFI

- Ponti SE;
- Ponti SKB.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 81 di 96

Sistemi di sostegno del binario presenti in tariffa PM e brevettati da società esterne

- Sistema Essen;
- Sistema Verona.

Il montaggio, l'esercizio e lo smontaggio dei diversi sistemi di sostegno del binario dovranno essere conformi a quanto riportato nella documentazione tipologica di progetto depositata presso le FERROVIE.

L'ESECUTORE redigerà e trasmetterà alla FERROVIE, la documentazione relativa alla progettazione del sistema di sostegno del binario che intende utilizzare nel caso in esame (calcoli di stabilità e disegni). Insieme al progetto, l'ESECUTORE trasmetterà il programma secondo il quale esso intende provvedere alle operazioni di montaggio, esercizio e smontaggio, nel rispetto:

- dei tempi e delle modalità operative per la realizzazione del “Sistema di sostegno” dei binari, conformemente a quanto approvato dalla FERROVIE;
- della programmazione generale dei lavori;
- delle esigenze dell'esercizio ferroviario.

Salvo diverse indicazioni contrattuali, le FERROVIE trasmetteranno all'ESECUTORE, entro 90 gg. e prima dell'inizio delle operazioni di montaggio, tutti gli elementi necessari per la progettazione del sistema di sostegno. In particolare:

- planimetria e sezioni esecutive del sottovia;
- rilievo topografico con l'indicazione dell'asse dei binari;
- relazione geologica e geotecnica redatta sulle base delle indagini eseguite.

12.16 INFISSIONE A SPINTA DI MANUFATTI SCATOLARI

12.16.1 GENERALITA'

Gli elaborati di dettaglio del progetto esecutivo del monolite, del muro di spinta, della platea di varo, nonché di tutti gli altri elementi strutturali nonché la definizione delle modalità d'infissione, completi della documentazione per l'esecuzione dei controlli, dovranno essere presentati dall'ESECUTORE alle FERROVIE per l'approvazione.

La costruzione del manufatto deve essere eseguita a debita distanza dalla sede ferroviaria, in modo da non provocare soggezioni all'esercizio.

Il manufatto dovrà realizzarsi prevedendo l'estradosso della soletta superiore in c.a. ad una distanza dal piano del ferro fissata nel progetto esecutivo e, comunque, tali da consentire il corretto inserimento dei sistemi di sostegno del binario e di assicurare ad opera varata uno spessore minimo di ballast sotto le traverse previsto dalle specifiche ferroviarie.

Per quanto attiene alla costruzione delle opere in conglomerato cementizio si rimanda alla Sez. 6 “Opere di conglomerato cementizio e in acciaio” del presente capitolato, per quanto applicabile ai lavori di costruzione delle solette in c.a. e del monolite, così come definiti e dettagliati nel progetto.

12.16.2 PRESCRIZIONI TECNICHE

L'infissione di manufatti a spinta si rende necessaria ogni qualvolta il tracciato della linea in costruzione vada ad intersecare o ad interferire con altra opera/manufatto (strada, ferrovia, fabbricati, etc.) che non può essere spostata, definitivamente o temporaneamente, oppure nel caso in cui l'infissione sia direttamente prevista in progetto o sia richiesta dalle FERROVIE.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 82 di 96

La realizzazione di questo tipo di opera può suddividersi nelle seguenti operazioni:

- allestimento delle opere di servizio per la prefabbricazione dell'opera d'arte e per le operazioni di varo;
- allestimento fuori opera della struttura statica monolitica prefabbricata del sottopasso.

Platea di varo e muro reggispinga

Si tratta di una struttura in cls armato che, costruita su di un lato dell'opera d'arte da sottopassare, ha tre funzioni specifiche:

- costruire la base d'appoggio; in sede provvisoria, per l'allestimento dell'opera d'arte prefabbricata;
- assicurare il contrasto alla spinta oleodinamica per il varo;
- costruire il piano di scorrimento e di guida.

La costruzione della platea di varo verrà eseguita realizzando una soletta continua in c.a. con risvolti laterali in funzione di guida al manufatto che su di essa scorrerà.

All'estremità della platea (opposta al rilevato) viene ancorato un muro reggispinga di idoneo spessore il quale è chiamato a contrastare la spinta dei martinetti, nella fase di infissione, che viene uniformemente distribuita da una trave rigida in acciaio. La parete reggispinga, deve essere dimensionata prevedendo le condizioni di carico più gravose tra quelle che possono verificarsi durante le varie fasi d'infissione del manufatto e, in funzione della tipologia dell'attrezzatura di spinta da impiegarsi, prevedendo anche la presenza di forze concentrate qualora i martinetti di spinta fossero posizionati in prossimità dei piedritti del manufatto.

Realizzata la platea, è necessario prevedere tra essa e la soletta di base del monolite la presenza di opportuno "multistrato di scorrimento" avente la funzione, oltre a separare il getto di calcestruzzo, di ridurre al minimo l'attrito tra manufatto e soletta di varo per meglio guidare il monolite durante la fase iniziale di spinta. Detto multistrato, in generale, dovrà essere composto da due fogli interni di polietilene di peso minimo 200 gr/m² ed eventualmente da due fogli esterni di tessuto non tessuto (a contatto uno con la soletta di varo e, l'altro, con l'intradosso della soletta di fondazione del monolite).

Nella fase di spinta, orientativamente ogni 5 m d'avanzamento, occorrerà ricreare il contrasto ai martinetti.

Per quanto riguarda le operazioni di varo del monolite, l'ESECUTORE dovrà inviare, insieme ai disegni e calcoli, il programma secondo il quale intende provvedere alle operazioni di varo.

Monolite

Sulla platea di varo viene costruito il monolite con la sezione della testata di infissione a 45° ed il perimetro sagomato a tagliente per facilitare l'avanzamento del manufatto.

Durante l'infissione del manufatto dovrà essere garantito il mantenimento della direzione assegnata da progetto, in senso planimetrico, in modo che nel corso delle operazioni di varo non si abbia una deviazione orizzontale, rispetto la posizione di progetto, superiore all'1% (uno per cento) della lunghezza della corsa di spinta; per quanto alle variazioni di quota del monolite, non è ammesso in alcun punto dello stesso uno scostamento durante l'infissione, rispetto alle ipotesi di progetto della lunghezza della corsa di spinta superiore al 0,2% (due per mille). La pendenza trasversale del manufatto, a posizionamento avvenuto, non dovrà comunque risultare superiore al 2%. Tutte le anzidette tolleranze saranno accettate nei limiti sopraindicati solo se risulteranno compatibili con l'assetto definitivo dei binari e della sede ferroviaria.

L'ESECUTORE dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari per impedire, durante le operazioni di scavo e di avanzamento, franamenti del terreno che possano determinare cedimenti o danni alle opere sovrastanti e latitanti la zona dei lavori; particolare cura dovrà essere posta in merito nel caso in cui non sia prevista l'interruzione d'esercizio dei manufatti da sottopassare.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 83 di 96

Qualunque lavoro o prestazione si rendesse necessario per eliminare danni e inconvenienti di qualsiasi genere, causati dai lavori connessi con l'infissione e la traslazione del manufatto, sarà a totale carico dell'ESECUTORE. Qualora tale lavoro interessi la ferrovia, durante le fasi di scavo e di infissione del manufatto, i binari dovranno essere assicurati con idonee opere di sostegno.

Completamento dell'opera

Dopo la costruzione in opera delle opere in c.a, l'ESECUTORE deve provvedere alla seguente serie di controlli, prima e durante le operazioni di spinta:

- controllo posizionamento soletta in accordo al progetto;
- controllo installazione fogli di scorrimento in polietilene o prodotto equivalente;
- controllo della direzione assegnata da progetto, da eseguire ogni metro di infissione;
- controllo allineamenti finali del manufatto con certificazione che gli scostamenti riscontrati rientrino nelle tolleranze;
- controllo correttezza opere di demolizione, con indicazione degli eventuali danneggiamenti riscontrati e relativo programma di ripristini;
- controllo della corretta esecuzione dei ripristini.

Il manufatto verrà posto in opera con le quote previste nei progetti esecutivi.

Una volta posizionato il monolite, si procederà alla demolizione con martelli pneumatici della punta tagliente e a completamento dell'opera secondo i disegni di progetto.

12.17 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Con riferimento agli interventi di consolidamento più frequenti degli impalcati e dei volti dei ponti, si prescrive quanto segue:

- Per quanto riguarda i rinforzi strutturali superficiali effettuato con calcestruzzo proiettato, lo spessore dello strato di cls dovrà essere almeno 60mm e dovrà prevedersi adeguata armatura metallica. Il trasferimento dello sforzo di taglio nell'interfaccia calcestruzzo-muratura dovrà essere realizzato attraverso tasselli di taglio fissati con resina epossidica o malta di cemento in fori praticati nella parete in muratura.
- Per quanto riguarda l'iniezione di miscele, la resina epossidica dovrà essere utilizzata per il ripristino di fessure relativamente piccole (meno di 2 mm), mentre per il riempimento di grandi crepe e vuoti dovrà essere utilizzata una miscela a base di malta di cemento. Indipendentemente dal prodotto utilizzato, l'operazione di iniezione dovrà essere preceduta da un accurato lavaggio delle fessure e delle cavità da colmare con acqua, nonché da una prova di funzionalità del sistema di tubi di iniezione sempre con acqua. L'impegno di resine epossidiche per il consolidamento delle murature dei volti nei ponti ad arco, dovrà essere preceduto in ogni caso da iniezioni di miscela cementizia e dovrà essere eseguita esclusivamente all'interno della muratura, evitando con una accurata scelta della pressione di iniezione e della lunghezza dei fori, che non dovranno superare i 3/4 dello spessore del volto, la fuoriuscita di resina nel materiale di riempimento e di rinfilanco. Il diametro del foro di iniezione non dovrà essere superiore a 15 mm. Le miscele da iniettare dovranno essere realizzate mediante mescolatore meccanico idoneo a garantire la massima omogeneizzazione dei componenti. Il contenuto di acqua nella miscela dovrà essere in generale limitato al minimo indispensabile per ottenere la desiderata fluidità della miscela da iniettare. Le iniezioni dovranno essere eseguite alla pressione che sarà indicata nel progetto di intervento, in relazione al tipo e consistenza delle strutture da iniettare. In ogni caso, durante l'iniezione nelle murature si dovrà aumentare la pressione gradualmente fino a raggiungere la pressione finale o di rifiuto, con l'avvertenza di non provocare danni alle murature stesse.
- Tutte le strutture metalliche provvisorie o permanenti poste a sostegno degli impalcati (ad esempio le centinature metalliche) dovranno essere conformi a quanto indicato nella sezione II della parte II del

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 84 di 96

Manuale di progettazione delle opere civili e nella sezione 6 del presente Capitolato. Tutte le miscele cementizie impiegate negli interventi di consolidamento dovranno rispettare quanto indicato nella sezione 6 del presente Capitolato. Nella progettazione degli interventi di consolidamento dovrà rispettarsi quanto contenuto nel DM Infrastrutture del 17.01.2018, “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” e nella Circolare 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni».

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 85 di 96

ALLEGATO A - CRITERI PER L'OMOLOGAZIONE DI APPARECCHI DI APPOGGIO FISSI CON DISPOSITIVO ELASTICO PER PONTI FERROVIARI

L'omologazione degli apparecchi di appoggio con dispositivo elastico per strutture ferroviarie dovrà essere richiesta dal PRODUTTORE con apposita domanda a:

RFI
DIREZIONE TECNICA
STANDARD INFRASTRUTTURA
S.O. PONTI E STRUTTURE
Piazza della Croce Rossa 1 00161 ROMA

Tale omologazione sarà valida per apparecchi di appoggio aventi carichi massimi verticali e orizzontali compresi nell'intervallo $\pm 15\%$ di ciascuno dei carichi per cui è stata richiesta.

Alla domanda dovrà essere allegata la seguente documentazione:

1) progetto costruttivo dell'apparecchio di appoggio completo di:

A) RELAZIONE DI CALCOLO CONTENENTE:

- descrizione dell'apparecchio di appoggio;
- tabella dei carichi, sia in fase di esercizio che sismica, esplicitando la forza di frenatura relativa all'appoggio;
- elenco di tutti i materiali, sia strutturali che accessori, dell'apparecchio di appoggio con l'indicazione, per i materiali strutturali, del tipo di materiale, della relativa norma di riferimento, del carico di snervamento e del carico di rottura;
- schema di vincolo;
- verifica delle pressioni media minima e massima nel cls superiore e inferiore sotto l'azione dei carichi massimi, minimi e permanenti;
- verifiche di tutti gli elementi strutturali dell'apparecchio di appoggio, sia in fase di esercizio che in fase sismica (SLU);
- verifica a fatica del dispositivo elastico da effettuare a 2.000.000 di cicli per un'azione orizzontale pari a quella che produce il contatto del dispositivo succitato con il basamento, incrementata del 20%;
- calcolo della rigidezza del ritegno elastico dell'apparecchio di appoggio di tipo fisso;
- calcolo dei momenti parassiti;
- individuazione puntuale dei sistemi di protezione dei vari elementi dell'apparecchio di appoggio con particolare riferimento alle zone di contatto (ciclo di verniciatura, zincatura, passivazione dei materiali ecc.);

tutte le verifiche devono essere effettuate in accordo alla presente sezione di Capitolato e nel rispetto delle norme in vigore.

B) ELABORATI GRAFICI IN SCALA ADEGUATA (POSSIBILMENTE 1:1 OPPURE 1:2) CONTENENTI:

- pianta sezioni e prospetti dell'apparecchio di appoggio assemblato, completo di contropiastre, e relative quote;
- dimensioni e tolleranze di ogni singolo elemento;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 86 di 96

- particolari costruttivi quotati degli elementi assemblati;
- tipo e qualità dei materiali utilizzati e relative norme di riferimento;
- sistema di protezione dell'apparecchio di appoggio (parapolvere, raschiapolvere ecc.);
- cicli di protezione contro la corrosione;
- fasi e modalità di posa in opera.

Tutti gli elaborati di progetto dovranno essere timbrati (con il timbro dell'ordine) e firmati dal progettista

Dopo l'esame positivo della documentazione tecnica, su richiesta del PRODUTTORE, si procederà alla fase sperimentale, consistente nelle seguenti prove:

- prove di funzionamento da condurre sull'appoggio assemblato.
- Prova di carico verticale.

La prova consiste nell'applicazione sull'apparecchio di appoggio di un carico verticale, pari a 1,25 volte il carico nominale massimo di progetto, mantenuto costante per 5 minuti primi su due cicli di prova e nel rilevamento durante la prova medesima della curva carico/deformazione.

La prova verrà ripetuta nella configurazione di massima deformazione di rotazione dell'apparecchio di appoggio.

La deformazione residua rilevata alla fine dei 4 cicli di prova non dovrà risultare superiore allo 0,5% dell'altezza totale dell'appoggio.

- Prova di isolamento elettrico.

La prova dovrà essere effettuata applicando all'apparecchio di appoggio un carico verticale massimo pari a 1,25 volte il carico nominale massimo di progetto ed una tensione sulle piastre isolate pari a 1000 Volt.

La resistenza rilevata dopo un minuto dall'applicazione della tensione non dovrà essere inferiore a $1M\Omega$.

- Prova per la determinazione del massimo momento parassita

La prova dovrà essere effettuata applicando all'apparecchio di appoggio il carico verticale massimo di progetto (allo SLE) e lateralmente ad esso, una forza verticale crescente, con braccio noto, tale da imporre, all'appoggio stesso, la rotazione per la determinazione del momento parassita da confrontare con quello di progetto.

Si precisa che durante la prova dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti necessari per valutare l'entità massima del momento parassita portando, per quanto possibile, ai valori massimi i vari contributi (attrito calotta, attrito base calotta, attrito pistone-cilindro).

- Prova per la verifica delle tolleranze di costruzione dell'apparecchio d'appoggio, nonché della corsa massima e della rigidità del dispositivo elastico.

La prova consisterà nell'applicazione sull'apparecchio di appoggio di un carico verticale (allo SLE) pari al carico permanente e di un carico orizzontale crescente, fino a quello massimo di progetto (allo SLE), tale da verificare il rispetto di uno dei due fusi indicati nelle due figure seguenti.

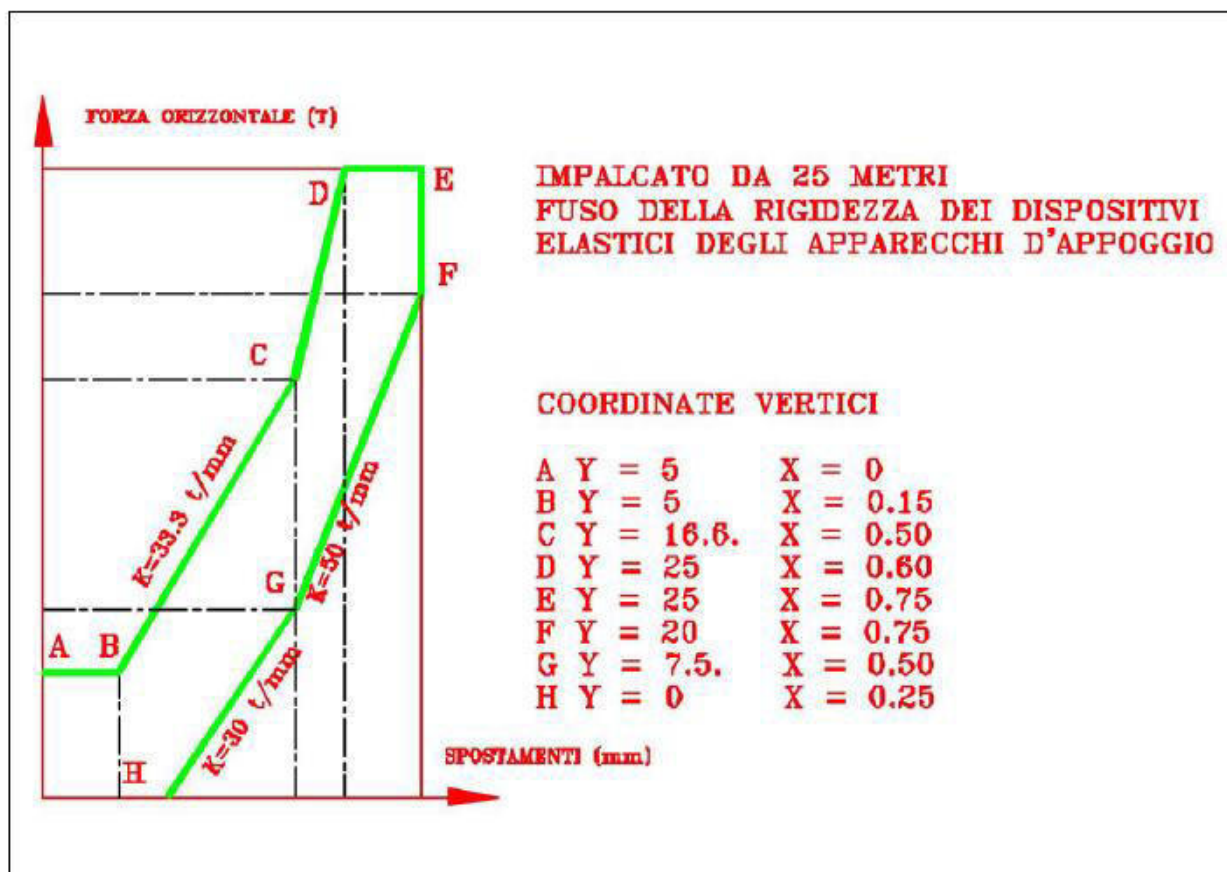


Fig.1 Fusso delle rigidezze per impalcanti da 25m.

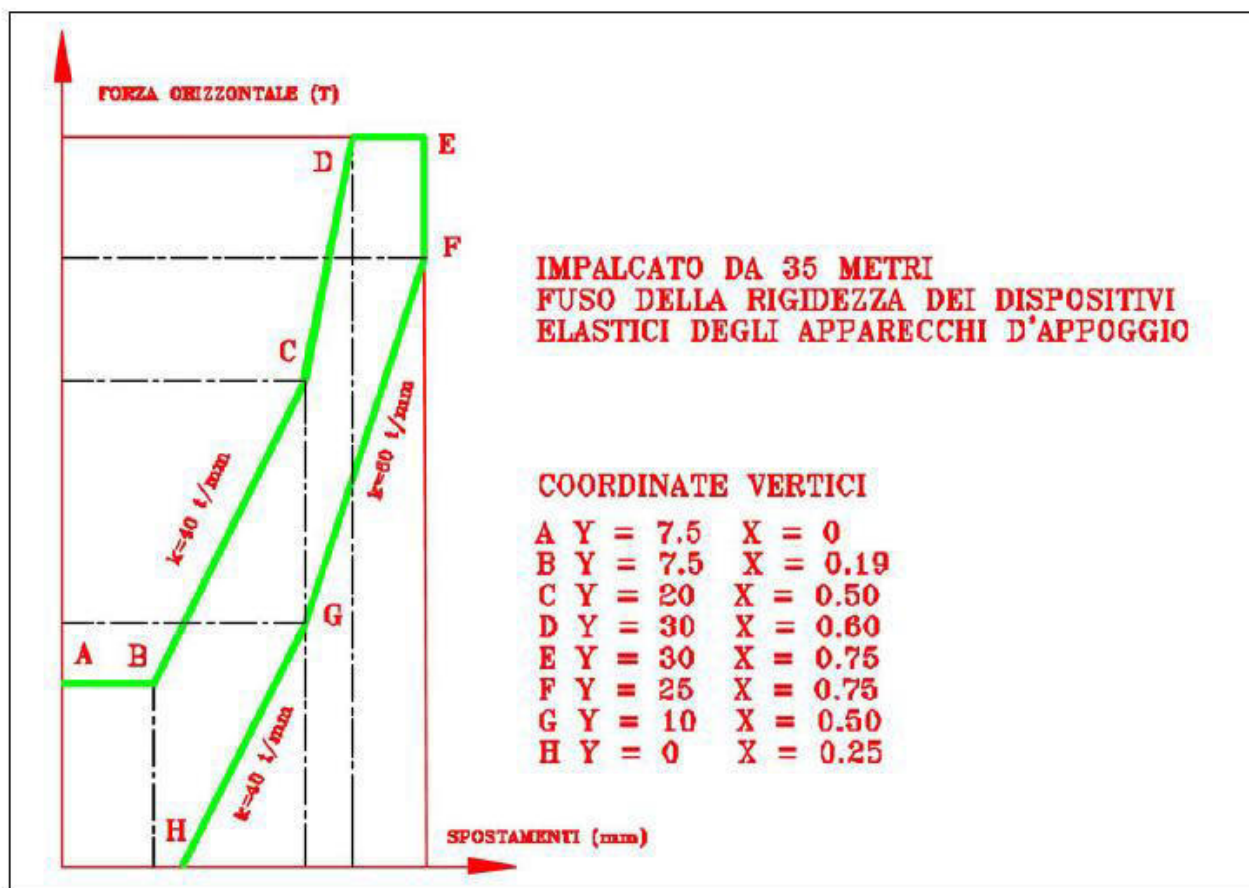


Fig.1 Fuso delle rigidezze per impalcato da 35m.

Detta prova sarà ripetuta sull'apparecchio di appoggio ruotato di $\pm 3^\circ$.

Le curve carico/deformazione rilevate dovranno essere contenute nel fuso di cui sopra.

- Prove di fatica su apparecchio di appoggio al vero.

Tali prove verranno eseguite imponendo all'apparecchio di appoggio:

- rotazioni di $\pm 0,5^\circ$ per 500.000 cicli, con frequenza non inferiore a 1 Hz, in corrispondenza della rotazione di $2,5^\circ$ sotto un carico verticale pari a quello massimo di progetto.

la sequenza di forze orizzontali cicliche, descritte nei successivi punti, la cui frequenza del ciclo non dovrà essere inferiore a 1 Hz e la cui ampiezza sarà l'intervallo zero + forza max con la seguente successione:

- 30.000 cicli sotto un carico orizzontale pari a $2/3$ del massimo sforzo di frenatura;
- 500.000 cicli sotto un carico orizzontale, pari alla forza corrispondente alla massima deformazione elastica del dispositivo, aumentata del 10%.
- 1.500.000 cicli sotto un carico orizzontale pari alla forza corrispondente alla massima deformazione elastica del dispositivo;

Dopo l'effettuazione delle prove a fatica sull'intero prototipo e prima dell'esame visivo e dimensionale,

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 89 di 96

verranno replicate le prove di cui ai precedenti punti c), d).

- Esame visivo e dimensionale.

L'esame consisterà nella verifica della corrispondenza dimensionale di tutti gli elementi dell'apparecchio di appoggio ai disegni di progetto e nel controllo dei sistemi di protezione degli elementi medesimi, con particolare riguardo alle protezioni delle superfici di contatto anello elastico-pistone.

- Prova di corrosione in nebbia salina.

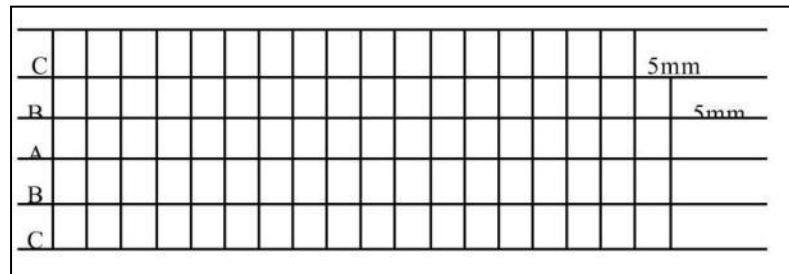
Al termine delle prove di fatica, una porzione degli elementi dell'appoggio verrà immersa in nebbia salina per 96 ore, per valutare l'efficacia delle protezioni nei confronti della corrosione durante la vita dell'appoggio.

Il dispositivo sarà qualificato se sarà conforme ai seguenti criteri di accettabilità:

Per la verifica dell'accettabilità delle protezioni contro la corrosione dei due elementi in contatto ("pistone" ed anello elastico od altro elemento) dovrà procedersi come segue.

Sulle superfici in contatto dei due elementi attestati, dopo l'effettuazione delle prove di fatica e delle prove di corrosione in nebbia salina, dovrà essere costruito o applicato con carta adesiva trasparente, un reticolo, esteso a tutta la circonferenza, costituito da n° 5 righe con celle di dimensioni 5 mm x 5 mm come di seguito indicato:

RETICOLO



Dopo la costruzione o l'applicazione del reticolo stampato su carta adesiva trasparente, verrà effettuato il controllo dei difetti ricadenti nel reticolo medesimo tenendo presente i seguenti criteri di accettabilità:

Anello elastico od altro elemento

- nelle due fasce indicate con lettera C non saranno ammessi difetti;
- nella fascia centrale del reticolo, indicata con lettera A, si accetteranno celle difettose in numero non superiore al 5% del totale sulla fascia;
- in ognuna delle due fasce indicate con lettera B, si accetteranno celle difettose in numero non superiore al 2,5 % del totale sulla fascia.

Inoltre nella zona più difettosa verrà individuato un arco di circonferenza continuo di 200 mm. Nel quale, in ognuna delle tre fasce B-A-B (ovviamente di lunghezza 200 mm.), verranno accettate celle difettose non superiori al 10 % del totale sulla fascia.

Pistone

Per tale elemento si accetteranno difetti nelle percentuali e nelle modalità indicate per l'anello elastico

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 90 di 96

maggiorate del 20 % pari cioè al 6% e al 3%.

ESEMPIO (valido per l'anello elastico od altro elemento):

diametro anello elastico: 80 cm;

lunghezza fasce: 250 cm;

n. celle per fascia: 500;

n. celle difettose accettabili in A: 25;

n. celle difettose accettabili in B: 12.

nella zona più difettosa:

lunghezza fasce: 200 cm;

n. celle per fascia: 40;

n. celle difettose accettabili in A: 4;

n. celle difettose accettabili in B: 4;

Avvertenze

A seguito del processo di omologazione di cui al presente allegato A, il PRODUTTORE dovrà predisporre un "Dossier di omologazione", contenente la documentazione tecnica e progettuale, già oggetto di positivo esame da parte delle FERROVIE, nonché i certificati di laboratorio relativi alle prove sperimentali eseguite.

A valle delle verifiche condotte sul "Dossier di omologazione" consegnato, le FERROVIE provvederanno ad emettere il certificato di omologazione di durata biennale, rinnovabile alla scadenza per ulteriori 2 anni a seguito di esplicita richiesta da parte del PRODUTTORE.

Tutte le eventuali sostituzioni o varianti, sia nelle strutture che nei materiali, che il PRODUTTORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute negli elaborati progettuali approvati dovranno essere immediatamente comunicate, indicandone le motivazioni, alle FERROVIE, che, a loro insindacabile giudizio, potranno decidere circa la necessità di una nuova omologazione.

Resta, infine, inteso che i costi relativi alle prestazioni del personale delle FERROVIE, nonché le spese di trasferta, inerenti sia la prima omologazione che i successivi rinnovi, saranno a totale carico del PRODUTTORE richiedente l'omologazione. Tali spese dovranno essere versate dal PRODUTTORE a seguito dell'accettazione del preventivo di spesa formulato dalle FERROVIE e comunque prima dell'avvio delle attività di omologazione (esame tecnico e prove sperimentali).

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 91 di 96

ALLEGATO B - CRITERI DI ACCETTAZIONE PER L'OMOLOGAZIONE DI COPRIGIUNTI PER IMPALCATI FERROVIARI

L'omologazione di coprigiunti per impalcati ferroviari dovrà essere richiesta dal PRODUTTORE con apposita domanda indirizzata a:

RFI

DIREZIONE TECNICA

STANDARD INFRASTRUTTURA

S.O. PONTI E STRUTTURE

Piazza della Croce Rossa 1 - 00161 ROMA

Alla domanda dovrà essere allegata la seguente documentazione:

- Progetto costruttivo del coprigiunto completo di elaborati grafici, in scala adeguata, relativi a:
 - elemento di coprigiunto isolato con dispositivi di ancoraggio;
 - scossalina e piattabanda di protezione per i muretti laterali paraballast e per i marciapiedi;
 - coprigiunto in opera, con la rappresentazione di tutti gli elementi costitutivi, compresi gli ancoraggi alla struttura, la scossalina, le piattabande il sistema di smaltimento delle acque meteoriche, l'impermeabilizzazione e lo strato protettivo in corrispondenza del giunto;
 - fasi e modalità di installazione con l'indicazione dei tempi tecnici necessari per ciascuna fase.
- Relazione tecnica contenente:
 - la descrizione del coprigiunto;
 - l'elenco dei materiali e relative caratteristiche tecniche (fisiche chimiche, meccaniche);
 - la descrizione delle fasi e delle modalità di installazione e le relative avvertenze;
 - la verifica del coprigiunto allo SLE sotto l'azione dei carichi permanenti ($p = 13 \text{ kN/mq}$) e di un carico accidentale (asse isolato da 350 kN, comprensivo della maggiorazione dinamica). La verifica va eseguita nella configurazione di massima escursione di esercizio;
 - la verifica del coprigiunto allo SLU sotto l'azione dei carichi permanenti ($p = 13 \text{ kN/mq}$) e di un carico accidentale (asse isolato da 200 kN, comprensivo della maggiorazione dinamica). La verifica va eseguita nella configurazione di massima escursione sismica;
 - la determinazione della reazione del coprigiunto allo scorrimento, che dovrà risultare inferiore a 9 kN/m in fase di esercizio e a $9xR_s \text{ kN/m}$ in fase sismica;
 - la determinazione della massima tensione nella gomma, che non dovrà eccedere il valore di 1,5 MPa in fase di esercizio e di $1,5xR_s \text{ MPa}$ in fase sismica (R_s = Rapporto tra lo scorrimento sismico e quello di esercizio).
- Progetto del modello, riprodotto le testate di due impalcati attigui, complete di coprigiunto, muretti paraballast, scossalina, impermeabilizzazione, strato protettivo, massicciata, drenaggio trasversale e sistema di smaltimento delle acque meteoriche. Il modello dovrà avere dimensioni tali da riprodurre fedelmente le reali condizioni di esercizio e comunque dovrà consentire l'installazione di almeno 1,5 ml di coprigiunto e della piattabanda sui muri paraballast e dovrà essere lungo almeno 1,8 m. Dovranno inoltre essere descritte e rappresentate le apparecchiature occorrenti per l'esecuzione delle prove di funzionamento del coprigiunto. La massicciata dovrà essere costituita da uno strato di 10 cm di pietrischetto, delle dimensioni comprese tra 10 e 25 mm, sul quale dovrà essere dispersa della sabbia fine in quantità pari a 30 Kg/mq; da un secondo strato di 40 cm di pietrisco delle dimensioni comprese tra 3 e 6 cm.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 92 di 96

- Relazione tecnica della prova di simulazione sismica.

I disegni dovranno riportare le escursioni massime e minime del coprigiunto nonché l'ampiezza del varco a riposo.

Dovranno inoltre essere indicate le quote di ogni singolo particolare o elemento costruttivo e le relative tolleranze, nonché il tipo e la qualità dei materiali, compresi i collanti.

Dopo l'esame della documentazione tecnica si procederà alla fase sperimentale, consistente nei seguenti controlli e prove:

Esame visivo e dimensionale.

L'esame consisterà nella verifica della corrispondenza dimensionale del coprigiunto e delle piattabande ai disegni di progetto, nel controllo dell'esecuzione a regola d'arte, nonché nella verifica della rispondenza del modello e dell'apparecchiatura di prova agli elaborati presentati.

Montaggio del coprigiunto.

Il montaggio del coprigiunto sul modello e la posa in opera della massiciata dovrà avvenire alla presenza di funzionari delle FERROVIE.

Tutte le fasi di montaggio del modello, lo svanamento nonché la situazione a fine prova dovranno essere rappresentate da un'adeguata documentazione fotografica.

Prova di isolamento elettrico.

La prova consisterà nella misura della resistenza di isolamento, che sarà rilevata con le modalità CEI 15-23, "Metodi per la misura della resistività volumica e superficiale dei materiali elettrici solidi", sul modello dopo il montaggio del coprigiunto ma prima della posa in opera del pietrisco.

La prova avrà esito positivo se la resistenza d'isolamento, riferita al metro di giunto, misurata applicando gli elettrodi alle due zanche di ancoraggio contrapposte mediane, dopo un minuto di tensione di prova, avrà il valore indicato in tabella

	TENSIONE DI PROVA	RESISTENZA DI ISOLAMENTO
PROVA A SECCO	500V	100MΩ

Prove di funzionamento.

Le prove di funzionamento, consistono in:

- Rilievo della reazione massima del coprigiunto senza ballast (se significativa).

La reazione sarà rilevata, depurata delle resistenze passive dell'attrezzatura, sul modello prima della posa del pietrisco e del relativo sistema di contenimento.

Il valore massimo sarà ricavato quale media dei valori rilevati su 20 cicli di escursione effettuati alla velocità di 2 mm/sec e dovrà risultare inferiore a 9 KN/m per scorrimenti di esercizio e alla reazione di progetto per gli scorrimenti di tipo sismico.

- Prove funzionali per verificare il comportamento del giunto in presenza di ballast.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 93 di 96

In condizioni di esercizio.

Le prove funzionali saranno effettuate sul modello completo di massiciata e di zavorra equivalente all'armamento.

Prova di sollevamento per simulare la sostituzione degli apparecchi di appoggio di un impalcato.

La prova consisterà nel muovere verticalmente il modello in modo da realizzare un dislivello tra le due testate di ± 50 mm nelle condizioni di massima e minima apertura del giunto in fase di esercizio e dopo la posa in opera del pietrisco.

Tali operazioni dovranno essere ripetute 3 volte ciascuna.

L'esito delle prove sarà ritenuto positivo se, dopo lo svanimento, il coprighiunto avrà mantenuto le proprie caratteristiche geometriche, se non presenterà deformazioni residue, abrasioni o danneggiamenti che possano pregiudicarne la funzionalità e la durabilità e se non si saranno verificate fuoriuscite di pietrisco o intrusioni di materiale minuto tra gli elementi costitutivi o tra il coprighiunto medesimo e il supporto.

Prova di escursione del coprighiunto.

La prova si effettuerà realizzando due serie da 100 cicli di escursione nelle condizioni di esercizio con velocità media di 2mm/sec.

In condizioni sismiche

Le prove funzionali saranno effettuate sul modello completo di massiciata e di zavorra equivalente all'armamento.

Tra le due serie di cicli di escursione nelle condizioni di esercizio saranno eseguiti 30 cicli di escursione nelle condizioni sismiche definite per lo SLD alla velocità di 2 mm/sec.

- Prova di tenuta all'acqua.

Il modello dovrà essere irrorato simulando, con acqua colorata, una pioggia battente, con indice pluviometrico pari a 50 mm/h per 3 ore.

L'esito della prova sarà positivo se l'eliminazione dell'acqua avverrà esclusivamente dal sistema di smaltimento, senza che si verifichino percolazioni lungo le testate del modello degli impalcati.

- Prova di deformabilità verticale del giunto (se significativa)

Tale prova consisterà nel misurare lo spostamento verticale massimo della superficie superiore del ballast nel corso di un ciclo di escursione sismica nei due casi di varco chiuso con coprighiunto e varco chiuso con lamiera d'acciaio. La differenza tra i due valori misurati sarà ritenuta accettabile se inferiore a 10 mm. La prova dovrà essere effettuata su modello completo di ballast e armamento o in alternativa con ballast e zavorra pari al peso dell'armamento. Tale prova sarà effettuata se, progettualmente, il cinematismo del giunto evidenzia che si può verificare un innalzamento del ballast superiore a 10 mm.

Sequenza delle prove funzionali

Con riferimento alle prove funzionali sopra descritte si precisa la relativa sequenza:

Modello senza ballast:

- prova di isolamento elettrico.

Modello con ballast:

- prova di sollevamento 3 cicli;
- prova di scorrimento di esercizio 100 cicli;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 94 di 96

- prova di scorrimento sismico 30 cicli;
- prova di scorrimento di esercizio 100 cicli;
- prova di tenuta all'acqua;
- misura spostamento verticale del ballast con varco chiuso dal giunto;
- misura spostamento verticale del ballast con varco chiuso da lamierino.

Prove tecnologiche.

Il PRODUTTORE dovrà avanzare, con almeno 15 gg di preavviso, formale richiesta alle FERROVIE per il prelievo dei provini e per l'esecuzione delle prove tecnologiche sui materiali.

Le prove consisteranno in:

- Prove di adesione al supporto, per le quali dovranno essere prelevate:
 - n° 3 provette per la prova di strappo innescato a 90° su elementi accoppiati mediante incollaggio (UNI 8272 parte 6). Lo strappo dovrà verificarsi ad un carico superiore a 3 N/mm (l'incollaggio dovrà essere effettuato in presenza dell'incaricato di FERROVIE);
 - n° 3 provette piane (UNI ISO 813) per la determinazione delle caratteristiche dell'accoppiamento gomma-metallo mediante vulcanizzazione; l'accoppiamento dovrà essere effettuato in presenza dell'incaricato delle FERROVIE e dovrà garantire una resistenza allo strappo superiore a 10 N/mm;
- Prove sui materiali.

Per tali prove si farà riferimento alle normative di seguito elencate:

Laminati piatti: (UNI EN 10025.1.2)

Dovranno essere prelevati n° 1 provino per la determinazione del:

- carico unitario di snervamento;
- carico unitario di rottura;
- allungamento a rottura.

Acciai inossidabili (tipo X5 Cr Ni Mo 17/12-2 oppure X2 Cr Ni Mo 17/12-2)

UNI EN ISO 6892-1, UNI EN ISO 3651-2 (metodo B) UNI EN ISO 3651-1, UNI EN 10088-1

Esecuzione su n° 1 provino delle seguenti prove:

- carico unitario di scostamento dalla proporzionalità allo 0,2 %;
- carico unitario a rottura;
- allungamento a rottura.
- Analisi chimica per la determinazione del contenuto di:
C, Mn, S P, S, Cr, Ni, Mo (n° 1 provino).

Prova di corrosione (n° 1 provino) UNI EN ISO 3651-2, UNI EN ISO 3651-1

Gomma del coprigiunto

Le caratteristiche fisico-meccaniche dovranno essere quelle riportate nel paragrafo 12.9.2.5.3 della presente sezione di Capitolato.

Il prelievo dei campioni dovrà avvenire, in presenza dell'incaricato delle FERROVIE, all'atto della vulcanizzazione dei coprighiunti da provare, utilizzando placche provenienti dal lotto di mescolanze utilizzate per la preparazione dei coprighiunti stessi, curando che le condizioni di vulcanizzazione siano paragonabili a quelle del prodotto finito.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 95 di 96

Le modalità da seguire per la preparazione dei campioni sono quelle descritte nella UNI ISO 23529.

Per l'intervallo di tempo tra la vulcanizzazione del prodotto, preparazione del campione ed esecuzione delle prove, vale quanto indicato nella UNI ISO 23529.

Di seguito vengono riportati il numero dei provini ed il tipo di prova da eseguire.

- n° 3 provini ricavati dalla gomma tal quale per la determinazione della durezza Shore A3, UNI EN ISO 868; n° 3 provini, ISO 37 tipo 2, ricavati dalla gomma tal quale, per la determinazione dell'allungamento e della resistenza a rottura;
- n° 3 provini ISO 815, ricavati dalla gomma tal quale, per la determinazione della deformazione residua, dopo compressione del 25% per 24 h a 70° C;
- n° 3 provini ricavati dalla gomma tal quale per la determinazione della durezza Shore A3, UNI EN ISO 868, dopo invecchiamento a 70° C per 96 h;
- n° 3 provini, ISO 37 tipo 2, ricavati dalla gomma tal quale, per la determinazione dell'allungamento e della resistenza a rottura, dopo invecchiamento a 70° C per 96 h;
- n° 1 placca (150 x 200 mm) tal quale per ricavare i provini piani (strisce di larghezza 20 mm) per la determinazione della resistenza all'ozono secondo ISO 1421-1. Le condizioni di prova dovranno essere quelle riportate nel prospetto 1 della UNI EN 1337-3 e cioè:
 - allungamento imposto 30% ;
 - temperatura di prova 40 °C ± 2 °C;
 - durata del trattamento 96 h.

La prova dovrà essere eseguita su provini condizionati come indicato nella UNI 6067-1. Nessuna screpolatura dovrà risultare visibile ad occhio nudo.

- n° 3 provini per la determinazione della temperatura limite di fragilità a -25 °C (UNI ISO 812).

Gomma della scossalina

Per le prove si fa riferimento, ove applicabili, alle stesse norme richiamate per la gomma del coprigiunto.

Di seguito viene riportato il numero dei provini ed il tipo di prove da eseguire:

- n° 3 provini per la determinazione della durezza Shore A3, UNI EN ISO 868;
- n° 3 provini per la determinazione della durezza Shore A3, UNI EN ISO 868, dopo invecchiamento a 70 °C per 96 h;
- n° 3 provini tipo 1, ISO 37 tipo 2, per la determinazione dell'allungamento e della resistenza a rottura, dopo invecchiamento a 70 °C per 96 h;
- 1 placca (150 x 200 mm) per la determinazione della resistenza all'ozono nelle stesse condizioni di prova previste per la gomma del coprigiunto;
- n° 3 provini per la determinazione della temperatura limite di fragilità a - 25° C (UNI ISO 812);
- n° 1 prova di impermeabilità all'acqua secondo UNI EN 1928.

Nel caso vengano utilizzati materiali alternativi, da indicare nel progetto, le prove verranno eseguite in conformità alle prescrizioni contenute nelle relative norme UNI o, in mancanza di queste, in conformità ad eventuali norme estere. Si precisa comunque che i materiali alternativi dovranno avere caratteristiche almeno uguali a quelle dei materiali previsti nella presente Specifica.

Avvertenze

A seguito del processo di qualifica di cui al presente allegato B, il PRODUTTORE dovrà predisporre un "Dossier di omologazione", contenente la documentazione tecnica e progettuale, già oggetto di positivo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 12	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 002 C	FOGLIO 96 di 96

esame da parte delle FERROVIE, nonché i certificati di laboratorio relativi alle prove sperimentali eseguite.

A valle delle verifiche condotte sul “Dossier di omologazione” consegnato, le FERROVIE provvederanno ad emettere il certificato di omologazione di durata biennale, rinnovabile alla scadenza per ulteriori 2 anni a seguito di esplicita richiesta da parte del PRODUTTORE.

Tutte le eventuali sostituzioni o varianti, sia nelle strutture che nei materiali, che il PRODUTTORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute negli elaborati progettuali approvati dovranno essere immediatamente comunicate, indicandone le motivazioni, alle FERROVIE, che, a suo insindacabile giudizio, potranno decidere circa la necessità di una nuova omologazione.

Resta, infine, inteso che i costi relativi alle prestazioni del personale delle FERROVIE, nonché le spese di trasferta, inerenti sia la prima omologazione che i successivi rinnovi, saranno a totale carico del PRODUTTORE richiedente l'omologazione. Tali spese dovranno essere versate dal PRODUTTORE a seguito dell'accettazione del preventivo di spesa formulato dalle FERROVIE e comunque prima dell'avvio delle attività di omologazione (esame tecnico e prove sperimentali).

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE
OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 14
BARRIERE ANTIRUMORE**

- 14.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 14.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 14.3 DEFINIZIONI
- 14.4 ABBREVIAZIONI
- 14.5 ONERI GENERALI
- 14.6 ELEMENTI E MATERIALI COSTITUENTI LE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI
- 14.7 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI
- 14.8 PROVE
- 14.9 PROCEDURA PER L'OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI
- 14.10 ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA IN CANTIERE
- 14.11 CONTROLLI IN OPERA
- 14.12 COLLAUDO
- 14.13 TIPOLOGIE DI BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica tecnica	Autorizzazione
A	22/12/17	Emissione per applicazione	A. Rabotti	C. Giangrande	F. Iacobini
B	21/12/18	Emissione per applicazione	A. Rabotti	C. Giangrande	F. Iacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 2 di 51

INDICE

14.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	5
14.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
14.2.1	NORMATIVA EUROPEA.....	5
14.2.2	NORMATIVA NAZIONALE.....	8
14.2.3	NORMATIVA FERROVIARIA.....	9
14.2.4	DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	9
14.3	DEFINIZIONI.....	9
14.4	ABBREVIAZIONI	11
14.5	GENERALITA'	12
14.6	ELEMENTI COSTITUENTI LE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI.....	13
14.6.1	PREMESSA.....	13
14.6.2	PANNELLI.....	13
14.6.2.1	PANNELLI IN ACCIAIO INOX.....	13
14.6.2.2	PANNELLI IN CEMENTO ARMATO.....	17
14.6.2.3	PANNELLI IN VETRO.....	18
14.6.2.4	PANNELLI REALIZZATI CON ALTRI MATERIALI O CON SOLUZIONI INNOVATIVE.....	18
14.6.3	MONTANTI.....	19
14.6.3.1	MONTANTI METALLICI.....	19
14.6.3.2	MONTANTI IN MATERIALI DIVERSI	19
14.6.4	ACCESSORI	19
14.6.4.1	ACCESSORI METALLICI	19
14.6.4.2	GUARNIZIONI.....	21
14.6.5	PORTE DI SERVIZIO	23
14.7	CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE	23
14.7.1	CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEI PANNELLI.....	23
14.7.1.1	PANNELLI FONOASSORBENTI	24
14.7.1.2	PANNELLI NON FONOASSORBENTI	25
14.7.2	CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLA BARRIERA	25
14.7.3	CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE DELLA BARRIERA.....	25
14.7.3.1	PREMESSA	25
14.7.3.2	CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE BARRIERE.....	25
14.7.3.2.1	Geometria delle barriere.....	25
14.7.3.2.2	Sentiero pedonale e Vie di accesso.....	25
14.7.3.2.3	Sistemazione del corpo stradale.....	26
14.7.3.2.4	Particolarità costruttive delle barriere.....	26
14.7.3.2.5	Barriere sui ponti	26
14.7.3.2.6	Tolleranze di costruzione e montaggio.....	27
14.7.3.2.7	Protezione elettrica.....	27

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 3 di 51

14.7.3.2.8	Protezione ambientale.....	27
14.8	PROVE.....	29
14.8.1	PROVA DI FONOASSORBIMENTO	29
14.8.2	PROVA DI FONOISOLAMENTO	29
14.8.3	ACCETTABILITA' PROVVISORIA DELLA BARRIERA	29
14.8.4	PROVA DI DETERMINAZIONE DEL PESO PROPRIO	30
14.8.5	PROVA DI STABILITA'	30
14.8.6	PROVA DI IMPATTO	30
14.8.7	PROVA A FATICA	30
14.8.7.1	OGGETTO DELLA PROVA.....	30
14.8.7.2	ESEMPIO DI ATTREZZATURA DI PROVA	31
14.8.7.3	CAMPIONI DA SOTTOPORRE A PROVE.....	31
14.8.7.4	PROCEDURA DI PROVA.....	32
14.8.7.4.1	Test a flessione	32
14.8.7.4.2	Test a torsione.....	32
14.8.7.5	CRITERI DI ACCETTAZIONE.....	33
14.8.7.6	RAPPORTO DI PROVA.....	33
14.9	PROCEDURA PER L'OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI	37
14.9.1	VALIDITÀ E LIMITI DELL'OMOLOGAZIONE	38
14.10	ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA IN CANTIERE	39
14.10.1	PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE	39
14.10.2	PANNELLI.....	40
14.10.2.1	CONTROLLO DEI PANNELLI IN ACCIAIO INOX FINITO	41
14.10.2.2	CONTROLLO DEI PANNELLI IN CEMENTO ARMATO FINITO	41
14.10.2.3	CONTROLLO DEI PANNELLI IN VETRO FINITO	42
14.10.2.4	CONTROLLO DEI MATERIALI COSTITUENTI I PANNELLI	43
14.10.2.4.1	Acciaio inox.....	43
14.10.2.4.2	Acciaio zincato e verniciato.....	44
14.10.2.4.3	Gomma (EPDM).....	44
14.10.2.4.4	Bulloneria	45
14.10.2.4.5	Lana minerale	45
14.10.2.4.6	Polipropilene	46
14.10.2.4.7	Acciaio per cemento armato e calcestruzzo.....	46
14.10.2.4.8	Vetro.....	46
14.10.3	MONTANTI, BULLONI E TIRAFONDI	46
14.10.3.1	CONTROLLO DEI MATERIALI.....	46
14.10.3.2	CONTROLLO SUL MONTANTE FINITO	47
14.11	CONTROLLI IN OPERA	48

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 4 di 51

14.12	COLLAUDO	48
14.12.1	COLLAUDO STATICO	49
14.12.2	COLLAUDO ACUSTICO	49
14.12.2.1	PROVA DI PERDITA PER INSERZIONE (INSERTION LOSS) DELLA BARRIERA IN OPERA (ACCETTABILITÀ DEFINITIVA).....	49
14.12.2.2	VERIFICHE POST OPERAM DELL'AVVENUTA MITIGAZIONE	50
14.13	TIPOLOGIE DI BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI.....	50
14.13.1	BARRIERA STANDARD TIPO "HS"	50
14.13.2	BARRIERE VEGETALI	51

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 5 di 51

14.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Lo scopo della presente sezione di Capitolato è:

- definire i materiali e le caratteristiche, costruttive, acustiche e funzionali, delle barriere antirumore ferroviarie e dei componenti che la costituiscono;
- definire le metodologie di prova per la verifica della conformità delle barriere e dei componenti alle prescrizioni di legge, alle specifiche ferroviarie e ai requisiti progettuali;
- fornire una procedura per l'omologazione sia della pannellatura ("sistema pannello – guarnizioni – fissaggi ai montanti e modalità di messa in opera") sia del "sistema barriera antirumore";
- indicare le modalità per l'accettazione delle forniture in cantiere;
- definire le prove finalizzate al collaudo acustico delle barriere antirumore;
- descrivere le tipologie di barriere antirumore standard per impieghi ferroviari.

La presente sezione di Capitolato si applica alle barriere antirumore da realizzare ai lati di linee ferroviarie.

Essa dovrà essere richiamata nei contratti, nei capitolati d'appalto, nelle specifiche di costruzione e nelle convenzioni con gli Enti, aventi per oggetto la realizzazione di barriere antirumore ferroviarie.

Questo documento recepisce, limitatamente alle parti trattate nel presente Capitolato, i seguenti documenti:

- Disciplinare Tecnico per Barriere Antirumore per impieghi ferroviari Ed. '98 e s.m.i;
- Procedura per la omologazione delle barriere antirumore per impieghi ferroviari (di cui alla nota RFI-DIN\A\0011\P\2008\0000721 del 8.04.2008).

14.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

Tali documenti sono da intendersi nello stato di revisione vigente, e con le successive modifiche ed integrazioni.

14.2.1 NORMATIVA EUROPEA

- Direttiva 97/69/CE della Commissione del 5 dicembre 1997, Recante ventitreesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE del Consiglio concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose;
- ISO 34-1:2010, Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of tear strength -- Part 1: Trouser, angle and crescent test pieces;
- UNI ISO 188:2012, Gomma vulcanizzata o termoplastica - Prove di invecchiamento accelerato e di resistenza al calore;
- UNI EN 206:2014, Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
- UNI ISO 247:2014, Gomma - Determinazione della cenere;
- UNI EN 356:2002, Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza - Prove e classificazione di resistenza contro l'attacco manuale;
- UNI EN ISO 354:2003, Acustica - Misura dell'assorbimento acustico in camera riverberante;
- UNI EN ISO 527-1:2012, Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Parte 1: Principi generali;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 6 di 51

- UNI EN ISO 527-2:2012, Materie plastiche - Determinazione delle proprietà a trazione - Parte 2: Condizioni di prova per materie plastiche per stampaggio ed estrusione;
- UNI ISO 812:2017, Gomma vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della fragilità a bassa temperatura;
- UNI EN ISO 898-1:2013, Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine;
- UNI EN ISO 898-2:2012, Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine;
- UNI EN ISO 1183-1:2013, Materie plastiche - Metodi per la determinazione della massa volumica delle materie plastiche non alveolari - Parte 1: Metodo ad immersione, metodo del picnometro in mezzo liquido e metodo per titolazione;
- UNI ISO 1431-1:2013, Gomma vulcanizzata o termoplastica - Resistenza al deterioramento in ozono - Parte 1: Prova in condizioni di deformazione statiche e dinamiche;
- UNI EN ISO 1461:2009, Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova
- UNI EN ISO 1519:2011, Pitture e vernici - Prova di piegatura (mandrino cilindrico);
- UNI EN ISO 1520:2007, Pitture e vernici - Prova di imbutitura;
- UNI EN 1794-1:2018, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Prestazioni non acustiche - Parte 1: Prestazioni meccaniche e requisiti di stabilità;
- UNI EN ISO 2409:2013, Pitture e vernici - Prova di quadrettatura;
- UNI ISO 2781:2018, Gomma, vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della massa volumica;
- UNI EN ISO 2808:2007, Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film;
- UNI EN ISO 3231:1999, Pitture e vernici - Determinazione della resistenza alle atmosfere umide contenenti diossido di zolfo;
- UNI EN ISO 3651-2:2000, Determinazione della resistenza alla corrosione intergranulare degli acciai inossidabili - Acciai inossidabili ferritici, austenitici ed austenitici- ferritici (duplex) - Prova di corrosione in ambienti contenenti acido solforico
- UNI EN ISO 4624:2016, Pitture e vernici – Test di trazione (pull-off test) per adesione
- UNI EN ISO 4628-2:2016, Pitture e vernici – Valutazione del degrado dei rivestimenti - Designazione della quantità e della dimensione dei difetti e della intensità delle alterazioni uniformi dell'aspetto – Parte 2: Valutazione del grado di formazione di bolle (blistering);
- UNI EN ISO 4628-3:2016, Pitture e vernici – Valutazione della degradazione dei rivestimenti - Designazione della quantità e della dimensione dei difetti e della intensità nelle alterazioni uniformi dell'aspetto – Parte 3: Valutazione del grado di ruggine (rusting)
- UNI EN ISO 4628-4:2016, Pitture e vernici – Valutazione della degradazione dei rivestimenti - Designazione della quantità e della dimensione dei difetti e della intensità nelle alterazioni uniformi dell'aspetto – Parte 4: Valutazione del grado di screpolatura;
- UNI EN ISO 4628-5:2016, Pitture e vernici – Valutazione della degradazione dei rivestimenti - Designazione della quantità e della dimensione dei difetti e della intensità nelle alterazioni uniformi dell'aspetto – Parte 5: Valutazione del grado di sfogliamento
- UNI ISO 4650:2013, Gomma - Identificazione - Metodi spettrometrici nell'infrarosso;
- UNI ISO 4661-2:1990, Elastomeri: Prove su vulcanizzati. Preparazione di campioni e di provini. Prove chimiche;
- UNI EN ISO 6892-1:2016, Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 7 di 51

- UNI EN ISO 6272-1:2013, Pitture e vernici - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto) - Parte 1: Prova con massa cadente con punzone di larga superficie;
- UNI EN ISO 6272-2:2013, Pitture e vernici - Prove di deformazione rapida (resistenza all'urto) - Parte 2: Prova della caduta di un peso con punzone a superficie ridotta;
- UNI EN ISO 7089:2001, Rondelle piane - Serie normale - Categoria A;
- UNI ISO 7619-1:2011, Gomma, vulcanizzata o termoplastica - Determinazione della durezza di penetrazione - Parte 1: Metodo mediante durometro (durezza Shore);
- ISO 7724-3:1984, Paints and varnishes - Colorimetry - Part 3: Calculation of colour differences;
- UNI EN ISO 9227:2017, Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
- UNI EN 10025-1:2005, Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10025-2:2005, Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10080:2005, Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità;
- UNI EN 10088-1:2014, Acciai inossidabili - Parte 1: Lista degli acciai inossidabili;
- UNI EN 10088-2:2014, Acciai inossidabili - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere, dei fogli e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali;
- UNI EN 10088-3:2014, Acciai inossidabili - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura dei semilavorati, barre, vergella, filo, profilati e prodotti trasformati a freddo di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali;
- UNI EN 10204:2005, Prodotti metallici - Tipi di documenti di controllo;
- UNI EN ISO 10684:2005, Elementi di collegamento - Rivestimenti di zinco per immersione a caldo;
- UNI EN 12504-2:2012, Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 2: Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico;
- UNI EN 13501-1:2009, Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco;
- UNI EN ISO 15630-1:2010, Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili;
- UNI EN ISO 15630-2:2010, Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti saldate;
- UNI EN 16272-1:2012, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 1: Caratteristiche intrinseche - Assorbimento acustico in laboratorio in condizioni di campo diffuso;
- UNI EN 16272-2:2012, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 2: Caratteristiche intrinseche - Isolamento acustico per via aerea in laboratorio in condizioni di campo diffuso;
- UNI EN 16272-3-1:2012, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 3-1: Spettro normalizzato del rumore ferroviario e indice di valutazione per applicazioni in campo diffuso;
- UNI EN 16272-3-2:2014, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 3-2: Spettro normalizzato del rumore ferroviario e indice di valutazione per applicazioni in campo diretto

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 8 di 51

- UNI CEN/TS 16272-5:2014, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 5: Caratteristiche intrinseche - Valori "in situ" della riflessione sonora nelle condizioni di campo acustico diretto;
- UNI EN 16272-6:2014, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Metodo di prova per determinare la prestazione acustica - Parte 6: Caratteristiche intrinseche - Valori in situ dell'isolamento acustico per via aerea in condizioni di campo acustico diretto;
- UNI EN 16727-1:2018, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Prestazioni non acustiche - Parte 1: Prestazioni meccaniche sotto carichi statici - Calcolo e metodo di prova;
- UNI EN 16727-2-2:2016, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Prestazioni non acustiche - Parte 2-2: Prestazioni meccaniche sotto carichi dinamici causati dalla circolazione ferroviaria - Metodo di calcolo
- UNI EN 16727-3:2017, Applicazioni ferroviarie - Binario - Barriere antirumore e dispositivi correlati che agiscono sulla propagazione del suono per via aerea - Prestazioni non acustiche - Parte 3: Requisiti generali per la sicurezza e l'ambiente;;
- UNI EN ISO 717/1-2013:2013 -Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea;
- UNI EN ISO 16474-1:2014, Pitture e vernici - Metodi di esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 1: Guida generale;
- UNI EN ISO 16474-3:2014, Pitture e vernici - Metodi per l'esposizione a sorgenti di luce di laboratorio - Parte 3: Lampade UV fluorescenti;
- UNI ISO 23529:2011, Gomma - Procedure generali per la preparazione e il condizionamento dei provini per prove fisiche;
- EN 50122-1:2011, Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 1: Protective provisions against electric shock;
- ASTM A240:2014, Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications;
- ASTM E1252:2013, Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis.

14.2.2 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge del 5 novembre 1971, n. 1086, "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" e successive circolari applicative;
- Legge del 26 aprile 1974, n. 191 "Prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'Azienda autonoma delle ferrovie dello Stato";
- D.P.R. del 1 giugno 1979, n. 469 "Regolamento di attuazione della legge 26 aprile 1974 n. 191 sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro nei servizi e negli impianti gestiti dall'azienda autonoma delle ferrovie dello stato;
- D.P.R. del 11 agosto 1980, n. 753, "Norme in materia di polizia, sicurezza e regolarità dell'esercizio delle Ferrovie e di altri servizi di trasporto";
- D.M. del 16 marzo 1998, "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";
- D.P.R. del 31 marzo 1998, "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6, 7 e 8, della Legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26 ottobre 1995";

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 9 di 51

- D.M. del 1 settembre 1998 e s.m.i. “Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose (fibre artificiali vetrose)”;
- D.P.R. del 6 giugno 2001, n. 380 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”.
- D.M. del 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare esplicativa del 2 febbraio 2009, n. 617/C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» per quanto non in contrasto con quanto riportato nel citato DM 17.01.2018.¹

14.2.3 NORMATIVA FERROVIARIA

- Manuale di progettazione delle opere civili RFI DTC SI MA IFS 001 C
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa “La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 005 D;

14.2.4 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- EN ISO 4032:2012 : Hexagon regular nuts (style 1) - Product grades A and B (ISO 4032:2012)
- UNI 6065:2001, Elastomeri - Prove su gomma vulcanizzata e termoplastica - Prova di trazione;
- UNI 6484:1969, Prodotti di fibre di vetro per isolamento termico ed acustico. Determinazione del diametro medio delle fibre mediante microscopio;
- UNI 6485:1969, Prodotti di fibre di vetro per isolamento termico ed acustico. Feltri resinati e pannelli. Determinazione della densità apparente;
- UNI 6543:1969, Prodotti di fibre di vetro per isolamento termico ed acustico. Feltri resinati, pannelli e coppelle. Determinazione dell'igroscopicità;
- UNI 6823:1998, Prodotti di fibre minerali per isolamento termico ed acustico - Determinazione del contenuto di perle di fusione - Metodo della levigazione.
- UNI 11104:2004 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1;
- ISO 9001:2015, Sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 14001:2015, Sistemi di Gestione Ambientale;

14.3 DEFINIZIONI

Ai fini del presente Capitolato si adottano le seguenti definizioni:

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FORNITORE: soggetto incaricato della fornitura delle pannellature antirumore per impieghi ferroviari;

FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta

¹ La nota n.3187 del 21 marzo 2018 “Prima applicazione del DM 17.01.2018, riportanti l'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni alle procedure autorizzative e di qualificazione del servizio tecnico centrale” del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, specifica che nelle more dell'emanazione della nuova Circolare si possono seguire le indicazioni riportate nella citata Circolare - CNTC2008 - per quanto non in contrasto con quanto riportato nel nuovo DM 17.01.2018.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 10 di 51

sorveglianza);

Barriera antirumore: manufatto in grado di ostacolare la propagazione dell'energia sonora dalla sorgente di rumore al ricettore;

Barriera antirumore artificiale: barriera antirumore costituita da elementi modulari o monolitici di materiale non naturale (scatolato metallico con inserto di materiale fonoassorbente, calcestruzzo, vetro, ecc.).

Barriera antirumore composita: barriera costituita da una combinazione di elementi modulari o monolitici con caratteristiche diverse sia per quanto riguarda i materiali (calcestruzzo, metallo, vetro, ecc.) sia per quanto riguarda la forma o i colori e vengono utilizzate per soddisfare particolari esigenze formali (inserimento ambientale, interruzione della monotonia dovuta ad eccessiva lunghezza della barriera, ecc.).

Area equivalente di assorbimento acustico (di una camera riverberante): area di una superficie ideale totalmente assorbente che, se fosse l'unico elemento assorbente nella camera, fornirebbe lo stesso tempo di riverbero della camera in esame;

Coefficiente di assorbimento acustico α_s - di un pannello: rapporto tra la variazione dell'area equivalente di assorbimento acustico determinata dall'introduzione del pannello in prova nella camera riverberante e l'area del pannello stesso;

Indice di valutazione del potere fonoisolante – R_w (di un pannello): valore determinato sulla curva di riferimento di cui alla norma ISO 717/1-2013, in corrispondenza della frequenza di 500 Hz, secondo la metodologia indicata nella norma stessa;

RI: Reflection index misurato in campo sonoro diretto in accordo alla UNI CEN/TS 16272-5;

SI: Sound Insulation Index misurato in campo sonoro diretto in accordo alla UNI EN 16272-6;

$DL\alpha$: Indice di valutazione dell'assorbimento acustico per prodotti sottoposti a prova in accordo alla UNI EN 16272-1, calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico ferroviario riportato nella UNI EN 16272-3-1;

DLR: Indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea per prodotti sottoposti a prova in accordo alla UNI EN 16272-2, calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico ferroviario riportato nella UNI EN 16272-3-1;

DLRI: Indice di valutazione dell'assorbimento acustico per prodotti sottoposti a prova in accordo alla UNI CEN/TS 16272-5, calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico ferroviario riportato nella UNI EN 16272-3-2;

DLSI: Indice di valutazione dell'isolamento acustico per prodotti sottoposti a prova in accordo alla UNI EN 16272-6, calcolato in funzione dello spettro di rumore da traffico ferroviario riportato nella UNI EN 16272-3-2;

Indice di riduzione del rumore (di un pannello): dieci volte il logaritmo del rapporto tra la potenza acustica incidente sul campione e la potenza acustica trasmessa attraverso esso;

Livello di esposizione ad un singolo evento SEL o L_E (associato al transito di un treno): livello continuo equivalente di pressione sonora relativo al tempo di transito del treno e normalizzato all'intervallo temporale $T=1s$.

Perdita per inserzione (Insertion Loss): attenuazione del livello di pressione sonora determinata, in un dato punto di ricezione, dall'introduzione di una barriera antirumore;

Piano del ferro: quota altimetrica definita dalla superficie di rotolamento della rotaia più bassa;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 11 di 51

Prova: forma di verifica a cui è soggetta una parte d'opera per determinare la sua capacità a soddisfare prescrizioni e/o prestazioni specificate.

Rumore residuo (rispetto ad una sorgente specifica): livello di pressione sonora determinato, in un dato punto di ricezione, da tutte le sorgenti di rumore presenti con l'esclusione della sola sorgente specifica;

Tempo di esposizione al rumore del transito di un treno: intervallo temporale in cui il livello di pressione sonora indotto dal transito del treno supera il livello massimo diminuito di 10 dB(A).

14.4 ABBREVIAZIONI

p.m.:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 12 di 51

14.5 GENERALITA'

Le barriere antirumore da installare su linee ferroviarie ed i relativi componenti, così come risultanti da progetti debitamente approvati ai sensi della normativa vigente, devono, prima della fornitura, essere oggetto di un processo di omologazione secondo quanto indicato al paragrafo 14.8 del presente capitolato.

A valle del processo di omologazione, in fase di realizzazione della barriera, la Direzione Lavori, o l'Alta Sorveglianza nel caso di lavori affidati a General Contractor/Contraente Generale, deve effettuare i dovuti controlli sulla conformità delle forniture ai sensi delle Condizioni Generali di Contratto.

I sistemi antirumore per impieghi ferroviari e i loro componenti devono rispondere ai requisiti acustici e non acustici riportate nella presente sezione di Capitolato e mantenere le prestazioni per tutta la durata della vita di progetto.

Le barriere, i componenti che le costituiscono e i relativi materiali, per poter essere impiegati in campo ferroviario, devono soddisfare le prescrizioni tecniche indicate dalla normativa vigente, dalle specifiche ferroviarie dagli elaborati di progetto e dal presente Capitolato Generale.

I materiali, i componenti e le barriere nel complesso devono essere sottoposti alle prove descritte nei paragrafi successivi. Le prove saranno effettuate da un laboratorio presso cui le prove stesse risultano accreditate (da ACCREDIA - l'Ente Italiano di Accreditamento - o da equivalente organismo di accreditamento europeo) o da un laboratorio specializzato preventivamente autorizzato dalle FERROVIE.

Il presente documento fornisce indicazioni relative alla fase di realizzazione delle barriere antirumore ed è strutturato nei seguenti capitoli:

- **Elementi costituenti le barriere antirumore artificiali.**
- **Caratteristiche delle barriere antirumore artificiali;**
- **Procedura per l'omologazione delle barriere antirumore;**
- **Prove;**
- **Accettazione della fornitura in cantiere;**
- **Collaudo;**
- **Tipologie di Barriera antirumore per impieghi ferroviari: Standard HS.**

Nelle prescrizioni facenti parte del presente Capitolato, per brevità ed uniformità, è solitamente indicato, con il termine generico di "FERROVIE", RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direzione lavori, Alta sorveglianza). Il termine generico di "ESECUTORE" è usato per indicare il soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale).

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle norme vigenti, alle specifiche tecniche e agli standard prefissati, l'ESECUTORE deve eseguire o far eseguire a proprie spese tutte le prove e i controlli previsti dalla normativa vigente, quelli prescritti dal presente Capitolato nonché quelli integrativi richiesti dalle FERROVIE, in base a motivate esigenze, ovvero dal Collaudatore statico e/o dalla Commissione di Collaudo.

Per le opere e gli elementi in cemento armato, i controlli di accettazione dei materiali ed eventualmente, a discrezione delle FERROVIE, le prove complementari di cui al DM 17/1/2018, devono essere effettuate facendo riferimento, oltre che alla normativa vigente, alla sezione 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 13 di 51

Tutti gli oneri diretti ed indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, il confezionamento, il trasporto dei campioni dei materiali da sottoporre a prove fisiche, chimiche, meccaniche e, funzionali, nonché i costi di esecuzione di queste ultime presso i Laboratori Ufficiali/Autorizzati si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Per tutti i tipi di prova, l'ESECUTORE deve fornire la manodopera e le attrezzature, deve predisporre le eventuali opere provvisorie ed i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime, nel rispetto delle garanzie di sicurezza durante le fasi operative. Resta inteso che il ripristino integrale delle parti d'opera interessate da prove e prelievi è da intendersi a carico dell'ESECUTORE e deve essere eseguito con materiali e modalità approvati dalle FERROVIE.

Le garanzie associate alle forniture ed all'esecuzione dei lavori sono quelle previste dalla normativa vigente e dalle Condizioni Generali di Contratto.

L'utilizzo di innovazioni tecnologiche, migliorative, che potranno intervenire nel corso di validità del presente Capitolato, relativamente ad attrezzature, modalità di esecuzione, prove in sito e/o in laboratorio, dovrà essere approvato dalle FERROVIE.

14.6 ELEMENTI COSTITUENTI LE BARRIERE ANTIRUMORE ARTIFICIALI

14.6.1 PREMESSA

Il presente capitolo riporta le tipologie di elementi (montanti, pannelli etc.) e materiali che dovranno essere utilizzati per la costruzione delle barriere antirumore ferroviarie e, per ognuno di essi, le caratteristiche significative ai fini della durabilità e della resistenza ed i relativi valori limite, riferiti a metodi di prova normalizzati.

14.6.2 PANNELLI

14.6.2.1 Pannelli in acciaio inox

I pannelli saranno realizzati con una struttura scatolare in lamiera di acciaio inossidabile (INOX) del tipo X5CrNi18 10 (AISI 304) secondo le UNI EN 10088, verniciato, con spessore della lamiera non minore di 12/10 di mm, e contenente all'interno materiale fonoassorbente, tale da realizzare le richieste caratteristiche di fono-assorbimento, secondo la classificazione prevista al paragrafo 14.7.1.

La lamiera forata rivolta verso la sorgente di rumore dovrà avere aperture circolari, con un'area, per singolo foro, inferiore a 78 mm² (raggio = 5 mm circa). La superficie forata dovrà avere un rapporto vuoto/pieno non superiore al 50%. Il disegno del forato deve essere, comunque, preventivamente approvato dalle FERROVIE.

Il materiale fonoassorbente, inserito all'interno della struttura scatolare metallica, è generalmente costituito da uno strato di lana minerale, conformato in modo tale da assorbire sia per porosità che per risonanza.

Per evitare l'impregnazione del materiale fonoassorbente e/o la ritenzione del liquido, che potrebbero degradare le caratteristiche meccaniche ed acustiche del materiale stesso, devono essere impiegati sistemi protetti da una membrana microporosa ed idrorepellente (es. tessuto non tessuto in fibra di vetro impregnata), posta sul lato forato dell'elemento acustico rivolto verso la sorgente del rumore.

Il materiale fonoassorbente deve avere uno spessore di almeno 6 cm, di densità > 85 kg/m³, se trattasi di lana di roccia, oppure > 48 kg/m³, se trattasi di lana di vetro. Deve essere imputrescibile, inerte agli agenti chimici ed atmosferici, non infiammabile o autoestinguente. In ogni caso, non deve contenere fibre di diametro inferiore a 3 µm né queste devono prodursi per effetto d'invecchiamento e/o di manipolazioni.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 14 di 51

Per la lana minerale dovrà essere esclusa la classificazione di sostanza pericolosa in relazione a quanto previsto dalla Direttiva 97/69/CE del 5/12/97 - recepita come legge dello Stato con D.M. della Sanità del 1/09/1998 - recante il “ventitreesimo adeguamento al progresso tecnico della Direttiva 67/548/CEE”. In particolare, le fibre devono essere del tipo classificato “non cancerogene” in base alla nota Q della Direttiva 97/69/CE. Il rispetto della nota Q deve essere comprovato dal relativo attestato; inoltre deve essere prevista la totale assenza di materiale non fibrato in conformità alla norma UNI 6823.

Il materiale fonoassorbente dovrà soddisfare i requisiti riportati nelle tabelle 14.6.2.1-1 e 14.6.2.1-2 nelle quali sono riportate le norme di riferimento, le prove previste e i criteri di accettazione.

In particolare, per quanto riguarda le proprietà di resistenza all’acqua, resistenza al calore e di ancoraggio del materiale fonoassorbente alla struttura del pannello, non esistono metodi di prova normalizzati. Pertanto, nella tabella 14.6.2.1-2 sono riportati i metodi di prova da adottare per la valutazione di tali proprietà ed i relativi criteri di accettazione.

Prove per accertare l’idoneità della lana minerale:

- diametro medio delle fibre secondo UNI 6484-69;
- massa volumica apparente secondo UNI 6485-69;
- grado di igroscopicità secondo UNI 6543-69 (tempo di prova 1 giorno);
- grado di reazione al fuoco;
- resistenza all’acqua ;
- resistenza al calore;
- ancoraggio della lana minerale.

Tabella 14.6.2.1-1: Caratteristiche della lana minerale

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Diametro medio delle fibre	UNI 6484	6 - 9 μ m
Massa volumica apparente a. Lana di roccia b. Lana di vetro	UNI 6485	> 85 Kg/m ³ > 48 Kg/m ³
Grado di igroscopicità	UNI 6543	(Tempo di prova 1 g) < 0,2 % in volume
Classe di reazione al fuoco	UNI EN 13501-1	A1 (non combustibili)

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 15 di 51

Tabella 14.6.2.1-2: Requisiti di resistenza all'acqua, al calore e di ancoraggio della lana minerale

PROVA	MODALITÀ	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Resistenza all'acqua	Si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100 x 100 x S mm completamente immerso in acqua distillata per 24 h alla temperatura ambiente.	Al termine della prova si verifica che non siano avvenuti né sfaldamenti né colorazione rispettivamente del provino e dell'acqua
Resistenza al calore	Si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100 x 100 x S mm in una stufa a 150 °C per 24 h poggiandolo su una delle due facce quadrate (100 x 100 mm).	Al termine della prova si verifica che, relativamente ai parametri lunghezza e larghezza, non siano avvenute variazioni delle dimensioni originarie del provino superiori a ± 5 mm. Resta ininfluente l'eventuale variazione che si verifica sullo spessore
Ancoraggio lana minerale	Il pannello, disposto in posizione verticale, verrà sottoposto per 24 h a vibrazione, anch'essa verticale, a 10 Hz di ampiezza picco-picco 1 mm	Al termine della prova, il materiale fonoassorbente deve risultare privo di sfaldamenti ed ancora saldamente ancorato alla struttura

Tra il materiale fonoassorbente e la faccia anteriore e posteriore del pannello deve essere previsto, mediante distanziatori, un interstizio che faciliti al massimo lo scolo delle acque, permettendone per aerazione il rapido asciugamento in modo da non pregiudicare l'efficienza fonoassorbente del materiale stesso.

Per evitare l'impregnazione del materiale fonoassorbente e/o la ritenzione del liquido, che potrebbero degradare le caratteristiche meccaniche ed acustiche del materiale stesso, possono essere impiegati sistemi protetti da una membrana microporosa ed idrorepellente, posta sul lato dell'elemento acustico rivolto verso la sorgente del rumore.

Il materiale fonoassorbente deve essere assicurato in modo tale da evitarne spostamenti e piegature e deve essere protetto in modo che non possa impregnarsi d'acqua e non possa essere facilmente danneggiato.

Il rivestimento protettivo del pannello dovrà essere realizzato con prodotti vernicianti liquidi di tipo alifatico o a polveri; essi dovranno avere le caratteristiche richieste nella tabella 14.6.2.1-3.

Il FORNITORE del pannello dovrà indicare il numero, lo spessore e la natura degli strati protettivi nonché allegare le schede tecniche relative al rivestimento protettivo e ai prodotti vernicianti impiegati.

Lo spessore minimo dovrà essere almeno di 80 μ m, e comunque tale da garantire il rispetto di tutti i requisiti prestazionali richiesti in tab. 14.6.2.1-3 e sarà determinato in fase di omologazione del pannello.

Le prove e i controlli dovranno essere svolti alla presenza di personale delle FERROVIE, presso laboratori accreditati, in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (per le singole tipologie di prove da effettuare), da Organismi autorizzati dallo Stato a svolgere attività di accreditamento. L'interpretazione degli esiti delle prove dovrà essere effettuata da un ispettore qualificato NACE o FROSIO, interno al laboratorio o incaricato a spese del laboratorio stesso.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 16 di 51

Tabella 14.6.2.1-3: Requisiti del film di verniciatura

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Aderenza a. Trazione b. Quadrettatura	UNI EN ISO 4624 UNI EN ISO 2409	≥ 2 Mpa Grado 0 (nessun distacco)
Resistenza agli urti	UNI EN ISO 6272 parti 1-2	- la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 70-80 cm sul dritto - sullo stesso provino sottoposto alla prova sul dritto, la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 30 cm sul rovescio
Resistenza alle atmosfere umide contenenti anidride solforosa	UNI EN ISO 3231	Dopo 1000 ore di esposizione con concentrazione di anidride solforosa per ciclo (1 giorno) pari a 1 litro: - assenza di blistering e/o di perdita di aderenza lungo l'incisione l'arrugginimento e la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm
Corrosione da nebbia salina neutra.	UNI EN ISO 9227 UNI EN ISO 4628 parti 2-3-4-5	Dopo 1500 ore di esposizione: l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione con croce di S. Andrea con cutter 301 non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza.
Piegatura su mandrino cilindrico	UNI EN ISO 1519	La pellicola piegata su mandrino di 4 mm non deve fessurarsi.
Quantità e dimensione dei difetti tramite esposizione a lampade UV fluorescenti	UNI EN ISO 16474 parti 1-3 UNI EN ISO 4628 parti 2-3-4-5	Dopo 1000 ore di esposizione: - assenza di cracking, blistering, flaking e rusting
Calcolo di differenze di colore (da eseguirsi dopo la prova ai raggi UV)	UNI 8941-3 UNI EN ISO 11664-4	Non dovranno aversi differenze di colore nel tempo ($\Delta E \leq 2$).
Calcolo di differenze di brillantezza (da eseguirsi dopo la prova ai raggi UV)	UNI EN ISO 2813	Con angolo 60°, riduzione della finitura $\leq 20\%$

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 17 di 51

Imbutitura statica (profondità 3 mm)	UNI EN ISO 1520	Assenza di screpolature e distacchi.
Gelo/disgelo	ISO 9142	-30 cicli Ogni ciclo dovrà essere composto da 4 ore a -40°, 2 ore in acqua, 3 ore a -40° e 15 ore a +70°; - assenza di cracking, blistering, flaking e rusting
Spettro IR	-	Per identificazione con prodotto finito
Prova termogravimetrica (TGA)	ISO 11358	Per identificazione con prodotto finito
Prova di calorimetria differenziale a scansione (DSC)	ISO 11357 parti 2-3	Per identificazione con prodotto finito

Dovranno essere presi idonei accorgimenti al fine di ridurre l'ingresso di acqua meteorica nei pannelli e, comunque, di favorirne la fuoriuscita mediante pendenze e fori di drenaggio.

Il pannello in acciaio inox deve inoltre essere sottoposto alle prove di cui al paragrafo 14.8.

14.6.2.2 Pannelli in cemento armato

Sono costituiti da uno strato portante in cemento armato avente spessore minimo 10 cm e tale da realizzare le richieste caratteristiche acustiche previste al paragrafo 14.7.1.

Il calcestruzzo deve essere prodotto ed impiegato a regola d'arte, secondo quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018 e dalla Circolare n. 617 del 2/2/2009 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008.

In particolare, per ciò che concerne la durabilità, tenuto conto dell'ambiente di utilizzo, le caratteristiche del calcestruzzo e del pannello in c.a. (per esempio il copriferro) dovranno essere adeguate alla classe di esposizione corrispondente, nel rispetto di quanto indicato nelle norme di riferimento (DM. 17/01/2018, Circolare n. 617 del 2/2/2009, UNI EN 206-1, UNI 11104). In particolare, per la classe di esposizione si dovrà considerare quella corrispondente alle condizioni ambientali più severe tra quelle che interessano lo sviluppo lineare dell'intero intervento (*es. da pk1 a pk2*), tenendo conto della destinazione d'uso del territorio "esistente" e di quella "prevista negli strumenti di pianificazione urbanistica".

Il calcestruzzo dovrà avere le caratteristiche minime riportate in Tabella 14.6.2.2-1.

Tabella 14.6.2.2-1: Caratteristiche del calcestruzzo strutturale

CARATTERISTICA	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Classe di resistenza Rck	C32/40
Rapporto H2O	≤ 0,5

Il mix design del calcestruzzo dovrà essere qualificato secondo quanto previsto nella sezione n. 6 "Opere in conglomerato cementizio" del presente Capitolato.

L'acciaio per l'armatura in barre, in fili o in rete elettrosaldata, deve essere del tipo B450C e di diametro minimo pari a 6 mm. Per le caratteristiche valgono le prescrizioni indicate dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018 e dalla Circolare n. 617 del 2/2/2009.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 18 di 51

I pannelli in c.a. potranno essere colorati in fase di produzione mediante l'uso di ossidi miscelati direttamente nell'impasto secondo le indicazioni progettuali o della Direzione Lavori.

Il pannello in cemento armato deve inoltre essere sottoposto alle prove di cui al paragrafo 14.8.

14.6.2.3 Pannelli in vetro

Qualora particolari esigenze architettoniche o di inserimento ambientale lo impongano, in caso di specifiche e giustificate richieste nella fase di approvazione degli interventi di mitigazione i pannelli acustici metallici, posizionati oltre i 2 m sul piano del ferro, potranno essere sostituiti con pannelli trasparenti in vetro.

I pannelli trasparenti saranno in vetro temperato e stratificato, composto da due lastre di almeno 8 mm di spessore l'una, con interposto un film in polivinilbutirrale (PVB) dello spessore di 1.52 mm (spessore totale minimo 17,52 mm). I pannelli saranno costituiti da un telaio portante in acciaio S275JR, zincato a caldo, avente spessore minimo 2,5 mm.

L'unione delle lastre di vetro con il telaio dovrà essere realizzato con l'applicazione di guarnizioni di gomma aventi le caratteristiche riportate al paragrafo 14.10.2.4.3.

Le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alla UNI EN ISO 1461. Il rivestimento di zinco deve avere uno spessore locale minimo di 55 µm ed uno spessore medio minimo di 70 µm. Il trattamento di zincatura deve essere effettuato per immersione a caldo, dopo tutte le lavorazioni meccaniche, compreso il taglio della lamiera.

Per la verniciatura del telaio si adotteranno i cicli omologati dalle FERROVIE secondo quanto previsto nella sezione 6 del presente Capitolato per acciai zincati a caldo.

Al fine di assicurare nel tempo la pulizia e la trasmissione luminosa del manufatto, dovrà essere previsto l'autopulimento dei pannelli trasparenti per dilavamento con acqua piovana senza interventi di pulizia esterni.

Dovranno essere adottate soluzioni atte a ridurre il rischio d'impatto degli uccelli sui pannelli (decalcomanie, marcature, impiego di lastre colorate etc.). Nel caso di utilizzo di decalcomanie o di lacche o vernici per eventuali disegni, deve essere garantito che tali prodotti siano compatibili con il materiale dei pannelli.

Il vetro dovrà essere inoltre fornito con la marcature CE.

Le garanzie di cui al par. 14.5 si intendono estese anche al fenomeno di rottura spontanea del vetro, per limitare il quale, il FORNITORE potrà prevedere l'effettuazione del test HST di cui al par. 14.10.2.4.8 della presente sezione di Capitolato.

Il pannello in vetro deve infine essere sottoposto alle prove di cui al paragrafo 14.8.

14.6.2.4 Pannelli realizzati con altri materiali o con soluzioni innovative

Ove vengano adottati pannelli o realizzati con materiali diversi da quelli sopra indicati o integrati con sistemi innovativi di attenuazione del rumore, dovranno essere fornite tutte le caratteristiche necessarie per il controllo qualitativo dei materiali, e/o dei sistemi integrativi, ai fini strutturali, di durabilità, acustici e di corretto inserimento paesaggistico/ambientale nonché la casistica delle situazioni in cui sono stati applicati, corredata delle certificazioni degli Enti appaltanti.

Detti pannelli devono comunque essere sottoposti alla preventiva approvazione delle FERROVIE.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 19 di 51

14.6.3 MONTANTI

14.6.3.1 Montanti metallici

I montanti devono essere realizzati in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S275J2 per elementi saldati e di tipo S275J0 per elementi non saldati, secondo la norma UNI EN 10025. Tali elementi saranno zincati a caldo per immersione in accordo alla Norma UNI EN ISO 1461, per uno spessore non inferiore a 85 µm, previo ciclo di sabbiatura Sa 2-1/2 oppure trattamento di decapaggio chimico. I montanti, dopo la zincatura, dovranno subire un ulteriore trattamento della superficie che prevede l'utilizzo di un ciclo di verniciatura omologato dalle FERROVIE secondo quanto previsto nella sezione 6 del presente Capitolato per acciai zincati a caldo.

In merito alla scelta del ciclo omologato, si dovrà adottare per la barriera quello idoneo all'ambiente atmosferico più severo tra quelli che interessano lo sviluppo lineare dell'intero intervento (*es. da pk1 a pk2*), tenendo conto della destinazione d'uso del territorio "esistente" e di quella "prevista negli strumenti di pianificazione urbanistica".

Il collaudo dei materiali e le lavorazioni previste sui montanti devono essere effettuate nel rispetto della normativa vigente e di quanto previsto nella sezione 6 del presente Capitolato.

Le saldature dovranno essere di prima classe ed eseguite e controllate nel rispetto di quanto previsto nella sezione 6 del presente Capitolato.

14.6.3.2 Montanti in materiali diversi

Ove vengano adottati montanti realizzati con materiali diversi dall'acciaio, dovranno essere fornite tutte le caratteristiche necessarie per il controllo qualitativo dei materiali nonché la casistica delle situazioni in cui sono stati applicati. Dette tipologie di montanti devono comunque essere sottoposti alla preventiva approvazione delle FERROVIE.

14.6.4 ACCESSORI

14.6.4.1 Accessori metallici

Tutti gli elementi metallici devono essere scelti avendo cura di evitare problemi di corrosione catodica dovuta al diverso valore del potenziale elettrochimico dei materiali a contatto.

Per quanto riguarda i **bulloni**, saranno unicamente del tipo ad alta resistenza ai sensi del DM 17.1.2018 e di caratteristiche previste nella sezione 6 del presente Capitolato.

Le viti e i dadi devono essere associati nel modo indicato nella tabella 11.3.XIIIa delle NTC 2018 (UNI EN 898-2).

Il gioco foro-bullone delle unioni a taglio e il serraggio da applicare saranno conformi alle indicazioni della normativa vigente, del manuale di progettazione di RFI e degli elaborati di progetto.

La bulloneria sarà zincata a caldo per immersione e centrifugata per evitare accumuli di materiale nelle parti filettate.

La bulloneria utilizzata per l'assemblaggio del telaio del pannello in vetro può essere zincata elettroliticamente.

I **bulloni** dovranno essere sottoposti alle prove riportate in tabella 14.6.4.1-1.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 20 di 51

Tabella 14.6.4.1-1: Prove sui bulloni

	PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
VITI	Rottura con trazione a cuneo/Resistenza trazione assieme	UNI EN ISO 898-1 UNI EN 898-2 UNI EN 15048-1	≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - d ≤ 16 mm)
			≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - d > 16 mm)
	Tenacità della testa per viti corte		≥ 1040 Mpa (Classe 10.9)
			Nessuna frattura
	Durezza HV		250 ÷ 320 (Classe 8.8 - d ≤ 16 mm)
			255 ÷ 335 (Classe 8.8 - d > 16 mm)
			320 ÷ 380 (Classe 10.9)
			/
DADI	Durezza HV		200 ÷ 302 (Classe 8 - d ≤ 16 mm)
			233 ÷ 355 (Classe 8 - d > 16 mm)
			272 ÷ 353 (Classe 10.9)
	Analisi chimica		/
RONDELLE	Durezza HV		≥ 300

Per le viti a testa svasata si dovrà fare riferimento alla norma UNI EN ISO 10642.

Per la bulloneria zincata a caldo, le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alla UNI EN ISO 10684. Il rivestimento di zinco deve avere uno spessore locale minimo di 40 μ m ed uno spessore medio minimo di 50 μ m.

I tirafondi devono essere realizzati con:

- barre in acciaio interamente filettate e zincate a caldo con filettatura metrica ISO a passo grosso, di caratteristiche meccaniche equivalenti o superiori alla classe 8.8 in conformità alla norma **UNI EN ISO 898 parte I**;
- dadi con caratteristiche meccaniche equivalenti o superiori alla classe 8 secondo **UNI EN 898 parte II** conformi per le caratteristiche dimensionali alla EN ISO 4032;
- rosette in acciaio temperato e rinvenuto HV 300 conformi per le caratteristiche dimensionali alla **UNI EN ISO 7089**.

I tirafondi saranno serrati garantendo una tensione (precarico) pari almeno al 60% di quella prescritta nelle norme di riferimento e comunque almeno pari a quella generata dalle azioni di progetto, se superiore al 60%. Resta inteso che l'ancoraggio del tirafondo dovrà essere garantito nelle condizioni di precarico.

Il serraggio del tirafondo dovrà essere controllato a 10 e 20 giorni dalla messa in opera del montante.

I tirafondi dovranno essere sottoposti alle prove riportate in tabella 14.6.4.1-2.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 21 di 51

Note:

- i bulloni dovranno essere montati con una rosetta sotto la testa e sotto il dado;
- i tirafondi dovranno essere montati con dado e controdado e con una rosetta sotto il dado.
bulloni e tirafondi dovranno essere montati con dado e controdado, come dispositivo antisvitamento. Qualora il controdado non fosse compatibile con la geometria e gli ingombri del collegamento, si dovranno prevedere dadi ribassati o idonei dispositivi di antisvitamento, preventivamente approvati dalle FERROVIE.

Tabella 14.6.4.1-2: Prove sui tirafondi

Tabella 1 Norme di Prova sui materiali					
		PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE	
VITI	TRAZIONE		UNI EN ISO 898-1 UNI EN 898-2	≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - $d \leq 16$ mm)	
				≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - $d > 16$ mm)	
				≥ 1040 Mpa (Classe 10.9)	
	DUREZZA HV	$250 \div 320$ (Classe 8.8 - $d \leq 16$ mm)			
		$255 \div 335$ (Classe 8.8 - $d > 16$ mm)			
		$320 \div 380$ (Classe 10.9)			
ANALISI CHIMICA					
	/				
	DADI	TRAZIONE		$200 \div 302$ (Classe 8 - $d \leq 16$ mm)	
$233 \div 355$ (Classe 8 - $d > 16$ mm)					
$272 \div 353$ (Classe 10.9)					
ANALISI CHIMICA		/			
RONDELLE	DUREZZA HV	≥ 300			

Per i tirafondi, le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alla UNI EN ISO 10684. Il rivestimento di zinco deve avere uno spessore locale minimo di 40 μm ed uno spessore medio minimo di 50 μm .

I rivetti dovranno essere in acciaio inox AISI 304 e, sottoposti alla prova di corrosione secondo la UNI EN 3651-2, non devono evidenziare nessuna cricca.

14.6.4.2 Guarnizioni

Il FORNITORE dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per le guarnizioni e i sigillanti, specie per quanto riguarda la qualità dell'elemento elastico e la sua resistenza

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 22 di 51

all'invecchiamento.

Il profilo della guarnizione dovrà essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nel momento di maggiore sollecitazione ed ammortizzare le vibrazioni dello stesso.

Le guarnizioni dovranno essere conformi, per tipologia e caratteristiche, a quelle sottoposte a prova nell'ambito del procedimento di omologazione di cui al par. 14.8.

Le guarnizioni devono essere realizzate in EPDM e devono avere le caratteristiche minime elencate in Tab. 14.6.4.2-1.

Tabella 14.6.4.2-1: Caratteristiche delle guarnizioni

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Carico a rottura	UNI 6065	≥ 10 Mpa
Allungamento a rottura	UNI 6065	≥ 300 %
Durezza	UNI ISO 7619-1	70 ± 5 Shore A3
Resistenza all'ozono	UNI ISO 1431-1	Nessuna cricca
Temperatura limite di fragilità	UNI ISO 812	≤ -25 °C
Resistenza alla lacerazione	ISO 34-1	≥ 12 KN/m
Spettro IR	UNI ISO 4650	Per identificazione con prodotto finito
Densità	UNI ISO 2781	Per identificazione con prodotto finito
Residuo in cenere	UNI 5613	Per identificazione con prodotto finito

Dopo invecchiamento termico di 7 giorni alla temperatura di 70°C, secondo UNI ISO 188, non dovranno verificarsi variazioni delle caratteristiche superiori a quelle riportate in Tab. 14.6.4.2-2.

Tabella 14.6.4.2-2: Caratteristiche delle guarnizioni dopo invecchiamento di 7 giorni a 70°

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Carico a rottura	UNI ISO 188	15%
Allungamento a rottura	UNI ISO 188	25%
Durezza	UNI ISO 188	-5/+10 Shore A3

Per la sigillatura del varco tra il primo pannello ed il cordolo di si dovrà far riferimento a quanto riportato al par. 14.7.3.2.4.

Laddove sia previsto negli elaborati di progetto, si potranno utilizzare, per i compensatori di gola, elementi in polipropilene.

Su tale materiale dovranno essere eseguite le seguenti prove di qualifica:

- Trazione (Carico di rottura minimo pari a 15 MPa);
- Densità;
- Residuo in cenere;
- Spettro IR;
- Flessione a fatica.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 23 di 51

Per le prove sopra riportate dovrà essere fornito un protocollo di prova che dovrà essere preventivamente accettato dalle FERROVIE. Tuttavia tali prove dovranno essere effettuate sia su materiale tal quale che su materiale invecchiato (secondo criteri stabiliti nel protocollo di prova), e le prove di fatica per un numero di cicli non inferiore a 12000.

Le FERROVIE si riservano la facoltà di eseguire ogni ulteriore prova ritenuta necessaria per la verifica delle caratteristiche dei predetti materiali.

14.6.5 PORTE DI SERVIZIO

Le porte di servizio, se richieste, devono essere apribili verso l'esterno rispetto alla sede ferroviaria; di norma, saranno costituite da un telaio in acciaio con relativi accessori e da specchiatura in vetro, aventi le caratteristiche riportate al par. 14.6.2.3.

Tutti i dispositivi (maniglie, maniglioni, cerniere, ecc.) dovranno essere di acciaio inox.

Analogamente alla barriera e a i suoi componenti, le porte saranno sottoposte alle prove di cui al paragrafo 14.8 e saranno oggetto di omologazione secondo la procedura di cui al paragrafo 14.9 della presente sezione di Capitolato.

Non sono richiesti valori minimi dei coefficienti di assorbimento acustico, mentre deve essere garantito un indice di valutazione del potere fonoisolante minimo R_w di 24 dB, determinato secondo le norme UNI EN ISO 717/1 e UNI EN 16272-2.

Le porte dovranno avere dispositivi di apertura azionabili dall'esterno con l'uso di chiavi. All'interno dovranno essere previsti dispositivi di apertura senza l'uso di chiavi con un maniglione di tipo "antipánico".

Deve essere previsto un dispositivo di chiusura automatica (molla di richiamo) al fine di evitare che le porte restino inavvertitamente aperte lasciando liberi varchi dall'esterno.

Per quanto riguarda i requisiti di resistenza al fuoco, le porte devono essere di classe R60.

Ove ne sia previsto l'impiego, le caratteristiche tecniche di dette porte e la loro dislocazione lungo la barriera dovranno essere preventivamente approvate dalle FERROVIE, in fase di progettazione.

Le scale previste in corrispondenza delle porte devono essere realizzate in conformità alle norme di sicurezza vigenti.

14.7 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE

14.7.1 CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEI PANNELLI

I pannelli utilizzati per la realizzazione di barriere acustiche sono suddivisi nelle seguenti classi:

Classe I: Pannelli fonoassorbenti

Classe II: Pannelli non fonoassorbenti

La Classe I comprende:

Classe Ia: Pannelli fonoassorbenti con elevate prestazioni;

Classe Ib: Pannelli fonoassorbenti con medie prestazioni.

I pannelli appartenenti alla Classe I sono caratterizzati dalla capacità di assorbire, in modo significativo, l'energia acustica incidente su di essi riducendo l'energia acustica riflessa.

Per i pannelli appartenenti alla Classe II non vengono richieste particolari caratteristiche di fonoassorbimento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 24 di 51

Sia i pannelli della Classe I sia quelli della Classe II devono garantire, comunque, un'elevata capacità di fonoisolamento.

14.7.1.1 Pannelli fonoassorbenti

Per i pannelli fonoassorbenti, in genere costituiti da una struttura scatolare contenente all'interno un materiale fonoassorbente, i valori minimi prescritti dei coefficienti di assorbimento acustico α_s e dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w sono i seguenti:

Classe Ia: Pannelli fonoassorbenti con elevate prestazioni

a) Coefficienti di assorbimento acustico misurati secondo UNI EN 16272-1:

f [Hz]	125	160	200	250	315	400	500	630
α_s	0,30	0,45	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80	0,80
f [Hz]	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
α_s	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,80	0,75	0,70

Durante la prova il campione deve essere posizionato a contatto con una superficie della camera riverberante sigillando adeguatamente la linea perimetrale di contatto.

Nel caso di pannelli biassorbenti le misurazioni sono effettuate separatamente per ciascuna faccia.

b) Valori dei parametri di isolamento acustico per pannelli monoassorbenti e biassorbenti:

- $R_w \geq 30$ dB
- $DLR \geq 30$ dB con tolleranza di 2dB

Classe Ib: Pannelli fonoassorbenti con medie prestazioni

a) Coefficienti di assorbimento acustico misurati secondo UNI EN 16272-1:

f [Hz]	125	160	200	250	315	400	500	630
α_s	0,10	0,15	0,25	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
f [Hz]	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
α_s	0,60	0,65	0,65	0,65	0,65	0,60	0,50	0,45

Durante la prova il campione deve essere posizionato a contatto con una superficie della camera riverberante sigillando adeguatamente la linea perimetrale di contatto.

Nel caso di pannelli biassorbenti le misurazioni sono effettuate separatamente per ciascuna faccia.

b) Valori dei parametri di isolamento acustico per pannelli monoassorbenti e biassorbenti:

- $R_w \geq 30$ dB
- $DLR \geq 30$ dB con tolleranza di 2dB

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 25 di 51

14.7.1.2 Pannelli non fonoassorbenti

Per i pannelli non fonoassorbenti, in genere costituiti da materiali quali calcestruzzo, vetro, ecc., non sono prescritti valori minimi dei coefficienti di assorbimento acustico. I valori minimi dei parametri per la misura della capacità di isolamento acustico non dovranno essere, comunque, inferiori a quanto riportato al paragrafo 14.7.1.1.

14.7.2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE DELLA BARRIERA

Al fine della valutazione di accettabilità provvisoria e definitiva della barriera dal punto di vista del comportamento acustico, dovranno essere eseguite, le prove di cui al paragrafo 14.8.3 sia in fase di accettazione che di collaudo in opera.

Al fine di verificare la correttezza del dimensionamento acustico dell'intervento dovrà essere effettuata la verifica della perdita per inserzione "in opera", secondo quanto previsto al paragrafo 14.12.2.1 della presente Sezione di Capitolato.

14.7.3 CARATTERISTICHE NON ACUSTICHE DELLA BARRIERA

14.7.3.1 Premessa

Nel rispetto delle indicazioni contenute negli elaborati di progetto, nella normativa di riferimento nazionale ed europea applicabile e nelle specifiche tecniche ferroviarie, le barriere antirumore per impieghi ferroviari dovranno soddisfare:

- verifiche di resistenza (statica, dinamica, a fatica);
- verifiche di deformabilità;
- verifiche di resistenza al fuoco;
- verifica di resistenza all'impatto del pietrisco.

In particolare, per la pannellatura dei sistemi antirumore i documenti di riferimento per la specificazione di valori accettabili delle caratteristiche non acustiche sono le UNI EN 16727-1, UNI EN 16727-2-2, UNI EN 16727-3 e la UNI EN 1794-1, le specifiche tecniche ferroviarie e la presente sezione di capitolato (rif. paragrafo 14.8).

14.7.3.2 Caratteristiche costruttive delle barriere

14.7.3.2.1 Geometria delle barriere

La geometria della barriera sarà quella indicata negli elaborati grafici di progetto, approvati dalle FERROVIE. Le barriere dovranno essere poste ad opportuna distanza dalla più vicina rotaia in modo da consentire un agevole uso delle infrastrutture ferroviarie e da ottimizzare l'abbattimento di energia sonora.

14.7.3.2.2 Sentiero pedonale e Vie di accesso

Le barriere dovranno essere posizionate esternamente al sentiero pedonale in modo da assicurarne il libero accesso dal binario. La distanza dell'asse del sentiero pedonale dal bordo interno della più vicina rotaia è prescritta dal Regolamento di attuazione della Legge 26/04/1974 n. 191 (articolo 6 del DPR 469/79).

Eventuali deroghe a tale disposizione dovranno essere sottoposte all'approvazione delle FERROVIE.

Le barriere antirumore sono posizionate in modo da non occupare la fascia di rispetto di larghezza pari a 2,65 m a partire dal bordo interno della più vicina rotaia (o pari a 3,37 m dall'asse del binario più esterno)

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 26 di 51

necessaria per soddisfare esigenze di sicurezza, esercizio e manutenzione dell'infrastruttura.

Nel caso in cui si rendano necessarie interruzioni di barriera, ogni interruzione deve essere protetta da uno schermo opportunamente arretrato e di lunghezza almeno pari all'interruzione più due volte la distanza fra la barriera principale e la barriera arretrata.

Tali interruzioni, da adottare solo dove è strettamente necessario, dovranno essere comunque preventivamente approvate dalle FERROVIE.

Laddove previsto in progetto, ogni 250 m di barriera antirumore deve essere realizzata una via d'accesso all'infrastruttura dimensionata secondo i vigenti standard di sicurezza ed in accordo al paragrafo 14.6.5 del presente Capitolato. Nel caso di barriere su entrambi i lati dell'infrastruttura, le vie di accesso si disporranno affacciate. Il posizionamento delle vie di accesso dovrà tenere conto della preesistenza di scale e della necessità di un agevole accesso ad installazioni che dovessero rimanere all'esterno della barriera.

14.7.3.2.3 Sistemazione del corpo stradale

Di regola, laddove è possibile, all'esterno della barriera sarà realizzato uno stradello di servizio con lo scopo di consentire l'ispezionabilità e la manutenzione dall'esterno delle barriere stesse.

In alcuni casi, come a volte nei tratti di sede in rilevato, può rendersi necessario allargare il corpo stradale tramite un rinterro delle scarpate. Ove necessario, tale rinterro sarà sostenuto con gabbionate posizionate al piede dello stesso rilevato o con altra soluzione preliminarmente approvata dalle FERROVIE.

La realizzazione degli interventi di mitigazione dovrà prevedere, secondo le indicazioni contenute in progetto, la sistemazione delle scarpate del corpo stradale interessate dai lavori di realizzazione delle barriere stesse con idoneo inerbimento che impedisca la rigenerazione della vegetazione spontanea senza necessità di sfalcio o di irrigazione.

14.7.3.2.4 Particolarità costruttive delle barriere

I materiali costituenti le barriere devono essere forniti nei colori che saranno indicati dalle FERROVIE.

Fra montanti e pannelli e tra pannello e pannello devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche, descritte negli elaborati di progetto, mentre tra pannelli e fondazioni in c.a. si potrà utilizzare l'EPDM così come per le guarnizioni, le cui caratteristiche sono riportate al par. 14.6.4.2, o altra soluzione tecnica approvata dalle FERROVIE, quali ad esempio un lamierino in acciaio o in alluminio, opportunamente sagomato, ancorato al cordolo di fondazione, con tasselli meccanici ad interasse 50 cm, e posizionato, preferibilmente, sul lato esterno alla barriera, ossia sul lato prospiciente i ricettori.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da consentire il rapido e regolare deflusso delle acque e da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare, per i pannelli compositi l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli (fori sul fondo) e non ristagnare sia tra pannello e pannello sia tra il pannello inferiore della parete e la superficie di appoggio.

Dovranno essere previsti dei dispositivi atti a impedire o a rendere difficoltosa con opportuni accorgimenti l'asportazione dei pannelli.

L'eventuale inghisaggio dei tirafondi dovrà essere realizzato con malte espansive tipo ex Emaco S55 o tipo simile o, in alternativa, con resine epossidiche, se preventivamente qualificate ed accettate dalle FERROVIE per le specifiche condizioni di applicazione previste in progetto.

14.7.3.2.5 Barriere sui ponti

Nel caso di insonorizzazione di ponti metallici la struttura portante dei pannelli dovrà essere preferibilmente distinta da quella della travata stessa e, intorno ad esse e ai relativi apparecchi d'appoggio, dovrà essere lasciato uno spazio sufficiente a consentire l'effettuazione delle ispezioni e degli interventi di manutenzione. Si dovrà

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 27 di 51

inoltre tenere conto delle deformazioni dei ponti metallici sia per effetto dei sovraccarichi ferroviari che delle dilatazioni termiche. Per le opere di scavalco si dovranno privilegiare soluzioni strutturali in acciaio allo scopo di evitare interferenze con le opere esistenti, con particolare riguardo alle opere di fondazione.

Nella zona di giunto dei ponti dovrà essere prevista una doppia parete su due lati degli elementi affiancati ravvicinati il più possibile, ma sempre in modo da permettere le libere dilatazioni dell'opera d'arte.

Le due pareti dovranno avere una sovrapposizione pari all'escursione massima del giunto maggiorata di almeno 50 cm e dovranno essere vincolate alle strutture in modo che non sia impedito il movimento di dilatazione del ponte.

Per dilatazioni inferiori a 5 cm si disporrà un giunto in neoprene tra i due montanti della barriera.

In alternativa a quanto proposto, nella zona di giunto dei ponti potrà essere adottata una differente soluzione tecnica da sottoporre preventivamente al benessere delle FERROVIE.

Per i pannelli in c.a., previsti fino a 2 m sul p.d.f., si potrà prevedere l'utilizzo di calcestruzzo alleggerito, omologati secondo la procedura di cui al par. 14.8 e conformi alle NTC 2018.

14.7.3.2.6 Tolleranze di costruzione e montaggio

Le tolleranze di costruzione e di montaggio saranno quelle indicate negli elaborati di progetto; dovranno essere tali da garantire comunque una battuta minima dei pannelli, su entrambi i montanti, pari a 50 mm. A tale scopo potranno essere adottati dei dispositivi di centraggio.

Nella fase di montaggio della barriera dovranno essere curati con particolare attenzione l'allineamento e la verticalità dei montanti.

Per ottenere la massima precisione di montaggio degli elementi, il posizionamento dei tirafondi nel cordolo di base sarà eseguito tramite dime.

14.7.3.2.7 Protezione elettrica

Il sistema di messa a terra delle barriere antirumore deve rispondere alle prescrizioni riportate al paragrafo II.4.5.7 del Manuale di Progettazione di RFI

Va applicato a qualsiasi tipologia di barriera antirumore, con le opportune modifiche ed integrazioni, in funzione delle diverse tipologie di alimentazione elettrica (linee tradizionali a 3 kV, linee AV/AC a 25 kV).

14.7.3.2.8 Protezione ambientale

Ai fini della protezione dell'uomo e dell'ambiente, per tutti i materiali utilizzati per la realizzazione di barriere antirumore, si applicano le prescrizioni previste dalla UNI EN 16727-3, annesso C.

Per i prodotti pericolosi utilizzati in fase di installazione, manutenzione o altra lavorazione dovranno essere fornite anche le schede dei dati di sicurezza redatte secondo allegato II del regolamento (CE) n. 1907/2006 (REACH).

In ogni caso non è ammesso l'uso di materiali per la cui produzione occorrono le sostanze elencate nel nell'allegato XVII del suddetto regolamento (Restrizioni in materia di fabbricazione, immissione sul mercato e uso di talune sostanze, miscele e articoli pericolosi).

In pratica, il FORNITORE del sistema antirumore per impieghi ferroviari deve dichiarare chiaramente e compiutamente.

- elenco dei materiali che costituiscono il sistema antirumore, utilizzando la nomenclatura chimica ed evitando nomi commerciali;
- elenco delle sostanze che risultano dalla decomposizione a seguito di esposizione naturale durante

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 28 di 51

l'intera vita di riferimento del sistema antirumore;

- elenco delle sostanze che risultano dalla esposizione al fuoco del sistema antirumore;
- elenco delle condizioni fisiche o chimiche che potrebbero determinare il rilascio nell'ambiente di sostanze potenzialmente nocive o tossiche per l'uomo e per l'ambiente;
- elenco dei materiali costituenti che possono venire riciclati, indicando in quale misura sono presenti ed eventuali limitazioni d'uso;
- elenco dei materiali costituenti riciclati ed la relativa misura percentuale;
- elenco dei materiali costituenti che devono essere smaltiti secondo particolari procedure, da indicare in dettaglio;
- elenco di eventuali benefici legati al riutilizzo dei materiali costituenti, indicando tutte le limitazioni esistenti alle condizioni di trasformazione.

Per tale dichiarazione, il produttore del sistema antirumore per infrastrutture di trasporto può avvalersi anche di attestazioni rilasciate dai produttori dei singoli materiali componenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 29 di 51

14.8 PROVE

Per l'effettuazione di tutte le prove, comprese quelle sui materiali, occorrerà prevedere un adeguato numero di pannelli, che saranno identificati dal personale delle FERROVIE addetto al controllo.

MATERIALE PANNELLO	NUMERO PANNELLI DA PRELEVARE E IDENTIFICARE	DIMENSIONI NOMINALI DEI PANNELLI
INOX	24	500 x 3000 mm
VETRO	12	1000 x 3000 mm
	6	2000 x 3000 mm
CLS	12	1000 x 3000 mm
	6	2000 x 3000 mm

14.8.1 PROVA DI FONOASSORBIMENTO

La capacità di fonoassorbimento è valutata attraverso i coefficienti di assorbimento acustico α_s , determinati secondo la metodologia di cui alla norma UNI EN 16272-1, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 125 a 5000 Hz, con riferimento ai valori riportati al precedente paragrafo 14.7.1.1 della presente sezione di Capitolato, con una tolleranza del 5%. E' richiesto inoltre il calcolo dell'indice $DL\alpha$ secondo la norma UNI EN 16272-3-1.

14.8.2 PROVA DI FONOISOLAMENTO

La capacità di fonoisolamento va valutata in laboratorio secondo la metodologia riportata nella norma UNI EN 16272-2, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 125 a 5000 Hz. Nel rapporto di prova dovranno essere riportati sia l'Indice di valutazione del potere fonoisolante R_w secondo UNI EN ISO 717-1, sia l'indice di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea DLR secondo UNI EN 16272-3-1. I limiti di riferimento sono riportati nei paragrafi 14.7.1.1 e 14.7.1.2 della presente sezione di Capitolato.

14.8.3 ACCETTABILITA' PROVVISORIA DELLA BARRIERA

Prima di procedere all'installazione della barriera è prevista la realizzazione di un campione della stessa per la verifica delle caratteristiche acustiche del sistema nel suo complesso (accettabilità provvisoria).

La proprietà di riflessione acustica sul campione del sistema barriera è valutata attraverso i coefficienti di riflessione acustica RI determinati secondo la metodologia di cui alla norma UNI CEN/TS 16272-5, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 200 a 5000 Hz. E' richiesto il calcolo dell'indice DL_{RI} secondo la norma UNI EN 16272-3-2.

Non sono previsti limiti di accettazione per la prova di riflessione acustica.

La proprietà di fonoisolamento sul campione del sistema barriera è valutata attraverso i coefficienti di isolamento acustico "SI" determinati secondo la metodologia di cui alla norma UNI EN 16272-6, alle frequenze centrali di banda 1/3 d'ottava da 200 a 5000 Hz. E' richiesto il calcolo dell'indice DL_{SI} secondo la norma UNI EN 16272-3-2.

L'indice di isolamento $DLSI$ misurato sul sistema barriera deve essere ≥ 30 dB per la misura di fronte agli elementi acustici e ≥ 27 dB per la misura di fronte ai montanti.

Prima di effettuare la prova, dovrà essere presentato uno specifico protocollo di prova, che dovrà essere approvato preliminarmente dalle FERROVIE.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 30 di 51

Nel protocollo di prova, oltre ad essere indicate le prove da effettuare, dovranno indicarsi tutte le attrezzature e i dispositivi di prova, i telai di supporto, e i dispositivi di misura.

14.8.4 PROVA DI DETERMINAZIONE DEL PESO PROPRIO

Per i pannelli acustici si dovranno determinare il peso asciutto ed il peso bagnato ridotto così come definiti nelle norme UNI EN 16727-1 e UNI EN 1794-1 Appendice B..

14.8.5 PROVA DI STABILITA'

I pannelli dovranno essere sottoposti alla prova di stabilità sotto l'azione del vento e della pressione aerodinamica prodotta al passaggio dei convogli. Nel caso di elementi di barriera non verticali, dovranno essere valutati anche gli altri carichi agenti (peso proprio, neve, etc.). La prova sarà effettuata secondo la metodologia prevista nelle norme UNI EN 16727-1 e nelle Appendici A e B della norma UNI EN 1794-1. L'appoggio/fissaggio del pannello dovrà essere quello previsto per l'effettiva realizzazione dell'opera; in particolare dovranno essere utilizzati gli stessi elementi quali montanti, guarnizioni etc..

Qualora i compensatori di gola sui pannelli non siano simmetrici, detta prova dovrà essere ripetuta sulle due facce dei pannelli.

Per la determinazione dell'azione totale da applicare e per i requisiti statici da richiedere si fa riferimento a quanto riportato nella sezione 1 del Manuale di Progettazione di RFI.

14.8.6 PROVA DI IMPATTO

I pannelli devono resistere all'impatto causato dal pietrisco, subendo al più danni superficiali. Per i requisiti e la metodologia di prova si dovrà fare riferimento alle norme UNI EN 16727-1 e UNI EN 1794-1 Appendice C.

Per i pannelli in vetro si dovrà condurre la prova di resistenza all'urto secondo la procedura di prova riportata nella UNI EN 356 (*Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza - Prove e classificazione di resistenza contro l'attacco manuale*) ed il pannello stesso dovrà appartenere almeno alla Classe P2A, salvo diversa specifica indicazione in merito a maggiori prestazioni da parte del Progettista o della Direzione Lavori.

14.8.7 PROVA A FATICA

Si riporta di seguito la "Procedura per la prova a fatica delle barriere antirumore per impieghi ferroviari", necessaria per verificare i pannelli acustici considerando le sollecitazioni torsionali dovute alla controfase fra i montanti consecutivi sottoposti alla deformazione massima indotta dall'azione aerodinamica dinamizzata.

La procedura prevede due prove a fatica: una a flessione e l'altra a torsione, da effettuarsi sullo stesso pannello; le due prove non devono necessariamente essere eseguite nell'ordine indicato ma è possibile invertirne la sequenza.

Il sistema da sottoporre a prova è costituito dall'insieme "*pannello, guarnizioni, fissaggi ai montanti*" realizzato seguendo le modalità di posa in opera indicate in progetto.

La procedura è valida per ogni genere di pannello, indipendentemente dal materiale che lo costituisce.

14.8.7.1 Oggetto della prova

La prova è finalizzata a verificare l'idoneità strutturale del sistema costituito da pannelli acustici, guarnizioni, fissaggi ai montanti nonché l'idoneità delle modalità di posa in opera. In particolare, la prova è diretta alla verifica del comportamento a fatica dei pannelli sollecitati sequenzialmente a:

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 31 di 51

- flessione generata dalla pressione aerodinamica del convoglio;
- torsione dovuta alla pressione aerodinamica che induce una deformazione non in fase fra i diversi montanti della barriera stessa.

14.8.7.2 Esempio di attrezzatura di prova

Le prove devono essere concepite ed organizzate in modo tale da riprodurre le reali condizioni in opera del sistema da testare.

In via esemplificativa, nel seguito, viene descritto un tipo di attrezzatura di prova.

Detta attrezzatura può essere costituita da un telaio (si veda figg. 14.8.7.3-1-2-3) atto a riprodurre una campata di barriera di dimensioni nominali 2x3 m. Il telaio è composto da due profilati (montanti) di altezza sufficiente ad accogliere 2 metri di pannelli.

Uno dei profilati è incastrato alla base per mezzo di una piastra saldata ad un basamento metallico vincolato a sua volta ad una apposita fondazione di contrasto. Questo profilato sarà irrigidito con puntoni per garantire che non subisca spostamenti durante le prove.

L'altro profilato è vincolato al basamento metallico a mezzo di una cerniera realizzata con piastre saldate al profilato ed al basamento. Questo secondo profilato sarà quindi libero di ruotare in un piano ortogonale all'asse longitudinale della barriera per generare la voluta torsione sul pannello. Durante la prova a flessione questo secondo profilato sarà bloccato da opportuni controventi per evitare spostamenti e rotazioni alla base.

I montanti sono indicativamente costituiti da profilati HE, di dimensione opportuna, e dovranno riprodurre le dimensioni geometriche degli elementi del montante a cui il pannello è vincolato nella realtà. Le dimensioni indicate nelle figure 14.8.7.3-1-2-3 riportano un profilato HE. Nel protocollo di prova e nel successivo rapporto sarà comunque registrata la dimensione dei montanti su cui è stato installato il campione.

14.8.7.3 Campioni da sottoporre a prove

Il campione di barriera da sottoporre a prova sarà costituito da un numero variabile di pannelli acustici con una configurazione prossima alla più severa condizione di esercizio prevista per un'altezza di almeno 2 metri.

Per ciascuna tipologia di pannello da omologare, le prove a fatica, flessionale e torsionale, dovranno essere effettuate in modo da sottoporre a prova anche la connessione mutua dei pannelli sul lato lungo (pannelli montati in sovrapposizione come nella reale condizione in opera). Ove i materiali dei pannelli accoppiati fossero diversi, occorrerà documentare il superamento delle prove dell'elemento di contatto per ciascuna tipologia e geometria di contatto tra i pannelli.

I pannelli testati devono essere completi di tutti gli accessori (viti, guarnizioni, fissaggi e quant'altro) previsti per il montaggio nelle reali condizioni e per il vincolo ai montanti.

Ove le dimensioni delle strutture di supporto lo consentano, potranno essere testate anche due tipologie di pannello contemporaneamente (ad esempio, sui due metri di altezza dei montanti di supporto potranno essere disposti più pannelli sovrapposti: due pannelli metallici $h=0,5$ m della stessa tipologia ed un pannello trasparente $h=1$ m) purché si riproduca per ogni pannello la più severa condizione di esercizio prevista.

I pannelli dovranno essere provati sui montanti più grandi e sui montanti più piccoli della gamma dei montanti che si vuole adottare.

Qualora le guarnizioni e/o i fissaggi dei pannelli ai montanti non siano simmetrici (uguali sui due lati dei pannelli), la prova flessionale dovrà essere ripetuta due volte per sollecitare i pannelli sulle due facce onde poter testare i differenti componenti posti sui due lati. Successivamente, sullo stesso pannello dovrà essere fatta la prova torsionale.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 32 di 51

14.8.7.4 Procedura di prova

Prima di effettuare le prove flessionali e torsionali dovrà essere presentato uno specifico protocollo di prova, redatto in modo coerente alla presente sezione, che dovrà essere approvato preliminarmente dalle FERROVIE.

Nel protocollo di prova, oltre ad essere indicate tutte le prove da effettuare, dovranno indicarsi tutte le attrezzature e i dispositivi di prova, i telai di supporto, le macchine per l'applicazione dei carichi, la distribuzione dei carichi nonché i dispositivi di misura.

I test di funzionalità dovranno essere sia di tipo flessionale che torsionale e saranno condotti, in modo sequenziale, sullo stesso sistema da omologare. Le prove dovranno essere condotte facendo in modo che il vincolo del pannello ai montanti sia tale da azzerare tutti i giochi presenti nell'ambito delle guarnizioni. Nel seguito vengono descritti i due tipi di test. Le due prove non devono necessariamente essere eseguite nell'ordine indicato ma è possibile invertirne la sequenza.

14.8.7.4.1 Test a flessione

Su un lato dei pannelli sarà esercitata una pressione uniforme su tutta la superficie, variabile da un minimo di 0.0 ad un massimo di 2,5 KN/mq. Qualora si ricorra ad azioni concentrate, esse dovranno essere tali da indurre effetti equivalenti alla suddetta pressione, in termini di sollecitazioni flessionali. Il numero e la posizione dei punti di applicazione così come il lato di applicazione del carico dovranno essere indicati nelle schede specifiche per ogni tipologia di pannello nel rapporto di prova.

Il sistema di carico dovrà essere dotato di un dispositivo di misurazione della forza esercitata (es. cella di carico), a garanzia della trasmissione del corretto carico. Il numero dei punti di applicazione del carico e le dimensioni dell'elemento di trasferimento del carico (es. piastra) dovranno essere tali da garantire la maggiore diffusione possibile del carico.

Il carico sarà applicato per 2.000.000 di cicli (un ciclo = 0; +2,5 KN/mq) con frequenza da stabilire in funzione delle caratteristiche del pannello. Durante la prova dovranno essere registrati gli spostamenti dei pannelli in corrispondenza almeno della mezzeria dello stesso e in prossimità dell'attacco al montante. La registrazione dovrà essere effettuata all'inizio della prova e per step successivi di circa 200.000 cicli fino alla conclusione della stessa.

Alla fine della prima prova dovrà essere effettuata un'ispezione visiva degli elementi montati, verificando lo stato di integrità dei pannelli e di tutti i dispositivi di collegamento e di vincolo ai montanti e l'assenza di giochi significativi fra montante e pannello la cui entità andrà comunque registrata; inoltre, dovrà essere redatto un dettagliato rapporto di prova che dovrà contenere tutte le informazioni necessarie.

14.8.7.4.2 Test a torsione

Il test a torsione dovrà essere effettuato sullo stesso pannello sottoposto o da sottoporre alla prova di flessione. Per evitare possibili danneggiamenti connessi con le operazioni di smontaggio e rimontaggio degli elementi è opportuno effettuare le due prove in sequenza, senza rimuovere gli elementi acustici, previa verifica che durante e a compimento della prima prova non si siano verificati problemi sulle parti visibili dei pannelli (struttura del pannello, guarnizioni e fissaggi ai montanti).

Dopo aver constatato il presunto buon esito della prima prova si potrà dare inizio alla successiva di torsione.

Detta prova dovrà effettuarsi applicando fra le due estremità del generico pannello una rotazione relativa con asse orizzontale variabile da 0 a 8.89 mrad. Il centro di rotazione sarà alla base del montante e la rotazione dovrà essere applicata per 2.000.000 di cicli con frequenza da stabilire in funzione delle caratteristiche del pannello.

Tale rotazione coincide con quella misurata nel punto di maggiore flessione elastica di una mensola di inerzia

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 33 di 51

costante incastrata alla base alla quale è impresso in sommità uno spostamento trasversale, ortogonale al suo asse, pari ad 1/150 dell'altezza. Tale valore è indipendente dall'altezza del montante e, per un elemento incernierato alla base, corrisponde ad uno spostamento orizzontale pari a 8,89 mm per ogni metro di altezza.

Il sistema da verificare dovrà essere costituito da materiali, componenti e modalità di posa in opera identici alla reale condizione di esercizio.

A conclusione della prova dovrà essere redatto un dettagliato rapporto di prova, che dovrà contenere tutte le informazioni di seguito richiamate.

14.8.7.5 Criteri di accettazione

Al termine delle due prove di flessione/torsione saranno verificate le condizioni dei pannelli, delle guarnizioni e dei fissaggi ai montanti descrivendo eventuali danneggiamenti e/o usure di tutti i componenti.

La doppia prova a fatica si considererà superata se il pannello ed i suoi componenti, al termine delle due prove, non avranno subito cricche estese (fessure e/o lesioni rilevabili ad occhio nudo), rotture e/o usure anomale tali da compromettere la resistenza nel tempo del componente, dislocazioni, deformazioni plastiche di tipo stabile e giochi tali da compromettere la battuta e la tenuta del pannello.

Pertanto, al termine delle suddette prove sui pannelli, dovranno essere effettuate le prove di caratterizzazione di tutti i materiali costituenti la tipologia di pannello, al fine di verificarne la rispondenza al progetto.

14.8.7.6 Rapporto di prova

Alla fine delle suddette prove dovrà essere redatto un dettagliato rapporto di prova da parte del Laboratorio Autorizzato contenente le seguenti informazioni:

- denominazione del richiedente, estremi identificativi del sistema sottoposto a prova allegando i disegni di dettaglio di tutti gli elementi costituenti il pannello ed i relativi sistemi di fissaggio (quali guarnizioni, agganci, compensatori, pressori, collegamenti al montante, etc.);
- protocollo di prova approvato dalle FERROVIE con la descrizione di tutte le attrezzature, l'insieme delle misure e dei controlli effettuati nel corso della prova (sia in forma analitica che grafica), nonché una esauriente documentazione fotografica attestante lo stato dei diversi elementi prima, durante e a compimento delle prove stesse.

Nel rapporto di prova dovrà essere posta particolare cura nell'evidenziare sugli elementi provati eventuali rotture, cricche estese (fessure e/o lesioni rilevabili ad occhio nudo), rotture e/o usure anomale tali da compromettere la resistenza nel tempo del componente, dislocazioni, deformazioni plastiche di tipo stabile e giochi tali da compromettere la battuta e la tenuta del pannello.

In detto rapporto ci si dovrà astenere dall'esprimere giudizi di idoneità poiché gli stessi saranno a cura delle FERROVIE.

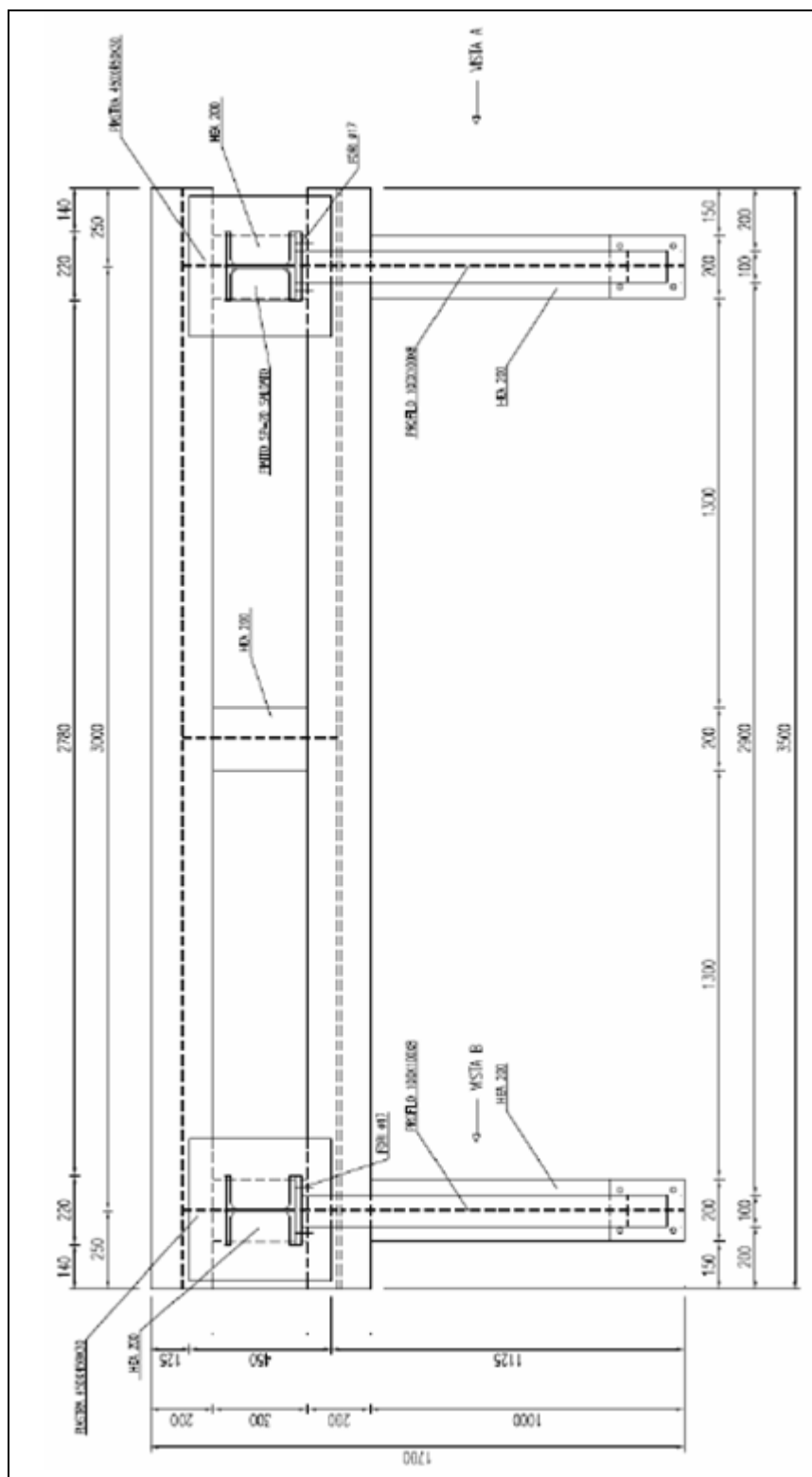


Figura 14.8.7.2-1: Telaio di supporto campionature per prove a fatica

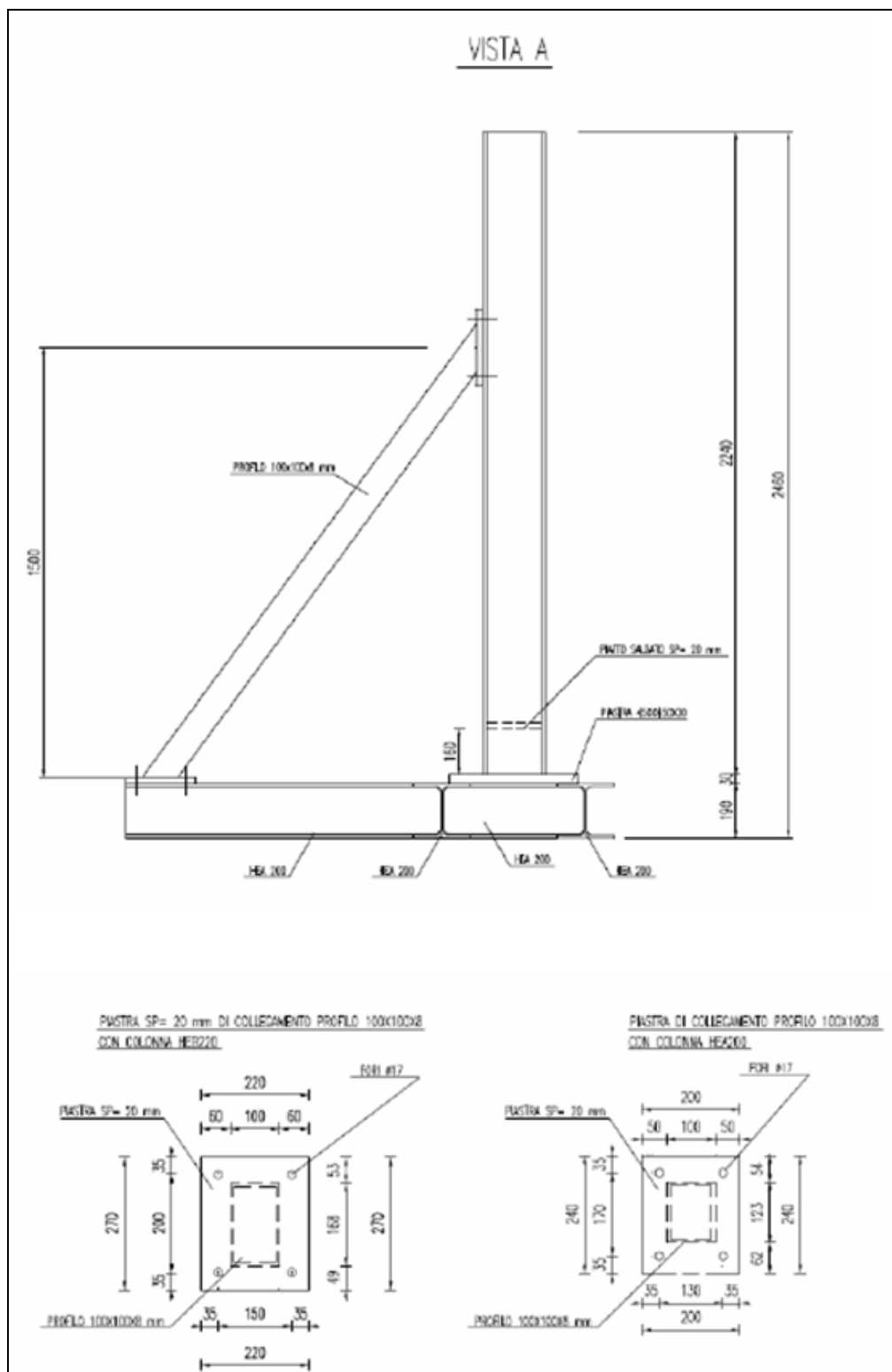
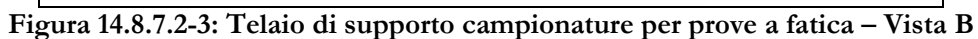


Figura 14.8.7.2-2: Telaio di supporto campionature per prove a fatica – Vista A



	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 37 di 51

14.9 PROCEDURA PER L'OMOLOGAZIONE DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI

Al fine di migliorare il processo di realizzazione delle barriere antirumore, la loro fornitura in opera deve essere preceduta, oltre che dagli usuali processi di verifica e validazione della progettazione ai sensi della normativa vigente, da un processo di omologazione dei componenti e del sistema nel suo complesso, basato sulla verifica delle caratteristiche e delle prove prescritte nel presente Capitolato.

L'omologazione delle barriere antirumore e dei singoli componenti deve essere richiesta dal FORNITORE o dall'ESECUTORE con apposita domanda, indirizzata alle FERROVIE (RFI-DTC-SI), a cui dovrà essere allegata la seguente documentazione.

1) Progetto costruttivo della barriera antirumore con montanti e pannelli

Il progetto dovrà essere costituito da:

A) Relazione di calcolo:

- documento contenente tutte le verifiche previste dal quadro normativo e le caratteristiche dei materiali componenti. Pertanto, dovranno essere presentati i calcoli di verifica di tutti gli elementi costituenti la barriera, comprese le relative pannellature e le fondazioni. Nella relazione di calcolo dovranno essere riportate anche le verifiche di resistenza di tutti i collegamenti bullonati, saldati e con rivetti, presenti sugli elementi costituenti le barriere fonoassorbenti (montanti, pannelli, piastre di base ecc.), nelle condizioni più severe d'esercizio, tenendo conto anche degli effetti dinamici.
Al fine di verificare gli aspetti concernenti la durabilità dei pannelli in c.a., la relazione di calcolo di tali pannelli dovrà essere corredata anche dalla verifica a fessurazione, in relazione alle condizioni ambientali.

B) Elaborati grafici in scala adeguata consistenti in:

- un elaborato d'insieme del campo di barriera assemblato con prospetto, pianta e sezione degli elementi e con le relative quote d'ingombro. Inoltre, sullo stesso elaborato dovranno essere riportate, su apposita tabella, le posizioni di tutti gli elementi strutturali ed accessori con l'indicazione, per ogni elemento, del tipo di materiale che lo costituisce e della relativa norma di riferimento;
- un elaborato costruttivo di dettaglio (es. disegno esploso) con l'indicazione di tutti gli elementi del campo di barriera, quotati in ogni loro dimensione con le relative tolleranze. Su tale elaborato dovrà essere indicata altresì la stessa tabella di cui al precedente punto indicante, per ogni elemento, la posizione, la qualità del materiale che lo costituisce nonché la relativa norma di riferimento;
- un elaborato schematico con i cicli di protezione contro la corrosione per ogni elemento strutturale ed accessorio del campo di barriera;
- un elaborato relativo alla posa in opera dei pannelli nei montanti comprendente tutte le fasi e le relative operazioni di montaggio (sequenza di montaggio) e con l'indicazione degli eventuali elementi accessori (dispositivi di imbracaggio, dispositivi di imbocco dei pannelli nei montanti, dispositivi di centraggio ecc.) necessari per effettuare le suddette operazioni di posa.

Tutti gli elaborati di progetto dovranno essere timbrati (timbro dell'ordine) e firmati dal progettista.

Nel caso di pannelli in c.a., dovrà essere fornito inoltre il dossier contenente i risultati delle prove svolte per la qualifica delle miscele in calcestruzzo.

2) Protocolli di prova

I protocolli sono relativi alle prove indicate nella presente sezione di Capitolato e alle verifiche sperimentali a fatica indicate nel Manuale di Progettazione Opere Civili Parte II Sezione 1 e la cui procedura è riportata al punto 14.8.7.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 38 di 51

L'esame della documentazione, di cui il punto 1), sarà effettuato rispetto, oltre che alla normativa vigente, alle specifiche tecniche ferroviarie, al presente Capitolato e nel Manuale di Progettazione Opere Civili Parte II Sezione 1 e, in caso di esito positivo, potrà essere dato il benestare all'avvio delle prove sperimentali.

Le prove dovranno essere condotte da Laboratori preventivamente autorizzati, secondo quanto previsto al paragrafo 14.6.1 della presente sezione di Capitolato, dalle FERROVIE alle quali sarà poi data, con il dovuto anticipo, comunicazione delle date di svolgimento.

Le prove dovranno essere presenziate da personale delle FERROVIE e, nel caso in cui siano superate positivamente, il FORNITORE predisporrà un "Dossier di omologazione" contenente la documentazione tecnica sopra richiamata e i rapporti di prova debitamente vidimati dal personale ferroviario. Tale dossier dovrà essere inviato alle FERROVIE unitamente alla richiesta del rilascio del documento di omologazione.

Resta, infine, inteso che i costi relativi alle prestazioni del personale delle FERROVIE, inerenti sia la prima omologazione che i successivi rinnovi, saranno a totale carico del soggetto richiedente (FORNITORE/ESECUTORE) l'omologazione. Tali costi dovranno essere accreditati dal FORNITORE/ESECUTORE a seguito dell'accettazione del preventivo di spesa formulato dalle FERROVIE e comunque prima dell'avvio delle attività di omologazione (esame tecnico e prove sperimentali).

14.9.1 VALIDITÀ E LIMITI DELL'OMOLOGAZIONE

Il superamento delle prove costituirà elemento imprescindibile per la omologazione sia della pannellatura ("sistema pannello – guarnizioni – fissaggi ai montanti e modalità di messa in opera") sia del "sistema barriera antirumore". Il cambiamento di qualsiasi elemento o componente del sistema sopra descritto comporterà una nuova omologazione. A valle del processo di omologazione, la Direzioni Lavori o l'Alta Sorveglianza nel caso di lavori affidati a General Contractor, devono effettuare i dovuti controlli sulla conformità delle forniture ai sensi delle Condizioni Generali di Contratto. Non saranno ritenuti conformi installazioni in opera che non rispettino in toto le caratteristiche e le modalità di messa in opera del sistema omologato. Tutte le eventuali sostituzioni o varianti, sia nelle strutture che nei materiali, che il FORNITORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute negli elaborati progettuali approvati dovranno essere immediatamente comunicate, indicandone le motivazioni, alle FERROVIE, che, a proprio insindacabile giudizio, potranno decidere in merito alla necessità di effettuare una nuova omologazione.

Il documento di omologazione avrà la validità di due anni e sarà rinnovabile alla scadenza per ulteriori due anni a seguito di esplicita richiesta da parte dell'interessato, purchè nel periodo precedente non siano state riscontrate anomalie sul sistema stesso da parte delle FERROVIE. In caso contrario, il rinnovo sarà possibile solo se tali anomalie verranno eliminate.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 39 di 51

14.10 ACCETTAZIONE DELLA FORNITURA IN CANTIERE

Tali controlli sono finalizzati solo alla verifica di rispondenza della fornitura in cantiere, fatti salvi tutti gli obblighi di legge per i controlli di materiali che saranno effettuati dalla Direzione Lavori nel rispetto delle normativa vigente, delle prescrizioni ferroviarie e del presente Capitolato.

14.10.1 PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA PRODUZIONE

Il controllo delle barriere antirumore comprenderà:

- la verifica delle caratteristiche chimico - fisiche dei materiali costituenti i montanti, i pannelli nonché gli elementi acustici della barriera.
- la verifica visiva e dimensionale dei montanti e dei pannelli secondo quanto riportato nei relativi elaborati di progetto e nella documentazione di omologazione.

Le prove relative alla verifica visiva e dimensionale dei montanti e dei pannelli potranno essere eseguite presso lo stabilimento del costruttore se fornito delle apparecchiature necessarie, tarate da Enti ufficialmente riconosciuti conformemente alle norme ed alle leggi vigenti, oppure presso laboratori accreditati da ACCREDIA.

Le prove tecnologiche di caratterizzazione dei materiali dovranno invece essere eseguite presso laboratori ufficiali accreditati dal Ministero dei LL.PP in base all'art. 59 del D.P.R. 380/2001 ed alla Circolare dello stesso Ministero n° 346/STC del 14-12-1999.

Per ogni prodotto e/o materiale provato, risultato non idoneo, sono ammesse le riprove. Qualora le riprove dessero esito negativo il prodotto e/o materiale sarà definitivamente qualificato non idoneo. Se al contrario le riprove dessero esito positivo, si procederà ad un ulteriore prelievo e prove con le quali lo stesso prodotto e/o materiale sarà reso idoneo oppure non idoneo a seconda se le prove daranno esito positivo oppure negativo.

Sui pannelli costituiti da materiali scindibili, la non idoneità riguarderà soltanto il materiale risultato anomalo e non l'intero pannello. Al contrario, se i materiali del pannello non sono scindibili (es: CLS + armatura) la non idoneità del singolo materiale riguarderà l'intero pannello. Tuttavia la non accettabilità del lotto omogeneo da sottoporre a controllo, riguarderà soltanto la produzione realizzata con il materiale anomalo. Pertanto, il costruttore dovrà redigere una distinta dei pannelli da controllare indicando per ogni gruppo i materiali con cui sono stati realizzati.

Il prodotto e/o il materiale qualificato definitivamente non idoneo sarà identificato in maniera indelebile dalle FERROVIE e dovrà essere accantonato e tenuto a disposizione delle FERROVIE.

Di norma tutte le richieste di controllo dovranno pervenire per iscritto, ad opera del costruttore, con almeno 10 giorni di anticipo rispetto alla data prevista per le operazioni di collaudo. La richiesta, da indirizzare a FERROVIE dovrà riportare l'indicazione completa dei materiali e degli elementi da controllare. Tuttavia per particolari esigenze cantieristiche, riconosciute dalle FERROVIE, ed a rischio della ditta fornitrice, si potrà inviare il materiale in cantiere prima del controllo provvedendo successivamente al controllo stesso prelevando i pannelli a piè d'opera oppure in opera a discrezione delle ferrovie. In tal caso se il controllo dovesse dare esito negativo saranno a totale carico del FORNITORE gli oneri per il ripristino della partita non idonea.

Per le operazioni di controllo dovranno essere messi a disposizione del collaudatore i mezzi di trasporto dalla stazione ferroviaria più vicina rispetto al luogo del collaudo nonché le strutture logistiche, le apparecchiature e le attrezzature necessarie per l'espletamento rapido delle operazioni di cui alla presente procedura.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 40 di 51

Il FORNITORE dovrà:

- avere un sistema interno di "controllo qualità" certificato in grado di controllare e registrare il livello di qualità richiesto per la fornitura del materiale soggetto a controllo;
- espletare tutte le attività necessarie secondo le vigenti norme di sicurezza e le procedure di pratica comune atte ad assicurare a tutti gli interessati al controllo condizioni di lavoro sicure;
- produrre alle FERROVIE tutta la documentazione necessaria per l'identificazione e la classificazione dei materiali e dei pannelli.

14.10.2 PANNELLI

Il controllo dei pannelli dovrà essere effettuato sui prodotti finiti realizzati in conformità agli elaborati progettuali costruttivi di cui al paragrafo 14.9 (punto 1-B).

Ogni pannello dovrà essere identificato con una targhetta di acciaio inox, di alluminio o di altro materiale durevole accettato dalle FERROVIE riportante i dati, secondo gli schemi indicati, di seguito elencati:

• PANNELLO IN INOX

Logo del produttore	commessa n°
Cliente.....	
Pannello INOX AISI 304 dim. (L x h)	
Lotto di fornitura n°	Pannelli da n° a n°
Anno di costr.....	Pannello n°

• PANNELLO IN C.A.

Logo del produttore	commessa n°
Cliente.....	
Pannello in CLS dim. (Lxh)	
Lotto di fabbr. n°	Pannelli da n° a n°
Data di fabbr.....	Pannello n°

• PANNELLO IN VETRO

Logo del produttore	commessa n°
Cliente.....	
Pannello in VETRO dim. (L x h)	
Lotto di fornitura n°	Pannelli da n° a n°
Anno di costr.....	Pannello n°

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 41 di 51

La targhetta dovrà essere indelebile e ben visibile anche dopo il montaggio in opera dei pannelli e dovrà essere fissata meccanicamente ai pannelli stessi con tasselli, rivetti e quant'altro approvato dalle FERROVIE.

Il FORNITORE dovrà produrre al controllo lotti omogenei di pannelli per dimensioni e tipologia, sui quali saranno prelevati i campioni per l'estrazione dei materiali da sottoporre a prove distruttive come meglio specificato nel seguito.

Il controllo dovrà essere eseguito nel rispetto delle prescrizioni del presente Capitolato, che riguarderà sia le modalità di prelievo del prodotto finito sia le prove da effettuare sullo stesso e sui materiali che lo costituiscono.

14.10.2.1 Controllo dei pannelli in acciaio inox finito

Il controllo dei pannelli avverrà prelevando alcuni pannelli finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito, nel rispetto delle relative normative di riferimento.

Il numero di pannelli da prelevare, opportunamente individuati dalla DL, sarà il seguente:

LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO m ²	NUMERO DI PANNELLI DA PRELEVARE
750	1

Sui campioni prelevati saranno effettuate le seguenti prove:

Tabella 14.10.2.1-1: Controlli sul pannello in acciaio inox finito

PANNELLO	CONTROLLI E PROVE	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
ACCIAIO INOX	Esame visivo e dimensionale dell'elemento	progetto costruttivo
	Controllo foratura pannelli (interassi, diametri, v/p, ect)	progetto costruttivo
	Controllo degli interassi e dei diametri dei rivetti	progetto costruttivo
	Controllo dei centraggi e della loro posizione	progetto costruttivo
	Controllo delle guarnizioni e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo degli elementi di testa del pannello	progetto costruttivo
	Controllo degli eventuali compensatori di gola	progetto costruttivo
	Controllo della verniciatura	progetto costruttivo

14.10.2.2 Controllo dei pannelli in cemento armato finito

Il controllo dei pannelli avverrà prelevando per ogni lotto omogeneo di produzione alcuni pannelli finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito nel rispetto delle relative norme di riferimento.

Il numero di pannelli da prelevare, opportunamente individuati dalla DL, sarà il seguente:

LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO m ²	NUMERO DI PANNELLI DA PRELEVARE
1000	1

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 42 di 51

Sui campioni prelevati saranno effettuati i seguenti controlli e prove:

Tabella 14.10.2.2-1: Controlli sul pannello in c.a. finito

PANNELLO	CONTROLLI E PROVE	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
CLS	Esame visivo e dimensionale dell'elemento	progetto costruttivo
	Prove sclerometriche	UNI EN 12504-2
	Controllo della geometria e dei diametri delle armature	progetto costruttivo
	Controllo delle boccole di imbracaggio e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo dei centraggi e della loro posizione	progetto costruttivo
	Controllo delle guarnizioni e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo

14.10.2.3 Controllo dei pannelli in vetro finito

Il controllo dei pannelli avverrà prelevando per ogni lotto omogeneo di produzione alcuni pannelli finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito nel rispetto delle relative norme di riferimento.

Il numero di pannelli da prelevare, opportunamente individuati dalla DL, sarà il seguente:

LOTTO OMOGENEO DA SOTTOPORRE A CONTROLLO m ²	NUMERO DI PANNELLI DA PRELEVARE
1000	1

Sui campioni prelevati saranno effettuate le seguenti prove:

Tabella 14.10.2.3-1: Controlli sul pannello in vetro finito

PANNELLO	CONTROLLI E PROVE	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
VETRO	Esame visivo e dimensionale dell'elemento	progetto costruttivo
	Controllo della posizione e dei diametri delle viti e/o rivetti	progetto costruttivo
	Controllo degli imbracaggi e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo dei centraggi e della loro posizione	progetto costruttivo
	Controllo delle guarnizioni in gomma e della loro posizione geometrica	progetto costruttivo
	Controllo della zincatura sul telaio	UNI EN ISO 1461
	Prova resistenza agli urti	UNI EN 356
	Controllo della verniciatura sul telaio (presenza di bolle, sfogliature, uniformità di colore ecc.)	progetto costruttivo

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 43 di 51

14.10.2.4 Controllo dei materiali costituenti i pannelli

Tutti i materiali costituenti i pannelli per barriere antirumore dovranno essere corredati di certificato di origine emesso dal produttore.

14.10.2.4.1 Acciaio inox

Le provette per le prove dovranno essere ricavate dai prodotti finiti.

Sulla lamiera di acciaio inox verranno effettuate le prove riportate in tabella 14.10.2.4.1-1.

Tabella 14.10.2.4.1-1: Prove acciaio inox

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Snervamento	UNI EN 10088-1 UNI EN 10088-2 UNI EN ISO 6892-1	$\geq 230 \text{ N/mm}^2$
Rottura		$540 \div 750 \text{ N/mm}^2$
Allungamento a rottura		$\geq 45 \%$
Analisi chimica	ASTM A240	Tipo S304
Corrosione	UNI EN 3651-2	Nessuna cricca

Sulla vernice, dovranno essere effettuate le seguenti prove:

Tabella 14.10.2.4.1-2: Prove sul film di verniciatura

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Aderenza a. Trazione b. Quadrettatura	UNI EN ISO 4624 UNI EN ISO 2409	$\geq 2 \text{ Mpa}$ Grado 0 (nessun distacco)
Resistenza agli urti	UNI EN ISO 6272 parti 1-2	- la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 70-80 cm sul dritto - la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 30 cm sul rovescio
Spettro IR	-	Deviazioni da spettro di qualifica max 10%
Prova termogravimetrica (TGA)	ISO 11358	Deviazioni da spettro di qualifica max 10%
Prova di calorimetria differenziale a scansione (DSC)	ISO 11357 parti 2-3	Deviazioni da spettro di qualifica max 10%

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 44 di 51

14.10.2.4.2 Acciaio zincato e verniciato

L'acciaio del telaio del pannello in vetro dovrà essere sottoposto alle prove riportate in tabella 14.10.2.4.2-1.

Tabella 14.10.2.4.2-1: Prove acciaio zincato

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Snervamento	UNI EN 10025-1-2 UNI EN ISO 6892-1	$\geq 275 \text{ N/mm}^2$ (S275JR)
Rottura		$430 \div 580 \text{ N/mm}^2$ (S275JR)
Allungamento a rottura		$\geq 15 \%$ (sp. ≤ 1)
		$\geq 16 \%$ ($1 < \text{sp.} \leq 1,5$)
		$\geq 17 \%$ ($1,5 < \text{sp.} \leq 2$)
		$\geq 18 \%$ ($2 < \text{sp.} \leq 2,5$)
		$\geq 19 \%$ ($2,5 < \text{sp.} < 3$)
Analisi chimica		In funzione della tipologia di acciaio

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio zincato a caldo potranno essere accettate ridotte del 10% rispetto ai valori della normativa del prodotto grezzo.

Il controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti al ciclo di verniciatura omologato sarà effettuato secondo le procedure e le modalità operative previste nella sezione 6 del presente Capitolato.

14.10.2.4.3 Gomma (EPDM)

Le modalità da seguire per la preparazione dei campioni sono quelle descritte nella norma UNI ISO 23529, UNI ISO 4661-2.

Per l'intervallo di tempo tra la vulcanizzazione del prodotto, preparazione del campione ed esecuzione delle prove vale quanto indicato nella norma UNI ISO 23529.

Deve inoltre possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nelle tabelle del paragrafo **14.6.4.2** della presente sezione di Capitolato.

Le prove di norma dovranno essere effettuate su prodotti finiti. Per produzioni con particolari geometrie, previo accordo con il personale incaricato dei controlli delle FERROVIE, tutte le prove meccaniche e chimiche della suddette tabelle potranno essere effettuate su placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza del prodotto finito. In tal caso, dovranno prevedersi sul prodotto finito le seguenti prove di comparazione non particolarmente invasive per il prodotto stesso:

- determinazione della densità;
- determinazione del residuo in cenere;
- determinazione dello spettro IR.

In alternativa alle suddette prove di comparazione, potrà essere effettuata un'analisi termo-gravimetrica sul prodotto finito da confrontare con le placche provenienti dallo stesso lotto di mescolanza.

Per quanto concerne lo spettro IR (UNI ISO 4650), ricavato dal pezzo finito, lo stesso dovrà essere confrontato con il grafico ricavato dalla placca. I due grafici, oltre ad essere rappresentativi della mescola EPDM, dovranno avere le ascisse dei picchi massimi pressoché coincidenti.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 45 di 51

In merito alla densità ed al residuo in cenere ricavati sul pezzo finito, sono ammesse le seguenti tolleranze rispetto ai valori ricavati su placca:

Tabella 14.10.2.4.3-1: Tolleranze guarnizioni

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Densità	UNI ISO 2781	$\pm 2 \%$ (rispetto alla placchetta)
Residuo in cenere	UNI ISO 247	$\pm 1,5 \%$ (rispetto alla quantità di materiale prelevato dalla placchetta per la prova)

14.10.2.4.4 Bulloneria

Tutti gli elementi della bulloneria dovranno essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 14.6.4.1 della presente sezione di Capitolato.

I bulloni dovranno essere sottoposti alle prove riportate in tabella 14.10.2.4.4-1.

Tabella 14.10.2.4.4-1: Prove bulloneria

	PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
VITI	Rottura con trazione a cuneo/Resistenza trazione assieme	UNI EN ISO 898-1 UNI EN 898-2 UNI EN 15048-1	≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - $d \leq 16$ mm)
			≥ 830 Mpa (Classe 8.8 - $d > 16$ mm)
			≥ 1040 Mpa (Classe 10.9)
	Tenacità della testa per viti corte		Nessuna frattura
	Durezza HV		$250 \div 320$ (Classe 8.8 - $d \leq 16$ mm)
			$255 \div 335$ (Classe 8.8 - $d > 16$ mm)
	Analisi chimica		$320 \div 380$ (Classe 10.9)
DADI	Durezza		/
			$200 \div 302$ (Classe 8 - $d \leq 16$ mm)
			$233 \div 355$ (Classe 8 - $d > 16$ mm)
	Analisi chimica		$272 \div 353$ (Classe 10.9)
RONDELLE	Durezza		/
			≥ 300

14.10.2.4.5 Lana minerale

La lana minerale deve possedere le caratteristiche fisico-meccaniche riportate nella tabella 14.6.2.1-1 del paragrafo 14.6.2.1 ed essere sottoposta alle prove riportate nella tabella 14.6.2.1-2 del medesimo paragrafo.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 46 di 51

14.10.2.4.6 Polipropilene

La procedura adottata per la gomma nel paragrafo 14.10.2.4.3 dovrà essere adottata anche per il polipropilene per il quale i valori delle tolleranze ammesse per la densità ed il residuo in cenere ricavati sul pezzo finito, rispetto a quelli ricavati su placca, dovranno essere quelli riportati in tab. 14.10.2.4.6-1.

La placca in produzione dovrà essere conforme alle risultanze delle prove di qualifica di cui al par. 14.6.4.2.

Tabella 14.10.2.4.6-1: Tolleranze polipropilene

PROVA	NORMA DI RIFERIMENTO	LIMITI/CRITERI DI ACCETTAZIONE
Densità	UNI EN ISO 1183-1	$\pm 2 \%$ (rispetto alla placchetta)
Residuo in cenere	UNI EN ISO 3451-1	$\pm 2 \%$ (rispetto alla quantità di materiale prelevato dalla placchetta per la prova)

Per quanto concerne lo spettro IR (UNI ISO 4650), ricavato dal pezzo finito, lo stesso dovrà essere confrontato con il grafico ricavato dalla placca. I due grafici, oltre ad essere rappresentativi della mescola del polipropilene, dovranno avere le ascisse dei picchi massimi pressoché coincidenti.

14.10.2.4.7 Acciaio per cemento armato e calcestruzzo

Per i controlli di qualità dell'acciaio per c.a. (armatura in barre, in fili ed in rete elettrosaldata) e del calcestruzzo si rimanda alle NTC 2018 ed alla sezione 6 del presente Capitolato.

14.10.2.4.8 Vetro

La lastra di vetro dovrà avere le caratteristiche riportate al paragrafo 14.6.2.3 della presente sezione di Capitolato.

Inoltre, sottoposto alla prova di resistenza all'urto secondo la procedura si cui alla norma UNI 356, dovrà appartenere almeno alla Classe **P2A** (paragrafo 14.10.2.3), salvo diversa specifica indicazione in merito a maggiori prestazioni da parte del Progettista o della Direzione Lavori.

Con riferimento a quanto riportato al par. 14.6.2.3 della presente sezione di Capitolato, la prova finalizzata a limitare le rotture spontanee è denominata HST. Il vetro dovrà essere sottoposto a stabilizzazione termica a temperatura costante, controllata ed uniforme di 280 - 290°C per un tempo pari ad almeno 2 ore.

14.10.3 MONTANTI, BULLONI E TIRAFONDI

14.10.3.1 Controllo dei materiali

Per il collaudo dei materiali, per il controllo delle lavorazioni d'officina e per il montaggio in opera, si richiama l'osservanza della sezione 6 del presente Capitolato.

Per quanto concerne le saldature per la realizzazione delle strutture metalliche si richiama l'osservanza della sezione 6 del presente Capitolato.

I montanti dovranno essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 14.6.3.1 della presente sezione di Capitolato.

I tirafondi e gli elementi della bulloneria dovranno essere conformi a quanto riportato nel paragrafo 14.6.4.1 della presente sezione di Capitolato.

Il controllo dei bulloni e dei tirafondi avverrà prelevando alcuni elementi finiti su cui saranno effettuate le prove indicate di seguito, nel rispetto delle relative normative di riferimento.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 47 di 51

Il numero di elementi da prelevare, opportunamente individuati dalla DL, sarà il seguente:

N° elementi dello stesso lotto di produzione e stesso diametro	N° campioni da prelevare sui quali effettuare le prove (par. 14.6.4.1)
≤ 5000	2
5000 < N < 10000	4
≥ 10000	6

Sui campioni prelevati saranno effettuate le prove di cui alle tabb. 14.6.4.1-1 e 14.6.4.1-2.

14.10.3.2 Controllo sul montante finito

Le saldature ed i relativi controlli dovranno essere eseguiti nel rispetto sezione 6 del presente Capitolato.

Il trattamento di verniciatura dei montanti zincati a caldo dovrà essere eseguito con cicli omologati - su supporto zincato - in accordo alla sezione 6 del presente Capitolato.

Per il trattamento protettivo le prove sono quelle previste nella sezione 6 del presente Capitolato e, in particolare, le seguenti:

- verifica della zincatura secondo la Norma UNI EN ISO 1461;
- misura degli spessori degli strati protettivi secondo UNI EN ISO 2808;
- controllo dell'aderenza secondo UNI EN ISO 4624;
- controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti al ciclo di verniciatura omologato, secondo le procedure e le modalità operative previste nella sezione 6 del presente Capitolato.

Sui pezzi zincati a caldo si dovranno eseguire controlli visivi e di rilevamento dello spessore, il materiale dovrà risultare privo di scaglie, eccessi di zinco, noduli, rigonfiamenti, rugosità e parti taglienti che possano causare lesioni, cenere, residui di flusso, aree non rivestite e dovrà essere idoneo a ricevere il trattamento di verniciatura.

Lo zincatore dovrà procedere alla riparazione dei difetti in accordo al punto 6.3 della norma UNI EN ISO 1461; inoltre, per ogni lotto lavorato, dovrà rilasciare un certificato di conformità del prodotto fornito ai requisiti della norma su richiamata con riferimento al punto 6.1 (aspetto), al punto 6.2 (spessore) al punto 6.3 (riparazioni).

Prima dell'applicazione delle vernici le stesse dovranno essere sottoposte a controlli (spettro IR) per ogni **lotto di produzione**. I controlli dovranno essere eseguiti da laboratori accreditati secondo quanto riportato al paragrafo 14.6.1 della presente sezione di Capitolato.

Dopo l'applicazione, il verniciatore dovrà eseguire e certificare per ogni lotto di spedizione le caratteristiche del ciclo adottato. L'aspetto visivo, il rilevamento dello spessore e le prove di aderenza (pull-off e/o quadrettatura) secondo UNI EN ISO 2409 e UNI EN ISO 4624.

Avvertenze

Ultimate le lavorazioni in officina, sul prodotto finito dovranno essere effettuati in sequenza controlli da parte del Produttore, da un Ente Esterno autorizzato e qualificato e dalle Ferrovie nel rispetto della normativa

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 48 di 51

vigente e delle istruzioni ferroviarie.

Per ogni prodotto e/o materiale provato, risultato non idoneo, sono ammesse le riprove. Qualora le riprove dessero esito negativo il prodotto e/o materiale sarà definitivamente qualificato non idoneo. Se al contrario le riprove dessero esito positivo, si procederà ad un ulteriore prelievo e prove con il quale lo stesso prodotto e/o materiale sarà definitivamente qualificato idoneo oppure non idoneo a seconda se le prove daranno esito positivo oppure negativo.

Il prodotto e/o il materiale qualificato definitivamente non idoneo sarà identificato in maniera indelebile dalle FERROVIE e sarà accantonato e tenuto a disposizione delle FERROVIE stesse fino al termine della commessa.

Prima di procedere alla spedizione in cantiere, il materiale dovrà essere sottoposto a verifiche (certificati, esame visivo, controllo spessori e aderenza) da parte delle FERROVIE.

Tutti i montanti dovranno essere identificati con un numero seriale progressivo, visibile anche dopo la posa in opera, da apporre con punzonatura. Tale numero dovrà essere progressivo per tipologia e altezza di montante.

14.11 CONTROLLI IN OPERA

Dopo il montaggio in opera saranno effettuate a campione da parte delle FERROVIE verifiche di posizionamento dei montanti (interasse, verticalità, inghisaggi, ecc) e delle coppie di serraggio, in ragione minimo del 30% degli elementi, fatta salva altra percentuale indicata dalla Direzione Lavori. Tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito fino al 100% degli elementi stessi.

Per tali controlli si dovrà fare riferimento a lotti di circa 100 m di barriera della stessa tipologia.

In particolare, relativamente alle coppie di serraggio, il numero totale di tirafondi da controllare sarà il 60% interno alla linea ed il 40% esterno alla linea.

Per i controlli sarà utilizzata una chiave dinamometrica con certificato di taratura.

Nel caso in cui la verifica del posizionamento dei montanti non dia esito positivo, è necessario ripristinare gli stessi secondo la corretta geometria e posa in opera. Nel caso in cui la verifica del tirafondo non dia esito positivo si dovrà procedere nel seguente modo:

- nel caso in cui all'interno di un lotto di verifica un tirafondo non soddisfi i valori di serraggio, verranno controllati anche i valori dei tirafondi dei 2 montanti adiacenti. Nel caso questi soddisfino i valori, si provvederà solo al ripristino del tirafondo non verificato;
- in caso contrario, cioè anche il tirafondo di un montante adiacente non soddisfi i valori, le verifiche verranno estese ai tirafondi di altri 4 montanti adiacenti ai precedenti; se questi soddisfano i valori, si provvederà solo al ripristino dei tirafondi non verificati. In caso contrario, sarà necessario controllare tutti i tirafondi del lotto.

In caso di esecuzione di ritocchi del rivestimento protettivo, saranno effettuati controlli sulla finitura del rivestimento stesso e sui prodotti utilizzati dovranno essere eseguite le stesse prove che si effettuano di regola sui prodotti adottati in officina

14.12 COLLAUDO

Le barriere antirumore rientrano tra le categorie di opere soggette a collaudo al fine di accertarne la rispondenza a requisiti progettuali. Esso prevede il collaudo Tecnico Amministrativo, il collaudo Statico e il collaudo Acustico.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 49 di 51

14.12.1 COLLAUDO STATICO

Le barriere sono opere che includono sia la parte in fondazione che quella in elevazione, a sua volta composta dalla struttura portante e dalla pannellatura acustica.

Sono soggette a collaudo statico tutte le opere o le parti di opere che svolgono funzione portante e che interessano la sicurezza dell'opera e, conseguentemente, la pubblica incolumità.

Le attività da svolgere ai fini del collaudo statico sono descritte nella sezione 19 del presente Capitolato.

14.12.2 COLLAUDO ACUSTICO

Il collaudo delle caratteristiche acustiche della barriera deve essere eseguito e firmato da un tecnico competente in acustica ambientale.

Il collaudatore, dopo aver controllato la documentazione relativa alla progettazione acustica, provvederà alla misurazione dell'efficacia del sistema antirumore in esame in relazione agli obiettivi progettuali conformemente a quanto riportato nei seguenti paragrafi.

14.12.2.1 Prova di perdita per inserzione (Insertion Loss) della barriera in opera (accettabilità definitiva)

Sono previste le seguenti prove:

- ripetizione in fase di collaudo della barriera installata delle prove di cui al paragrafo 14.8.3 della presente sezione di Capitolato.

Il valore di DL_{RI} e DL_{SI} ottenuto non deve discostarsi in difetto per più di 1 dB rispetto al valore ottenuto nella prova di accettabilità provvisoria.

- prova per la determinazione della perdita per inserzione media Δ_i (in dB(A)) nei punti di misura di seguito specificati.

Si distinguono due situazioni:

- linee esistenti;
- linee di nuova costruzione o linee esistenti interessate da raddoppi, quadruplicamenti, velocizzazioni, etc..

Nella situazione 1), in assenza e presenza della barriera, per ogni punto P_i di misurazione saranno rilevati i livelli di esposizione L_{AE} per un numero complessivo di transiti di rotabili pari almeno a 40, equamente distribuiti sul binario più vicino e più lontano dalla barriera.

La tipologia dei convogli sarà costituita da treni viaggiatori (IC, Espressi, IR, ecc.) e merci con una ripartizione sul numero totale dei transiti pari rispettivamente al 75% e al 25%. I valori misurati per ogni transito saranno utilizzati per calcolare le medie aritmetiche delle perdite per inserzione relative ai transiti di treni viaggiatori e di treni merci. I due valori così ricavati saranno utilizzati per determinare il valore di attenuazione globale Δ_i , nei singoli punti P_i , con la stessa ripartizione di traffico viaggiatori/merci presa in considerazione per il progetto acustico della barriera.

I punti di misura P_i (almeno tre) saranno posti, in linea di massima, in un piano mediano rispetto all'intera lunghezza della barriera alle distanze di 10 e 25 metri dalla mezzeria del binario più vicino (lato misura) e all'altezza, riferita al p.d.f., rispettivamente di 1,5 metri (per $d=10$ m) e di 3,5 e 6,5 metri (per $d=25$ m).

Nella situazione 2) non ha significato l'effettuazione di misurazioni in assenza di barriera in quanto la

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 50 di 51

situazione acustica successiva alla realizzazione o al potenziamento della linea è radicalmente diversa da quella antecedente. La prova, pertanto, sarà eseguita con il cosiddetto “metodo indiretto”: le misurazioni saranno effettuate contemporaneamente in punti in corrispondenza della barriera e in un sito ‘analogo’, con gli stessi criteri previsti per il caso di linee esistenti (punti di misurazione, numero di transiti, grandezze da rilevare, determinazione della perdita per inserzione media, ecc.).

Prima di effettuare le misurazioni, comunque, occorre verificare che i due siti abbiano le stesse caratteristiche acustiche. A tale scopo si procede al confronto tra i livelli di esposizione ad almeno 10 transiti di convogli ferroviari, per ciascun binario, in due punti alla stessa altezza rispetto al piano del ferro ed alla stessa distanza dalla linea ferroviaria, uno in corrispondenza della barriera ed un altro nel sito ‘analogo’. La posizione dei due punti di misurazione deve essere tale che, in corrispondenza della barriera, i livelli di pressione sonora indotti dai transiti dei convogli ferroviari non risentano dell’effetto schermante della barriera stessa. Detti punti sono posti ad una distanza dalla linea ferroviaria maggiore di quella della barriera e ad un’altezza sul piano del ferro tale che l’angolo di elevazione del microfono rispetto alla rotaia più vicina sia maggiore dell’angolo di elevazione del bordo superiore della barriera per almeno 10°.

La media delle differenze tra i livelli di esposizione rilevati nei due siti non deve risultare maggiore di ± 1 dB in ogni banda di frequenza d'ottava nel campo 125÷4000 Hz e globalmente in ponderazione A. In presenza di valori maggiori si applicano, durante la prova di perdita per inserzione, dei termini correttivi (pari alla predetta media) ai valori rilevati nei punti di misurazione in corrispondenza della barriera o del sito ‘analogo’.

I valori della perdita per inserzione globale, nei punti P_i, non dovranno essere inferiori a quelli risultanti dagli elaborati di progetto.

14.12.2.2 Verifiche post operam dell’avvenuta mitigazione

Per l’accettabilità definitiva della barriera in opera, dal punto di vista della sua efficacia acustica, deve essere anche verificato il rispetto dei limiti di legge assunti a riferimento nella progettazione, seguendo la metodologia di prova descritta nell’allegato C del decreto del ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio del 16.03.1998 “*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico*”.

La verifica post operam dell’avvenuta mitigazione dei livelli di rumore ai ricettori potrà essere eseguita contestualmente ai rilievi effettuati per la valutazione dell’insertion loss di cui al punto precedente. Tale verifica deve essere eseguita da un tecnico competente in acustica ambientale.

Le prove dovranno essere condotte sui ricettori maggiormente esposti e localizzati nelle zone centrali e terminali dell’opera di mitigazione. Per le opere di lunghezza non superiore a 1000 metri, occorrerà prevedere un numero minimo di postazioni di misura pari a tre; per le opere di lunghezza maggiore, tale numero dovrà essere aumentato in maniera appropriata prevedendo una postazione di misura almeno ogni 350 metri di barriera.

Resta inteso che al fine di verificare la rispondenza delle prestazioni della barriera realizzata a quanto previsto in progetto, le misure ottenute in fase di monitoraggio post operam dovranno essere opportunamente riproporzionate tenendo conto del traffico di progetto.

14.13 TIPOLOGIE DI BARRIERE ANTIRUMORE PER IMPIEGHI FERROVIARI

14.13.1 BARRIERA STANDARD TIPO “HS”

Il progetto delle Barriere antirumore standard per impieghi ferroviari tipo HS è stato emanato nel 2005 (nota RFI-DIN\A0011\P\2005\0002423 del 6/10/2005) ed aggiornato nel 2010 con nota

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 14 BARRIERE ANTIRUMORE	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 14	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>AM</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>001</u> <u>B</u>	FOGLIO 51 di 51

RFI\DTC\INC\A0011\P\2010\0000600 del 6/10/2010 e nel 2014 per recepire le nuove Norme Tecniche 2008. Per gli elaborati progettuali si rimanda all'allegato A della parte II sezione 1 del Manuale di Progettazione di RFI.

14.13.2 BARRIERE VEGETALI

Per tali tipologie di barriere, si richiama la parte II sezione 1 paragrafo 1.6.3 della parte II sezione 1 del Manuale di Progettazione di RFI.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 C</u>	FOGLIO 1 di 20

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI	
PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
16.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE 16.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 16.3. DEFINIZIONI 16.4. ABBREVIAZIONI 16.5. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI 16.6. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI 16.7. COLLAUDI	

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30/12/2016	Emissione per Applicazione	D. Magnifico	A. Rinaldi	F. Iacobini
B	22/12/2017	Emissione per Applicazione	D. Magnifico	A. Rinaldi	F. Iacobini
C	21/12/2018	Emissione per Applicazione	P. Di Giacomo	A. Rinaldi	F. Iacobini

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 2 di 20

INDICE

16.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
16.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
16.2.1. NORMATIVA NAZIONALE	4
16.2.2. NORMATIVA EUROPEA.....	5
16.2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	5
16.3. DEFINIZIONI.....	6
16.4. ABBREVIAZIONI	6
16.5. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI.....	6
16.6. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI	7
16.6.1. RETI DI DISTRIBUZIONE	7
16.6.1.1. Scavi	7
16.6.1.1.1. Generalità.....	7
16.6.1.1.2. Difesa dalle acque.....	8
16.6.1.1.3. Utilizzazione dei materiali di risulta.....	8
16.6.1.1.4. Rimozione di trovanti	8
16.6.1.2. Particolari tipi di scavo	9
16.6.1.2.1. Scavi per attraversamenti speciali.....	9
16.6.1.2.2. Scavi per la manutenzione di tubazioni e opere accessorie	9
16.6.1.3. Movimentazione e stoccaggio dei materiali.....	9
16.6.2. POSA IN OPERA DELLE RETI INTERRATE	10
16.6.2.1. Posa in opera cavi interrati	10
16.6.2.2. Posa in opera di tubazioni interrate	10
16.6.2.3. Modifiche di reti esistenti.....	11
16.6.2.4. Riempimenti.....	11
16.6.2.4.1. Generalità.....	11
16.6.2.4.2. Materiali	11
16.6.3. MANUFATTI PER TOMBINI E SOTTOPASSI	13
16.6.4. TUBAZIONI PER DRENAGGI	13
16.6.4.1. Tubazioni eseguite con casseforme pneumatiche.....	13
16.6.4.2. Tubazioni eseguite con elementi prefabbricati.....	13
16.6.4.2.1. Tubi prefabbricati in calcestruzzo non armato	13
16.6.4.2.2. Tubi prefabbricati in calcestruzzo armato.....	13

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 3 di 20

16.6.5. RECINZIONI	14
16.6.5.1. Recinzione con paletti in c.a.p. e rete metallica.....	14
16.6.5.2. Recinzione formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato.....	14
16.6.5.3. Recinzione con muretto di base e sovrastante grigliato.....	14
16.6.5.4. Recinzione con muretto e sovrastante rete elettrosaldata zincata.....	15
16.6.5.5. Recinzione con paletti in profilato di ferro e rete zincata	15
16.6.6. BARRIERE ANTIVENTO.....	15
16.6.6.1. Materiali	15
16.6.6.1.1. Acciai da carpenteria	15
16.6.6.1.2. Tirafondi	16
16.6.6.1.3. Rivetti.....	16
16.6.6.1.4. Saldature.....	16
16.6.6.1.5. Rivestimenti protettivi.....	16
16.6.6.1.6. Prove sui materiali	16
16.6.6.2. Conglomerato cementizio.....	17
16.6.6.3. Acciaio per cemento armato	17
16.6.6.4. Acciaio da carpenteria metallica per micropali.....	17
16.6.6.5. Operazioni di montaggio	17
16.6.6.5.1. Messa in opera tirafondi.....	17
16.6.6.5.2. Messa in opera del montante	18
16.6.6.5.3. Messa in opera dei pannelli	19
16.7. COLLAUDI	20

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 C</u>	FOGLIO 4 di 20

1.1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione è parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001) e sostituisce la Sezione 16 della parte II del precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI CS SP IFS 010 B - del 22/12/2017).

Oggetto della presente Sezione del Capitolato è l'insieme delle tipologie di lavoro non incluse e/o non contemplate in altre sezioni del presente Capitolato.

Esse consistono in:

- reti di distribuzione;
- manufatti per tombini e sottopassi;
- tubazioni per drenaggi;
- recinzioni;
- barriere antiventto.

Si precisa che, nel rispetto dei principi generali di tutela ambientale, la gestione dei materiali di risulta e dei materiali da utilizzare per l'esecuzione delle lavorazioni oggetto del presente Capitolato potrà essere assoggettata ai disposti normativi per la gestione degli stessi in qualità di rifiuti o in esclusione dal regime dei rifiuti, per i quali si rimanda ai documenti specialistici di riferimento (progetto e documenti contrattuali) nonché a quanto disciplinato dalla normativa ambientale vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i., D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 D.M. 161/2012, L. 98/2013, D.M. 05/02/98 e s.m.i., D.M. 27/09/2010 aggiornato con il D.M. 24/06/2015 , etc.).

1.2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo. Si elencano di seguito la principale normativa e documentazione di riferimento.

1.2.1. NORMATIVA NAZIONALE

- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 30/4/1992 n. 285 “Nuovo codice della strada” e s.m.i.;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 “Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada” e s.m.i..
- D.P.R. 06/06/2001 n. 380 “Testo unico per l'edilizia” e s.m.i.;
- D.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché' per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.” e s.m.i.
- D.Lgs. 3/4/2006 n. 152 “Norme in materia ambientale” e s.m.i.;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18);
- D.Lgs. 9/4/ 2008 n. 81 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3/8/2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”
- Cir. C.S.I.LL.PP 2/02/2009 n. 617– Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14/01/2008 per quanto non in contrasto con il D.M. 17 gennaio 2018;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 5 di 20

- D.P.R. 5/10/2010 n. 207 “Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12/4/2006, n. 163, recante Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”;
- D.P.R. 13 giugno 2017, n.120 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”;
- Decreto Min. Infrastrutture e Trasporti 4/4/2014 n. 137 “Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”.

1.2.2. **NORMATIVA EUROPEA**

- UNI EN 1916 –2004 - Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali;
- UNI EN ISO 1461 – 2009 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova;
- UNI EN ISO 3210-2018 - Anodizzazione dell'alluminio e sue leghe - Valutazione della qualità del fissaggio degli strati di ossido anodico mediante misurazione di perdita di massa dopo immersione in soluzioni fosfo-cromiche acide;
- UNI EN ISO 8744-1999 - Spine ad intagli conici su tutta la lunghezza;
- UNI EN ISO 9227-2017 - Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina;
- UNI EN 10025 1/2-2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Condizioni tecniche generali di fornitura. Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;
- UNI EN 10048 –1998 - Nastri stretti di acciaio laminati a caldo - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma;
- UNI EN 10143-2006 - Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo - Tolleranze sulla dimensione e sulla forma;
- UNI EN 10263 1-2017 - Vergella, barre e filo di acciaio per ricalcatura a freddo ed estrusione a freddo Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- UNI EN 10263 5-2018 - Vergella, barre e filo di acciaio per ricalcatura a freddo ed estrusione a freddo Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura degli acciai inossidabili
- UNI EN 10346-2015 - Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo - Condizioni tecniche di fornitura;
- UNI EN 13055-2016 - Aggregati leggeri.

1.2.3. **DOCUMENTAZIONE TECNICA**

- UNI 3740-1999- Elementi di collegamento filettati di acciaio;
- UNI 9202 – 2011 - Rivetti tubolari filettati con testa svasata;
- UNI 11013-2002- Aggregati leggeri - Argilla e scisto espanso - Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale;
- UNI 14399–4–2015 - Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 4: Sistema HV-Assieme vite e dado esagonali;
- UNI 14399–6 – 2015 - Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 6: Rondelle piane smussate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 6 di 20

1.3. DEFINIZIONI

Contratto: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

Direzione lavori: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

Direttore Lavori: figura incaricata di esercitare, per conto del Committente, tutte le attività finalizzate alla direzione ed al controllo tecnico, contabile ed amministrativo dell'esecuzione dei contratti di appalto curando che i lavori siano eseguiti a regola d'arte, in conformità del progetto e del contratto e nel rispetto della normativa vigente.

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

Prova: forma di verifica che si effettua in ragione del contratto, delle disposizioni normative, delle disposizioni delle FERROVIE.

1.4. ABBREVIAZIONI

ASTM: American Society for Testing and Materials

c.a.: conglomerato cementizio armato;

cls: conglomerato cementizio;

CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche

HV: Hardness Vickers (durezza Vickers);

NTC: Norme Tecniche per le Costruzioni

PEAD: Polietilene ad Alta Densità

PRFV: Plastica Rinforzata con Fibre di Vetro

PVC: Polivinile Cloruro

RFI: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.;

UNI: Ente Nazionale Italiano di Normazione

1.5. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

L'ESECUTORE dovrà fornire tutti i materiali di consumo necessari per l'esecuzione dei lavori e per la realizzazione delle opere.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 C</u>	FOGLIO 7 di 20

Quindi, a titolo indicativo e non esaustivo, saranno a carico dell'ESECUTORE i carburanti e lubrificanti per le proprie macchine, grassi, solventi e quant'altro necessario. Dovrà quindi provvedere ai materiali per la realizzazione delle giunzioni dei tubi (come elettrodi, ossigeno e acetilene), ai materiali per la costruzione di opere murarie ed accessorie (come mattoni, cemento e inerti) e per l'ancoraggio delle tubazioni (come cemento e zanche), alle armature di sostegno e ai ponteggi (come tavole, reggette, chiodi e gattelle), ai materiali per rinterri e ripristini (come sabbia, ghiaia, pozzolana, pietrisco e bitume).

I materiali forniti dall'ESECUTORE dovranno essere conformi a quanto indicato dalle leggi vigenti, dal progetto e dalle specifiche tecniche applicabili.

1.6. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

1.6.1. RETI DI DISTRIBUZIONE

Il presente capitolo riguarda tutti quei lavori connessi con la costruzione di reti di distribuzione o di raccolta di qualsiasi tipo, connesse con la costruzione di fabbricati.

Riguarda altresì la deviazione e/o i rifacimenti di reti esistenti ed interferenti con la linea ferroviaria e/o con le reti in costruzione.

1.6.1.1. Scavi

La gestione delle terre e rocce da scavo dovrà avvenire secondo quanto prescritto dal D.Lgs. 152/06 Norme in materia ambientale e s.m.i., e secondo quanto prescritto nella Sezione 5 "Opere in terra e scavi" e nella sezione 20 "Gestione delle rocce e terre da scavo" del presente Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

1.6.1.1.1. Generalità

L'ESECUTORE accerterà, a sua cura e spese, la presenza di tutti quei servizi che possono interessare lo scavo e li segnalerà sul terreno.

L'ESECUTORE eseguirà poi il tracciato dello scavo sia come larghezza sia come andamento dell'asse, in modo che lo scavo risulti il meno possibile interessato dai servizi individuati.

L'ESECUTORE non dovrà, in alcun caso, manomettere, spostare o tagliare cavi o qualsiasi tubazione interrata o quant'altro interferente con lo scavo, prima di averne accertata la natura e la funzione e prima di aver avuto le necessarie autorizzazioni dal proprietario/esercente; in ogni caso il tutto dovrà essere sempre segnalato alla DIREZIONE LAVORI.

Il taglio dell'eventuale manto stradale e della fondazione o la demolizione della pavimentazione di qualsiasi tipo e spessore dovranno essere effettuati con adatti mezzi d'opera. Il taglio del manto di usura e della fondazione dovrà essere eseguito in modo da evitare danni, non strettamente necessari, alla pavimentazione e non dovrà avere, di norma, una larghezza superiore di 20 cm. rispetto a quella dello scavo. L'Esecutore provvederà direttamente a richiedere le autorizzazioni che si rendessero necessarie al proprietario/gestore di una opera su cui si dovrà intervenire, senza alcun tipo di onere aggiuntivo da corrispondere da parte delle Ferrovie.

Gli scavi per qualsiasi genere di lavoro, eseguiti a mano e/o con mezzi meccanici, in terreni e/o materiali di riporto di qualsiasi natura e consistenza, sia all'asciutto che in acqua, dovranno essere eseguiti così come impongono le leggi vigenti in materia di sicurezza su lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/08 e la buona tecnica. Essi avranno dimensioni tali da consentire la posa delle tubazioni interrate secondo la normativa vigente.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 C</u>	FOGLIO 8 di 20

Sarà cura e onere dell'ESECUTORE evitare franamenti delle pareti dello scavo, per tutto il tempo durante il quale gli scavi rimarranno aperti; a tale scopo Egli dovrà provvedere ad effettuare le necessarie ed idonee opere provvisorie a sostegno delle pareti dello scavo.

Resteranno a totale carico dell'ESECUTORE tutti gli oneri connessi con i lavori necessari alla rimozione di eventuali materiali franati nello scavo già eseguito e il riempimento della maggiore sezione di scavo con materiale e modalità idonei. L'ESECUTORE risponderà dei danni arrecati a persone o cose a seguito di frane e smottamenti.

1.6.1.1.2. Difesa dalle acque

L'ESECUTORE dovrà provvedere a sua cura e spese:

- alla realizzazione e manutenzione delle opere necessarie affinché le acque, anche piovane, che eventualmente scorrono sulla superficie del terreno, siano deviate in modo da non riversarsi negli scavi;
- alla rimozione di ogni impedimento che si opponga al regolare deflusso delle acque e di ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo all'apertura di fossi di guardia, di canali fognari, scoline, pozzi perdenti ecc.

Il tutto sarà eseguito senza provocare danni ad altri manufatti od opere e senza causare interruzioni nei lavori degli impianti in genere. In ogni caso, i materiali destinati alla costruzione delle reti non dovranno essere usati per la creazione di fossi o canali per il convogliamento di acque e per la copertura, anche provvisoria, di fossati.

1.6.1.1.3. Utilizzazione dei materiali di risulta

I materiali provenienti dagli scavi di ogni genere o dalle demolizioni potranno essere riutilizzati per i rinterri, ove ritenuti idonei, nel rispetto di quanto prescritto dalla normativa vigente in materia e dalla sezione 5 "Opere in terra e scavi" e dalla sezione 20 "Gestione delle terre e rocce da scavo" del presente Capitolato.

L'ESECUTORE dovrà eseguire i lavori di scavo e di rinterro in modo tale da non creare situazioni di pericolo e non recare danno ai fabbricati e alle opere limitrofe. Dovrà inoltre aver cura di non danneggiare la pavimentazione stradale con il movimento dei propri mezzi e/o le colture non direttamente interessate dall'esecuzione dei lavori.

L'ESECUTORE dovrà pertanto adottare, a sua cura e spese, tutti i provvedimenti atti ad evitare danni e a garantire l'incolumità di persone e cose restando di tali rischi l'unico responsabile.

1.6.1.1.4. Rimozione di trovanti

Nel caso di rinvenimento nello scavo di trovanti l'ESECUTORE dovrà, previa autorizzazione da parte del Direttore dei Lavori, provvedere alla loro frantumazione e rimozione, qualora gli stessi non siano asportabili con i normali mezzi di scavo, e provvedere al riutilizzo/smaltimento del materiale secondo le disposizioni di norma e della DL.

Per tale lavoro potrà usare mezzi preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 9 di 20

1.6.1.2. Particolari tipi di scavo

1.6.1.2.1. Scavi per attraversamenti speciali

Saranno eseguiti a mano o con mezzi meccanici a seconda della natura del terreno attraversato e delle difficoltà di esecuzione.

Nel caso di attraversamenti subalveo di fiumi, torrenti o canali, lo scavo dovrà essere effettuato con mezzi adeguati alla difficoltà di esecuzione connesse con l'ampiezza dell'attraversamento e la natura del terreno.

Il fondo scavo, alla profondità di progetto, dovrà avere un andamento orizzontale e sarà mantenuto in tali condizioni per tutta la durata del varo della tubazione. In golenza, la larghezza in sommità della trincea e la pendenza delle pareti saranno adeguate alla consistenza e alle caratteristiche del terreno.

1.6.1.2.2. Scavi per la manutenzione di tubazioni e opere accessorie

Questi lavori saranno normalmente eseguiti per rendere possibile interventi su reti esistenti (riparazioni dispersioni, collegamenti, adeguamento di reti, ecc.).

L'ESECUTORE, oltre ad osservare tutte le modalità precedentemente descritte, dovrà usare particolari accorgimenti per non danneggiare la rete già posta in opera.

In particolare:

- nelle fasi iniziali di scavo, si dovrà operare con la massima cura e attenzione in modo tale da individuare esattamente la posizione e la profondità della rete e degli eventuali servizi adiacenti;
- potranno essere usati mezzi meccanici per lo scavo avendo sempre cura che gli stessi non vengano mai a contatto con la rete; la restante parte dello scavo dovrà essere eseguita a mano;
- dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti atti ad evitare deformazioni dell'asse geometrico della rete, abbassamenti e/o galleggiamenti che possano provocare danni alla rete esistente o in costruzione.

1.6.1.3. Movimentazione e stoccaggio dei materiali

Tutti i materiali dovranno essere stoccati in maniera tale da evitare qualsiasi tipo di danno al materiale stesso e/o al loro rivestimento. In particolare si dovrà:

- stoccare al chiuso o in area coperta tutti quei materiali che possono danneggiarsi per esposizione alle intemperie (sole, polvere, gelo, etc.);
- non accatastare in pila i materiali, e in ogni caso interporre tra gli strati opportuni distanziatori;
- movimentare i materiali con mezzi opportuni e con l'uso di braghe a fascia di larghezza opportuna;
- è escluso in ogni caso lo scarico dei materiali mediante caduta dello stesso dal mezzo di trasporto. In casi particolari è tollerato l'uso di scivoli inclinati, purché il materiale da scaricare sia opportunamente trattenuto;
- nel caso il materiale venga predisposto a piè d'opera per ulteriori lavorazioni si dovranno adottare tutti gli accorgimenti atti ad evitare danneggiamenti al materiale o al suo rivestimento;
- nel caso di stoccaggio di materiali pericolosi (infiammabili, esplosivi, etc.) dovranno adottarsi tutte le misure imposte dalle normative vigenti quali, ma non limitatamente:
 - ventilazioni dei magazzini chiusi;
 - protezioni dai raggi del sole;

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 10 di 20

- recinzioni particolari;
- zone di rispetto.

1.6.2. POSA IN OPERA DELLE RETI INTERRATE

1.6.2.1. Posa in opera cavi interrati

La posa in opera dei cavi interrati riguarda il tiraggio dei cavi posti in trincea, dei cavi direttamente interrati, dei cavi posati in cunicoli di cemento, dei cavi tirati in tubo.

Tutti i cavi in matasse o bobine dovranno essere trasportati e posati in modo da evitare danneggiamenti. Non è consentito il rotolamento delle bobine, tranne per i piccoli spostamenti e per la sistemazione delle bobine sui cavalletti.

Ogni cavo sarà posato in trincee o canalette in cemento sopra uno strato di sabbia, in accordo ai disegni di progetto.

Lo svolgimento del cavo dovrà essere eseguito con le bobine sul carrello o su cavalletti che ne consentano la facile rotazione e tirando il cavo in modo che lasci la bobina dal basso.

Durante la posa il cavo deve appoggiare su rulli posati tra di loro a una distanza tale che il cavo non strisci sul terreno o sulla sabbia.

Il tiraggio dei cavi sarà eseguito a mano o mediante adatte macchine tiracavi rispettando il massimo sforzo di trazione ammesso dal costruttore dei cavi stessi. L'ESECUTORE deve accertarsi presso il fornitore in merito ai valori di cui sopra.

Il taglio a misura dei cavi dovrà essere fatto all'atto della posa in opera degli stessi, lasciando conveniente margine per l'esecuzione delle terminazioni.

Una volta eseguito il taglio della pezzatura della bobina, i terminali del cavo e quello rimasto sulla bobina dovranno essere sigillati in maniera corretta.

La posa dei cavi dovrà essere effettuata in accordo alle sezioni ed ai disegni di progetto.

La spaziatura tra i cavi dovrà essere realizzata in accordo al progetto.

Tutti i cavi dovranno essere identificati lungo il loro percorso mediante fascette in plastica o in piombo collocate ogni 30/40 m, recanti il contrassegno del cavo in accordo con l'Elenco Cavi del Progetto.

Nel caso in cui il cavo debba essere posato in apposito tubo, tutte le tubazioni portacavi dovranno essere accuratamente pulite e soffiate con aria prima dell'infilaggio. I cavi saranno infilati sui tubi portacavi già completi e fissati in tutte le loro parti.

Nel caso di posa su apposite canalette portacavi, ogni cavo dovrà essere posato su passerelle già complete e fissate in ogni loro parte. I cavi dovranno essere posati in maniera da assumere un andamento il più possibile rettilineo e dovranno essere fissati con fascette fermacavo in PVC o con morsetti metallici nel caso di passerelle verticali.

1.6.2.2. Posa in opera di tubazioni interrate

La posa in opera delle tubazioni interrate riguarda le operazioni connesse con la stesura dei tubi, sigillatura dei giunti e collaudo delle linee interrate così come indicato sui disegni di progetto.

Le tubazioni potranno essere in acciaio, PVC, PRFV, PEAD cemento e del tipo ovoide in cemento armato vibrato o comunque come mostrato sui disegni di progetto. Le linee dovranno essere poste in opera con le

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 C</u>	FOGLIO 11 di 20

pendenze indicate, poggiate su idoneo sottofondo in modo da non danneggiare la tubazione e/o il suo rivestimento.

Tutti i materiali saranno forniti da qualificati rivenditori in grado di assicurare e fornire i quantitativi di materiali congrui con l'opera da eseguire e le relative certificazioni.

Le tubazioni prima del collaudo dovranno essere pulite mediante soffiaggio e nel caso di acqua potabile o sanitaria mediante lavaggio.

L'ESECUTORE dovrà predisporre tutta l'attrezzatura necessaria per le operazioni sopra descritte.

Per tutte le tipologie di materiali usati, ove non già definito in progetto, l'ESECUTORE dovrà comunicare alla DIREZIONE LAVORI le procedure di connessione (giunti saldati, giunti incollati, giunti a bicchiere, etc.) che intende utilizzare.

Per tubazioni convoglianti liquidi e gas attraversanti la ferrovia o poste in parallelo ad essa dovranno adottarsi tutti gli accorgimenti e prescrizioni dettati dal D. Min. Infrastrutture e Trasporti 04/04/2014 "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto".

1.6.2.3. Modifiche di reti esistenti

Nel caso di interferenze con reti esistenti, interrate e non interrate, tali da richiedere una modifica di tracciato della rete esistente l'ESECUTORE provvederà direttamente a produrre le necessarie autorizzazioni, a prendere i necessari accordi con l'Ente proprietario delle reti, a concordare le modalità operative di intervento, informando comunque e costantemente la Direzione Lavori, senza alcun tipo di onere aggiuntivo da corrispondere all'ESECUTORE.

Resta inteso che la modifica di tracciato sarà eseguita rispettando tutte le norme, specifiche e procedure in vigore presso l'Ente proprietario.

1.6.2.4. Riempimenti

1.6.2.4.1. Generalità

Nel caso di scavi all'interno dei quali siano presenti tubazioni e/o cavi, il rinterro dovrà essere eseguito con modalità e materiali di riempimento idonei come per legge; in particolare l'ESECUTORE dovrà evitare che sassi, massi, materiali di risulta, spezzoni di altre tubazioni, siano gettati all'interno dello scavo. Il rinterro di scavi, all'interno dei quali siano presenti tubazioni in polietilene, deve essere effettuato in maniera tale da consentire che il tubo si assesti assumendo la temperatura del terreno. In particolare una delle estremità della tratta della condotta dovrà essere mantenuta libera di muoversi curando che il riempimento dello scavo abbia inizio dalla parte opposta.

Sono ammessi rinterri parziali nel caso sia necessario "bloccare" la tubazione; in ogni caso dovranno rimanere scoperte ed ispezionabili tutte le giunzioni, fino ad effettuazione con esito positivo dei collaudi previsti.

1.6.2.4.2. Materiali

Si definiscono due classi di materiale di riempimento:

- materiale di riempimento di tipo A, posato immediatamente sotto, sopra e di fianco alla rete secondo le modalità e gli spessori di progetto;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 C</u>	FOGLIO 12 di 20

- materiale di riempimento di tipo B, posato al di sopra del materiale di tipo A fino alla quota del piano di campagna o alla quota di inizio della sottofondazione della pavimentazione e, comunque, non a contatto con la rete.

Il materiale di tipo A dovrà essere un materiale prevalentemente costituito da sabbia o pozzolana o comunque come previsto in sede di progetto e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- almeno il 95% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 6 mm;
- almeno il 70% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 2 mm;
- non più del 5% in peso del materiale dovrà avere dimensioni inferiori a 0,063 mm (UNI 11531-1);
- dovrà essere esente da detriti, materiale organico, pietre o qualsiasi altro materiale estraneo.

Il materiale di riempimento di tipo B dovrà essere preferibilmente costituito da sabbia, ghiaia e ciottoli o pozzolana, onde preconstituire un buon sottofondo per le pavimentazioni stradali.

Ove non esistessero problemi di pavimentazione e/o di servizi vicini potrà essere utilizzato, nel rispetto delle norme vigenti, materiale di risulta, il quale dovrà comunque essere esente da detriti, materiale organico e pietre di grosse dimensioni (> di 20 cm).

La posa in opera del materiale di rinterro di tipo A dovrà avvenire secondo le modalità indicate di seguito:

- strato di fondazione sotto la rete: deposto sul fondo dello scavo a strati di spessore non superiore di 15 cm, compattato a mano con cura ordinaria mediante l'utilizzo di pala. Il materiale dovrà essere posto in opera per tutta la larghezza della trincea. Lo spessore minimo finale dello strato al di sotto della rete dovrà essere come da progetto e comunque non inferiore a 7 cm;
- strato o strati di rinfianco: la compattazione dello stesso sarà prescritta in fase di progetto;
- strato di copertura: dovrà essere posto in opera senza compattazione realizzando lo spessore di progetto e comunque uno spessore non inferiore a cm 15.

La posa in opera del materiale di tipo B dovrà sempre avvenire in modo tale da evitare che venga meno lo spessore di ricoprimento minimo di progetto per il materiale di tipo A. Una compattazione a strati di spessore non superiori a 30 cm con piastra vibrante o similare dovrà essere eseguita laddove è previsto l'uso di materiale granulare grossolano sotto a pavimentazioni stradali. Una compattazione ordinaria è da prevedersi in casi diversi.

L'ESECUTORE dovrà sempre accertare che il rinterro sia eseguito in modo tale che non vi siano cavità superficiali o interne al materiale di rinterro che possono costituire pericolo alle persone e/o animali e mezzi.

Considerata l'attenzione che deve essere posta nel posizionamento dei tubi, l'ESECUTORE dovrà curare particolarmente l'alloggiamento dei giunti in modo tale da garantire che la reazione del terreno sia distribuita lungo tutto il tubo e non sia concentrata in corrispondenza degli elementi di giunzione. Nel caso di giunti a bicchiere dovranno essere previste, in corrispondenza di ciascun giunto, opportune sedi preparate nello strato sabbioso di base. Qualora risultasse necessario procedere in modo diverso da quanto sopra specificato l'ESECUTORE dovrà comunque evitare il ricorso a blocchi o mattoni o mucchi di sabbia, mentre è consentito l'impiego di sacchetti di sabbia.

L'ESECUTORE dovrà curare la manutenzione continua dei rinterri in modo da mantenere il piano viabile perfettamente piano, senza avvallamenti o convessità, tale da garantire la viabilità e la sicurezza della sede stradale fino al ripristino della pavimentazione, fatte salve diverse prescrizioni degli Enti locali interessati.

Alla profondità prevista in progetto, e ove richiesto dal progetto o dalla DIREZIONE LAVORI, dovranno essere posti in opera un opportuno segnale di presenza e identificazione della rete, realizzato con rete, nastro, mattoni in cotto o cls, secondo la tipologia prevista dal progetto.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 13 di 20

1.6.3. MANUFATTI PER TOMBINI E SOTTOPASSI

Per i manufatti per tombini e sottopassi realizzati in opera valgono le prescrizioni contenute nella Sezione 6 “Opere in conglomerato cementizio armato” del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili di RFI.

Il rinterro dell'opera dovrà realizzato tenendo conto delle disposizioni legislative vigenti e delle prescrizioni riportate nella Sezione 5 “Opere in terra e scavi” e della sezione 20 “Gestione delle terre e rocce da scavo” del presente Capitolato e in particolare, ove applicabile, di quanto previsto nella parte rilevato in prossimità delle opere d'arte.

Per quanto riguarda la spinta di manufatti sotto la sede ferroviaria, si dovrà fare riferimento a quanto prescritto nella Sezione 12 “Ponti, viadotti e sottovia” del presente Capitolato.

1.6.4. TUBAZIONI PER DRENAGGI

Le tubazioni in cemento saranno eseguite impiegando casseforme pneumatiche oppure tubi prefabbricati, in conformità ai tipi normali e agli spessori indicati nei disegni tipo di progetto.

1.6.4.1. Tubazioni eseguite con casseforme pneumatiche

Il calcestruzzo impiegato per la costruzione della platea, i rinfianchi e la volta sarà del tipo IV secondo le NTC 2008.

1.6.4.2. Tubazioni eseguite con elementi prefabbricati

A seconda delle condizioni d'uso, potranno essere utilizzati tubi in calcestruzzo vibrocompresso non armato o armato, con le caratteristiche e le specifiche riportate nei paragrafi seguenti.

1.6.4.2.1. Tubi prefabbricati in calcestruzzo non armato

Saranno previsti tubi con classe di resistenza a rottura $\geq 60 \text{ kN/m}$

I tubi prefabbricati saranno realizzati a sezione circolare in calcestruzzo vibrocompresso non armato, conformi alla normativa europea UNI EN 1916, confezionati con inerti di cava e di fiume vagliati e lavati per ottenere un calcestruzzo di classe $> 40 \text{ N/mm}^2$.

I tubi dovranno essere di lunghezza non inferiore a m 2, con giunto a bicchiere esterno con anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 681, incorporato nel getto e saldamente ancorato al tubo.

I tubi dovranno essere autoportanti e saranno posti in opera in scavo a trincea stretta per profondità di interrimento variabili da 1 a 3 m, calcolati dall'estradosso superiore del tubo.

I tubi saranno prefabbricati in stabilimento specializzato con impianti automatici; controllati, collaudati e certificati secondo la normativa vigente, con impressa la marcatura secondo quanto indicato nel punto 8 della norma UNI EN 1916.

1.6.4.2.2. Tubi prefabbricati in calcestruzzo armato

Saranno previsti tubi con classe di resistenza a rottura $\geq 90 \text{ kN/mt}$ e con classe di resistenza a rottura $\geq 1350 \text{ kN/m}$

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 14 di 20

I tubi prefabbricati saranno realizzati a sezione circolare di calcestruzzo vibrocompresso armato con gabbia rigida in acciaio BE 450 C, con classi minime di resistenza indicate nella normativa europea UNI EN 1916, confezionati con inerti di cava e di fiume vagliati e lavati per ottenere un calcestruzzo di classe > 45 N/mm².

I tubi dovranno essere di lunghezza non inferiore a 2 m, con giunto a bicchiere e anello di tenuta in gomma, conforme alle norme UNI EN 681, incorporato nel getto e saldamente ancorato al tubo.

I tubi dovranno essere autoportanti e saranno posti in opera in scavo a trincea stretta per profondità di interrimento variabili da 1 a 4 m, calcolati dall'estradosso superiore del tubo.

I tubi saranno prefabbricati in stabilimento specializzato con impianti automatici; controllati, collaudati e certificati secondo la normativa vigente, con impressa la marcatura secondo quanto indicato nel punto 8 della norma UNI EN 1916.

1.6.5. RECINZIONI

1.6.5.1. Recinzione con paletti in c.a.p. e rete metallica

La recinzione sarà costituita con fili di acciaio zincato del diametro di 3 mm a maglia di 6x6cm e altezza di 130 cm, montati su sostegni di conglomerato cementizio armato prefabbricato e precompresso di dimensioni di cm 8x8 e posti ad interasse di cm 250, con fili di irrigidimento e tiranti, ancorati al terreno mediante blocco di base in conglomerato cementizio con classe di resistenza C16/20 e delle dimensioni di cm 25x25x50. I sostegni in cemento armato precompresso dovranno essere in grado di sopportare una forza orizzontale in sommità di 100 daN.

I cancelli pedonali dovranno essere muniti di serratura.

Sulla recinzione dovranno essere predisposti cartelli monitori di cm 25x15 ogni 100 m in materiale plastico pesante di colore nero con stampate in rilievo la dicitura di colore bianco: "Proprietà RFI Vietato l'accesso". Quanto detto per i cartelli monitori vale anche per le tipologie di recinzione descritte ai successivi punti.

1.6.5.2. Recinzione formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato

La recinzione sarà formata con lastre prefabbricate in c.a. vibrato dello spessore di 6 cm, con una faccia liscia e una nervata, posta in opera a incastro in pilastri prefabbricati in c.a. vibrato con sezione a doppio T.

I pilastri devono essere posti ad interasse di 3,10 m e fissati al terreno per un'altezza non inferiore a 0,50 m mediante blocco di base o cordolo di fondazione in conglomerato cementizio.

Tutte le connessioni devono essere sigillate con malta cementizia.

1.6.5.3. Recinzione con muretto di base e sovrastante grigliato

Il muretto sul quale andrà montata la recinzione sarà in cemento armato, a faccia a vista.

La parte fuori terra di detto muro non sarà inferiore a 70 cm e non sarà superiore a 100 cm e avrà una larghezza di 30 cm.

Nel muro di cui sopra andranno incastrate le piantane in ferro piatto a sostegno degli elementi modulari della griglia.

L'altezza del grigliato sarà di 1,70 m circa; l'interasse delle piantane sarà, di norma, pari a 2m.

Il peso del grigliato sarà di 15 Kg/m² ± 20% e comunque in conformità ai documenti di progetto.

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 15 di 20

Sia le piantane che il grigliato saranno protetti con un trattamento protettivo di zincatura a caldo conforme alle norme UNI EN ISO 1461. La bulloneria per il fissaggio dei pannelli alla piantana dovrà essere in acciaio inox, antifurto con dado a strappo.

1.6.5.4. Recinzione con muretto e sovrastante rete elettrosaldata zincata

Il muretto avrà caratteristiche uguali a quelle descritte per la recinzione del tipo precedente.

Le piantane per questo tipo di recinzione, la cui altezza misurata dalla sommità del muretto sarà di 1,80 m, saranno poste a un interasse di metri 1,50.

La rete elettrosaldata da infiggere sarà zincata a caldo e avrà diametro spaziatura dei ferri tale da raggiungere il peso di $3,5 \text{ Kg/m}^2 \pm 15\%$.

1.6.5.5. Recinzione con paletti in profilato di ferro e rete zincata

Sarà costituita da:

- paletti intermedi in profilato di acciaio (A34UNI EN 10048) zincato, con sezione a T 40 x 40 mm, di spessore 5 mm, con altezza 170 cm e interasse pari a 2,5 m. Saranno fissati nel terreno per una profondità di m 0,50 mediante blocco di cemento magro a rapida presa aventi dimensioni minime 25 x 25 x 50 cm;
- rete a maglia quadra 60 x 60 elettrosaldata, in filo zincato crudo 3 mm, per un'altezza totale, comprese le sporgenze, di m 1,85, del peso di circa $\text{Kg } 7/\text{m}^2$ completo di n 3 fili di tensione in acciaio zincato.

La recinzione sarà completata dai fili per legature, dai bulloni in acciaio zincato, compreso gli scavi e il calcestruzzo per le fondazioni.

1.6.6. BARRIERE ANTIVENTO

Le barriere antivento, da posizionare e costruire in accordo con lo standard "Barriere antivento per impieghi ferroviari" di cui alla Sezione 3 della Parte II del Manuale di Progettazione delle Opere Civili, sono costituite da una struttura di sostegno (montante) e pannelli in distribuzione spaziale.

Tale barriera potrà essere utilizzata su linee ferroviarie con velocità $V \leq 300 \text{ km/h}$, con velocità del vento prevista $< 45 \text{ m/s}$ (162 km/h), e con caratteristiche geotecniche del terreno non inferiori di quelle adottate in progetto.

1.6.6.1. Materiali

I materiali costituenti le barriere dovranno corrispondere alle caratteristiche seguenti.

1.6.6.1.1. Acciai da carpenteria

- Acciaio per montanti metallici, piastre e irrigidenti saldati tipo S355J2 UNI EN 10025
- Acciaio per montanti metallici, piastre e irrigidenti non saldati tipo S355J0 UNI EN 10025
- Acciaio per le lamiere dei pannelli tipo S355J0 UNI EN 10025

Le lamiere costituenti i pannelli, compresi i profili a C, devono essere piegate a caldo

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 16 di 20

1.6.6.1.2. Tirafondi

Barre interamente filettate con filettatura metrica ISO a passo grosso, di caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898 parte I

- dadi con caratteristiche meccaniche equivalenti alla classe 8, conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI 14399-4;
- rosette in acciaio temperato e rinvenuto HV 300÷370 conformi per le caratteristiche dimensionali alla UNI 14399-6;
- coppie di serraggio tali da garantire un tiro pari al 60% dei valori della NTC 2018.

Barra filettata, dado e rosetta dovranno essere forniti da un unico produttore

I tirafondi dovranno essere montati con una rosetta sotto il dado e con dado e controdado

1.6.6.1.3. Rivetti

Rivetti a strappo a testa tonda UNI 9202 in acciaio inox AISI 304

1.6.6.1.4. Saldature

Le saldature dovranno essere eseguite e controllate nel rispetto della nel rispetto della indicazioni contenute nella sezione 6 della parte II del Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili, con le seguenti precisazioni:

- tra i procedimenti di saldatura applicabili di cui al punto II.3.3 si può utilizzare anche il filo continuo pieno, purché le saldature siano prive di difetti, quali incollature, ben raccordate al piede e comunque previo consenso dell'Ente preposto al controllo delle saldature
- relativamente ai controlli, fermo restando che il costruttore dovrà eseguire e certificare i controlli visivi, dimensionali e magnetoscopici nelle percentuali previste al punto II.9.1 e II.9.2, in sede di collaudo, trattandosi di produzione di serie, l'Ente preposto ai controlli potrà definire nelle specifiche tecniche da approvare per ciascun fornitore, delle percentuali variabili in funzione degli esiti degli accertamenti su lotti simili, fatto salvo che la certificazione (nel rispetto della indicazioni contenute nella sezione 6 della parte II del Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili) dovrà essere relativa a tutti i lotti di produzione da spedire in cantiere.

Le saldature si intendono continue e a cordone d'angolo (salvo diversa indicazione).

1.6.6.1.5. Rivestimenti protettivi

Tutte le parti metalliche dovranno essere sottoposte a zincatura a caldo in accordo a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 1461.

Tirafondi zincati a caldo in accordo a quanto riportato nella norma UNI EN ISO 10684.

Ulteriore trattamento protettivo della superficie con cicli omologati come da indicazioni contenute nella sezione 6 della parte II del Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili.

1.6.6.1.6. Prove sui materiali

Tutti i materiali impiegati relativi ai montanti, alle piastre e ai pannelli dovranno essere approvvigionati in accordo al D.M. 14/01/2008 e dovranno avere la marcatura CE. Sugli stessi dovranno essere eseguite 3 prove

 RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI</u> <u>DTC</u> <u>SI</u> <u>CS</u> <u>SP</u> <u>IFS</u> <u>010</u> <u>C</u>	FOGLIO 17 di 20

ogni 30 ton (o frazione) per materiali omogenei, avendo cura comunque di provare almeno un campione per ogni singola colata approvvigionata.

Per quanto riguarda tirafondi, bulloni ed elementi diversi, gli stessi potranno essere forniti di un certificato di controllo secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 10204 punto 3.1. Su questi ultimi FERROVIE si riserva di eseguire prove integrative (trazione, resilienza, durezza, ecc.).

Controllo dei materiali lavorati

Prima della spedizione in opera, gli elementi costruiti dovranno essere sottoposti da parte di personale FS, oltre ai controlli previsti sulle saldature, ai controlli dimensionali e visivi, nonché a quelli sul rivestimento in ragione del 30% degli elementi prodotti per ciascun lotto di produzione; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito dei controlli, fino al 100% degli elementi stessi.

Le tolleranze di tutti i materiali lavorati dovranno essere in linea con quelle previste nelle normative di riferimento dei singoli elementi costituenti.

Controllo in opera

Dopo il montaggio in opera saranno effettuate a campione da parte delle FS verifiche di posizionamento dei montanti e delle coppie di serraggio; tali controlli potranno essere estesi in funzione dell'esito degli stessi, fino al 100% degli elementi stessi. Infine saranno effettuati controlli sulla finitura del rivestimento.

Deve essere curata la verticalità dei montanti; è ammesso uno scostamento massimo di 5 mm, misurato in sommità, sia nel senso trasversale che longitudinale della barriera.

1.6.6.2. Conglomerato cementizio

Le caratteristiche dei conglomerati cementizi, da utilizzare per la realizzazione delle fondazioni delle barriere antivento, sono contenute nella Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio - del presente Capitolato.

1.6.6.3. Acciaio per cemento armato

Per il cemento armato saranno previsti i seguenti acciai:

- Acciaio tipo B450C ad aderenza migliorata saldabile qualificato per cemento armato (barre e reti elettrosaldate);
- Per tutti gli acciai per conglomerato cementizio armato valgono le seguenti prescrizioni:

f/y = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²

f/t = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²

1.6.6.4. Acciaio da carpenteria metallica per micropali

ACCIAIO S275JR UNI EN 10025/05 ($f/y_k=275$ N/mm², $f/t_k=430$ N/mm²)

1.6.6.5. Operazioni di montaggio

1.6.6.5.1. Messa in opera tirafondi

La tolleranza massima prevista per le seguenti grandezze:

- distanza relativa fra i baricentri delle coppie di tirafondi

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 C</u>	FOGLIO 18 di 20

- distanza fra il baricentro delle coppie di tirafondi e bordo del manufatto: ± 5 mm.

Per la corretta messa in opera dei tirafondi si può utilizzare una “doppia dima” (asta di stanziatrice).

1.6.6.5.2. *Messa in opera del montante*

Il montante è costituito da un HEA180 di lunghezza circa 3.00m alla cui estremità è saldata una piastra di base opportunamente irrigidita per consentirne l'ancoraggio alle sottostrutture tramite tirafondi. Si tratta di manufatti relativamente leggeri e pertanto facilmente movimentabili. Gli aspetti di maggiore rilievo nella messa in opera del montante sono quelli legati al conseguimento della verticalità.

Posizionamento montanti:

- A partire dal punto iniziale del tracciamento, tendere un filo ogni 10 m, utilizzando per questa operazione due chiodi infissi nel plinto in c.a. come estremi di ancoraggio del filo. L'altezza di cui deve essere sollevato il filo lungo il chiodo rispetto all'estradosso del plinto è pari a 20 mm, in modo che tale altezza dal plinto rimanga costante (ved. Fig. 16.6.1).
- Tagliare un elemento di legno a forma di parallelepipedo avente base 40x40 mm e altezza pari alla distanza tra il filo e l'estradosso plinto.
- Posizionare l'elemento in legno al centro della piastra. Posizionare la colonna collocandola piastra di base stessa sui tirafondi già inghisati, in modo che la piastra/colonna poggi sull'elemento in legno e la verticalità della colonna stessa (bolla verticale) sia regolata agendo sui dadi di serraggio.

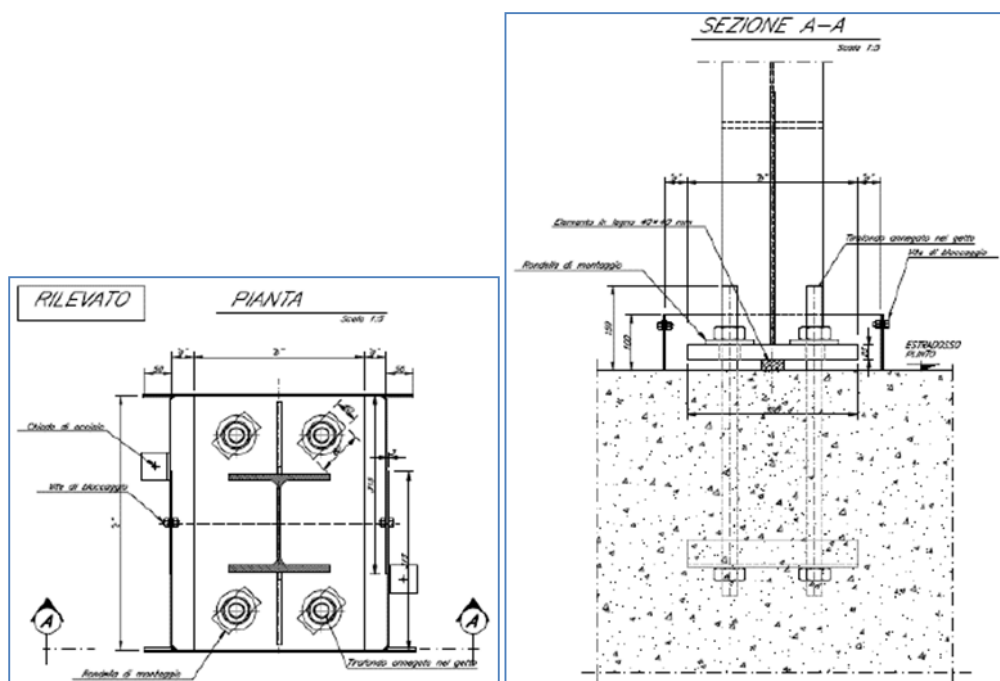


Fig. 16.6.1 Posizionamento montanti e realizzazione baggiolo di allettamento.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 C</u>	FOGLIO 19 di 20

Realizzazione del baggiolo di allettamento

- Dopo aver posizionato definitivamente le colonne, posizionare il cassero in modo tale da lasciare una distanza di circa 40 mm lateralmente dalla piastra di inghisaggio per ogni lato.
- Realizzare il baggiolo per colaggio di malta fluida.
- Dopo aver atteso il tempo sufficiente di maturazione della malta, scassere, togliere la rondella utilizzata per il montaggio ed inserire in serie la rondella dielettrica, la rondella speciale, la rondella standard e il dado.
- Serrare i dadi con la coppia di progetto.
- Riserrare dopo 10 e 20 giorni.
- Serrare il controdado sul dado con una coppia pari al 10% della coppia del dado.
- Inserire la piastrina con funzione di antisvitamento, fissata con vite dielettrica alla piastra di base.

1.6.6.5.3. Messa in opera dei pannelli

Una volta predisposti i montanti, si procede alla messa in opera dei pannelli già assemblati come descritto nei paragrafi precedenti e già muniti di guarnizione, (ved. Fig. 16.6.2). Questi verranno calati dall'alto mediante adeguati dispositivi di sollevamento, operando dal lato esterno binario o dal lato interno. Per agevolare la messa in opera dei pannelli e non rovinarne le guarnizioni, saranno predisposte delle guide laterali in lamiera con spigoli arrotondati da installare sulla testa del montante, che forniscono un invito per fare in modo che il pannello si posizioni nell'apposito spazio tra le ali del profilo HEA180.

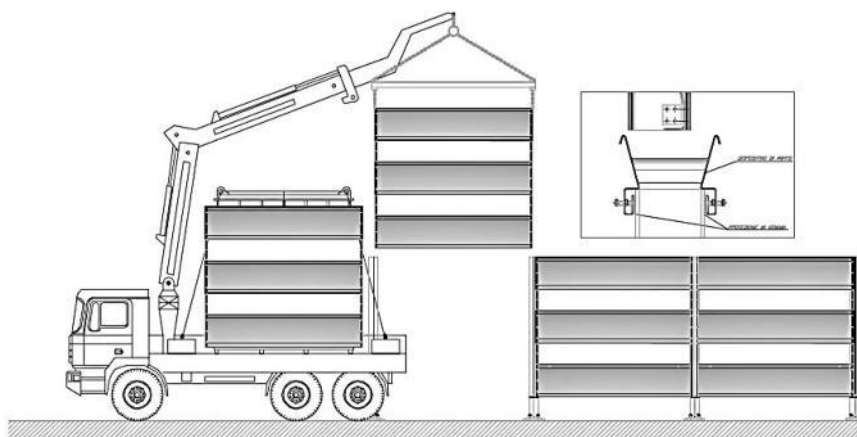


Figura 16.6.2 –Messa in opera pannello.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 16 OPERE VARIE	
CAPITOLATO - PARTE II - SEZIONE 16	Codifica: <u>RFI DTC SI CS SP IFS 010 C</u>	FOGLIO 20 di 20

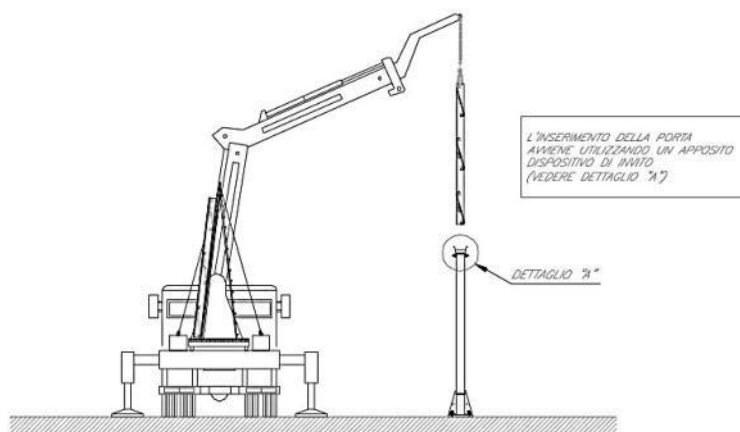


Figura 16.6.3 –Messa in opera pannello.

1.7. COLLAUDI

Tutte le opere saranno soggette, per quanto necessario e di pertinenza, a Collaudi Statici, Collaudi Tecnici-Amministrativi, Certificati di Regolare Esecuzione secondo quanto prescritto dalle attuali normative vigenti in materia.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 003 A	FOGLIO 1 di 29

CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI	
PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
19.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
19.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
19.3	DEFINIZIONI
19.4	ABBREVIAZIONI
19.5	CATEGORIE DI OPERE SOGGETTE A COLLAUDO STATICO
19.6	TIPOLOGIE DI PROVE, INDAGINI, MISURE E CONTROLLI
19.7	PROVE DI CARICO
19.8	RELAZIONE A STRUTTURE ULTIME
19.9	CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO
All. A	SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO PER UN PONTE FERROVIARIO
All. B	SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO DI UN RILEVATO FERROVIARIO

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	30.12.2016	Emissione per applicazione	A.F. Annicchiarico <i>A.F. Annicchiarico</i> G. Sorrentino <i>G. Sorrentino</i>	M. Tisalvi <i>M. Tisalvi</i>	F. Iacobini <i>F. Iacobini</i>

INDICE

19.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	3
19.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
19.2.1	NORMATIVA NAZIONALE	3
19.2.2	NORMATIVA EUROPEA	4
19.2.3	DOCUMENTAZIONE TECNICA	4
19.2.4	NORMATIVA FERROVIARIA	4
19.3	DEFINIZIONI.....	4
19.4	ABBREVIAZIONI	4
19.5	CATEGORIE DI OPERE SOGGETTE A COLLAUDO STATICO.....	5
19.5.1	OPERE DI SCAVALCO.....	5
19.5.2	OPERE GEOTECNICHE (OPERE CHE INTERAGISCONO CON I TERRENI)	5
19.5.3	BARRIERE ANTIRUMORE.....	5
19.5.4	OPERE IDRAULICHE	5
19.5.5	OPERE IN TERRA.....	5
19.5.6	FABBRICATI CIVILI E INDUSTRIALI.....	5
19.5.7	OPERE DI SOSTEGNO DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI.....	6
19.6	TIPOLOGIE DI PROVE, INDAGINI, MISURE, CONTROLLI.....	7
19.6.1	BARRIERE ANTIRUMORE	7
19.6.2	OPERE IN TERRA	8
19.6.2.1	<i>Esame del progetto dell'opera</i>	<i>8</i>
19.6.2.2	<i>Esame delle indagini geotecniche.....</i>	<i>8</i>
19.6.2.3	<i>Esame dei certificati di qualifica dei materiali provenienti da cava.....</i>	<i>9</i>
19.6.2.4	<i>Esame dei certificati delle prove condotte dall'esecutore e dei verbali delle prove fatte eseguire dalla DL/ AS</i>	<i>9</i>
19.6.2.5	<i>Attività di ispezione dell'opera.....</i>	<i>10</i>
19.6.2.6	<i>Esame dei documenti di controllo di qualità e del registro delle non conformità.....</i>	<i>10</i>
19.7	PROVE DI CARICO	10
19.7.1	PROVE DI CARICO PER PONTI FERROVIARI E ALTRE OPERE MINORI SOTTOBINARIO	10
19.7.1.1	<i>Tipologie di prove e misurazioni.....</i>	<i>11</i>
19.7.2	PROVE DI CARICO PER PONTI STRADALI.....	12
19.7.3	PROVE DI CARICO PER FABBRICATI	12
19.7.4	PROVE DI CARICO PER BARRIERE ANTIRUMORE.....	12
19.8	RELAZIONE A STRUTTURE ULTIME.....	13
19.9	CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO.....	14
	ALLEGATO A - SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO PER UN PONTE FERROVIARIO	15
	ALLEGATO B - SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO DI UN RILEVATO FERROVIARIO	24

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 003 A	FOGLIO 3 di 29

19.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Scopo della presente sezione è quello di definire:

- le categorie di opere soggette a collaudo statico;
- il tipo e l'entità di prove, indagini, misure, controlli, da eseguire per ogni opera, a seconda della categoria di appartenenza;
- le modalità di esecuzione delle prove, indagini, misure.

Vengono, pertanto, definite le attività minime attese dal collaudatore statico, fatte salve maggiori e più dettagliate prestazioni richieste dalle Norme (Leggi, D.M., Istruzioni, Circolari), dal contratto e dai Capitolati.

Ovviamente, il Collaudatore Statico potrà estendere i propri accertamenti in tutti quei casi ove ne ravvisi la necessità, e potrà effettuare quelle ulteriori prove che riterrà necessarie per lo svolgimento del proprio incarico. La presente sezione è quindi da intendersi non esaustiva dell'attività che i Collaudatori Statici svolgeranno ai sensi di legge nell'espletamento dell'incarico affidato.

La presente sezione è parte integrante del Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili (cod. RFI DTC SICS SP IFS 001 B) e:

- annulla e sostituisce la "Linea guida per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'infrastruttura ferroviaria" (RFI DTC SICS PO LG IFS 001 A del 27.12.2013);
- tiene conto delle indicazioni del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", nonché della Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

19.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

La presente sezione deve essere integrata con le disposizioni legislative vigenti (Leggi, Decreti, Circolari Applicative), le Istruzioni e le Specifiche emanate dalle FERROVIE. Nel seguito si riporta un elenco delle principali norme di riferimento.

19.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 e relative circolari.
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64.
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia."
- Decreto Legislativo n.163 del 2006 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE".
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617 C.S.LL.PP. - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008".

- Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207 “Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante “ Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”

19.2.2 NORMATIVA EUROPEA

P.m.

19.2.3 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- ISO 9001 – Sistemi di gestione per la qualità;
- ISO 14001 – Sistemi di Gestione Ambientale;
- Istruzione CNR 10011 - Costruzioni in acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- Istruzione CNR 10016 - Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni;
- Istruzione CNR 10018 - Apparecchi d'appoggio per le costruzioni. Istruzioni per l'impiego.
- CNR – B.U. n. 27 - Metodo di prove per la misura equivalente in sabbia.
- CNR – B.U. 30 - Determinazione della stabilità e dello scorrimento di miscele di bitume e inerti lapidei a mezzo dell'apparecchio Marshall.
- CNR – B.U. 39 - Determinazione della porosità o percentuale dei vuoti di miscele di aggregati lapidei con bitume o catrame.
- CNR – B.U. 68 - Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - caratteristiche per l'accettazione.

19.2.4 NORMATIVA FERROVIARIA

- Istruzione 44C “Visite di controllo ai ponti, alle gallerie e alle altre opere d'arte dell'infrastruttura ferroviaria” RFI DTC SICS PO IFS 001 A del 07.08.2013;
- Manuale di progettazione delle Opere Civili ed. corrente;
- COP n. 316/RFI del 29 lug. 2014 - Procedura Operativa “ La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI” - RFI DPR PD IFS 005 D.
- Procedura Operativa “Emissione e Gestione delle Disposizioni Organizzative a contenuto procedurale di RFI” RFI DTC PD ORG 003 A

19.3 DEFINIZIONI

Ai fini del presente Capitolato si adottano le seguenti definizioni:

ESECUTORE: soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: RFI S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di RFI S.p.A. (Direttore Lavori, Alta Sorveglianza).

19.4 ABBREVIAZIONI

p.m.

19.5 CATEGORIE DI OPERE SOGGETTE A COLLAUDO STATICO

Sono soggette al collaudo statico tutte le opere o le parti di opere che svolgono funzione portante e che interessano la sicurezza dell'opera e, conseguentemente, la pubblica incolumità.

Di seguito sono indicate le opere e le parti d'opera che correntemente sono soggette a collaudo statico. Tale elenco deve intendersi non esaustivo delle casistiche che possono presentarsi.

19.5.1 OPERE DI SCAVALCO

In tali opere sono comprese le seguenti tipologie:

- ponti e viadotti ferroviari o stradali, comprensivi dei dispositivi di vincolo e delle opere di protezione (ad es. parapetti);
- sottovia e cavalcavia stradali o ferroviari, comprensivi dei dispositivi di vincolo e delle opere di protezione (ad es. parapetti);
- sottopassaggi e sovrappassi pedonali, comprensivi dei dispositivi di vincolo e delle opere di protezione (ad es. parapetti);

Per i ponti provvisori il collaudo statico si esegue, di norma, in officina in occasione della loro realizzazione e prima dell'applicazione nell'infrastruttura ferroviaria per la quale resta a carico del Direttore dei Lavori l'onere di certificare la corretta posa in opera e la conformità al progetto costruttivo approvato da FERROVIE.

19.5.2 OPERE GEOTECNICHE (OPERE CHE INTERAGISCONO CON I TERRENI)

In tali opere sono comprese le seguenti tipologie:

- opere di sostegno quali muri e paratie di pali accostati o elementi di diaframma continui, etc.;
- opere in sotterraneo quali gallerie naturali, gallerie artificiali, pozzi, cunicoli, comprensive delle eventuali opere di protezione (ad es. parapetti) degli imbocchi;

19.5.3 BARRIERE ANTIRUMORE

Tali opere includono sia la parte in fondazione che quella in elevazione a sua volta composta dalla struttura portante e dalla pannellatura acustica.

19.5.4 OPERE IDRAULICHE

Tale categoria comprende le opere strutturali relative a scavalchi o sottoattraversamenti idraulici, vasche e serbatoi.

19.5.5 OPERE IN TERRA

In campo ferroviario, le opere in terra soggette a collaudo statico sono:

- rilevati ferroviari;
- rilevati stradali comprese le rampe di accesso dei cavalcaferrovia;
- dune in terra, in terre armate o in terre rinforzate, quando svolgono funzione di protezione della sede ferroviaria o di mitigazione acustica.

19.5.6 FABBRICATI CIVILI E INDUSTRIALI

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 003 A	FOGLIO 6 di 29

Tale categoria comprende i fabbricati tecnologici, i fabbricati viaggiatori e le relative opere accessorie quali le pensiline di stazione e le scale.

19.5.7 OPERE DI SOSTEGNO DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Tale categoria comprende le seguenti tipologie di opere:

1. pali e portali della T.E. e relativi basamenti di fondazione;
2. pali e portali per impianti di telecomunicazione e relativi basamenti di fondazione;
3. elettrodotti.

Riguardo alle opere di cui ai punti 1 e 2 comprese nel campo di applicazione della Legge N. 1086/1971, ai sensi della circolare LL.PP. 31/07/1979 N. 19581, il collaudo non è obbligatorio per le strutture non complesse qualora siano soggette a definite procedure di omologazione e accettazione emanate da FERROVIE.

19.6 TIPOLOGIE DI PROVE, INDAGINI, MISURE, CONTROLLI

Le tipologie e le modalità di effettuazione di prove, indagini, misure e controlli da eseguire, sono quelle indicate ai paragrafi 9.1 del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni” e della Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”.

Tali attività, della cui esecuzione deve essere fatta specifica menzione nel certificato di collaudo statico o nei suoi allegati, sono di seguito elencate riportando, laddove necessario, alcune specifiche indicazioni:

- A. ispezione generale dell’opera;
- B. esame dei certificati relativi alle prove sui materiali;
- C. esame dei certificati relativi ai controlli in stabilimento e nel ciclo produttivo su materiali e componenti, in particolare sulle armature in acciaio (per cemento armato e precompresso) e sulla carpenteria metallica;
- D. esame dei verbali delle prove di carico fatte eseguire dal Direttore dei lavori, in particolare quelle sui pali di fondazione;
- E. esame dell’impostazione generale della progettazione dell’opera, degli schemi di calcolo utilizzati e delle azioni considerate, nonché delle indagini seguite nelle fasi di progettazione e costruzione;
- F. esame della relazione a strutture ultimate redatta dal Direttore dei lavori secondo la Procedura Operativa Direzionale RFI DPR PD IFS 005 C “La Direzione dei Lavori negli appalti gestiti da RFI”;
- G. convalida dei documenti di controllo qualità e del registro delle non-conformità;
- H. prove di carico sulle opere e prove sui materiali messi in opera, per le quali al successivo paragrafo 18.7 sono riportate alcune prescrizioni obbligatorie;
- I. valutazione delle caratteristiche di durabilità dell’opera e dei materiali strutturali in relazione all’esposizione ambientale, con particolare riguardo alla funzionalità dei sistemi di drenaggio delle acque.

Al Collaudatore può essere richiesto di emettere il collaudo statico anche in pendenza del completamento dei controlli previsti ai punti da F, G e I, qualora ciò si renda necessario per documentati motivi di disponibilità del servizio pubblico. In tal caso il Collaudatore potrà, a suo insindacabile giudizio, imporre limitazioni o cautele all’esercizio dell’opera fino al completamento delle sue attività e quindi alla riemissione definitiva del collaudo statico.

19.6.1 BARRIERE ANTIRUMORE

Relativamente alle barriere antirumore il Collaudatore Statico dovrà accertarsi che siano stati svolti gli adempimenti previsti nella parte II – sez. 1 del “Manuale di progettazione delle opere civili” e nella parte II – sez. 14 del “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere Civili”

In particolare si richiede che il Collaudatore statico:

- dia evidenza sia della verifica dei “verbali di serraggio dei bulloni” redatti dal Direttore dei lavori e riportati nella RSU, sia dei controlli di serraggio effettuati nel corso delle visite di collaudo statico;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 003 A	FOGLIO 8 di 29

- certifichi il corretto collegamento della piastra di base del montante della BA alla sottostante struttura di fondazione, nel rispetto delle prescrizioni progettuali (malta di allettamento, tirafondi, ecc).

19.6.2 OPERE IN TERRA

19.6.2.1 ESAME DEL PROGETTO DELL'OPERA

Il Collaudatore Statico dovrà esaminare l'impostazione generale del progetto verificando che le scelte progettuali abbiano effettivamente tenuto conto delle prestazioni attese dell'opera, dei caratteri geologici/geotecnici del sito e delle condizioni ambientali ed effettuando le verifiche dei calcoli statici.

Più nel dettaglio, il Collaudatore dovrà verificare che:

- sia stata effettuata un'adeguata campagna di indagine geologica/geotecnica volta a caratterizzare compiutamente i parametri fisico-meccanici dei terreni costituenti le opere e quelle dei terreni di fondazione;
- siano state fornite indicazioni in merito alla qualificazione dei materiali;
- sia stata fornita una descrizione esaustiva delle fasi e delle modalità costruttive dell'opera in terra: modalità e tempi di costipamento, spessore degli strati in funzione del tipo di materiale impiegato, eventuale utilizzo di terre trattate o di materiali provenienti dal settore delle demolizioni edilizie, utilizzo di geotessili, etc;
- siano stati definiti i controlli da eseguire durante la costruzione e i limiti di accettabilità dei materiali, del grado di compattazione da raggiungere e della deformabilità degli strati;
- siano state condotte correttamente le verifiche di sicurezza dell'opera (stabilità globale dell'insieme opera in terra-terreno di fondazione) nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive, al termine della costruzione e in esercizio;
- in caso di opera su pendio, sia stata esaminata l'influenza del carico dovuto alla realizzazione dell'opera stessa sulle condizioni generali di sicurezza del versante;
- siano state trattate eventuali problematiche di erosione e sifonamento dell'opera;
- siano stati definiti gli interventi per la risoluzione delle interferenze con i corsi d'acqua;
- sia stato debitamente predisposto il Piano di manutenzione dell'opera composto, ai sensi del DPR n. 207 del 5/10/2010, dal Manuale d'uso, dal Manuale di manutenzione e dal Piano di Manutenzione dell'opera.

19.6.2.2 ESAME DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

Il Collaudatore Statico dovrà esaminare le indagini effettuate (in sito e in laboratorio) durante le fasi di progettazione e costruzione dell'opera verificando che queste siano idonee a:

- individuare la natura e la disposizione stratigrafica dei terreni e delle rocce costituenti il sottosuolo;
- definire il regime delle acque sotterranee;
- individuare le proprietà dei vari terreni presenti nel sottosuolo tra cui:
 - proprietà fisiche: assortimento granulometrico, porosità, contenuto d'acqua, peso dell'unità di volume, etc.;
 - proprietà meccaniche: compressibilità, deformabilità, resistenza a rottura, etc....;
 - proprietà idrauliche: permeabilità;

- individuare la profondità e morfologia del substrato rigido o di un deposito ad esso assimilabile;
- definire la risposta sismica locale dell'opera;
- individuare le proprietà delle terre da impiegare nella realizzazione del rilevato, nel caso di utilizzo di materiale proveniente da scavi;
- permettere un'adeguata caratterizzazione geotecnica del volume significativo di terreno, ossia della parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa.

19.6.2.3 ESAME DEI CERTIFICATI DI QUALIFICA DEI MATERIALI PROVENIENTI DA CAVA

Il Collaudatore Statico dovrà esaminare le certificazioni di qualità dei materiali provenienti da cava, rilasciate da laboratori ufficiali e presentate dall'Esecutore alla Direzione Lavori prima della posa in opera degli stessi.

In particolare, il Collaudatore verificherà che tali certificati contengano tutti i dati relativi alla provenienza e all'individuazione dei singoli materiali ad alla loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura.

19.6.2.4 ESAME DEI CERTIFICATI DELLE PROVE CONDOTTE DALL'ESECUTORE E DEI VERBALI DELLE PROVE FATTE ESEGUIRE DALLA DL/AS

Il Collaudatore dovrà esaminare:

- i certificati delle prove condotte dall'Esecutore;
- i verbali delle prove fatte eseguire di routine dalla Direzione Lavori.

Tali prove nel caso di realizzazione di rilevati ferroviari o stradali includono:

- il controllo dei materiali attraverso:
 - l'analisi granulometrica del materiale;
 - la determinazione dell'indice di portanza CBR;
 - la prova Los Angeles;
 - la determinazione dell'equivalente in sabbia;
 - la determinazione del coefficiente di disuniformità;
 - altre prove specificatamente previste dalle vigenti prescrizioni tecniche di FERROVIE, relativamente alle terre trattate e ai materiali provenienti da demolizioni;
- il controllo sul contenuto d'acqua dei materiali;
- il controllo sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati, attraverso:
 - la misura dello spessore degli strati stesi, prima della compattazione;
 - il controllo della pendenza trasversale della superficie dello strato finito, dopo la compattazione;
- il controllo della densità secca degli strati dopo compattazione, attraverso:
 - la prova di costipamento ASSHTO modificata (CNR-BU n. 69);

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 003 A	FOGLIO 10 di 29

- il controllo del modulo di deformazione degli strati dopo compattazione, attraverso:
 - la prova di carico su piastra.

19.6.2.5 ATTIVITÀ DI ISPEZIONE DELL'OPERA

Il Collaudatore Statico dovrà effettuare un'ispezione generale dell'opera in terra volta a verificare la rispondenza della stessa al progetto esecutivo ed ai capitolati di costruzione.

Più in dettaglio, avrà cura di controllarne la geometria e la presenza di tutte le opere accessorie necessarie al corretto funzionamento dell'opera, verificando ad esempio, per i rilevati, che:

- la pendenza delle scarpate sia coerente con le proprietà meccaniche delle terre impiegate e, per i rilevati, non superiore a 2/3 (2 verticale; 3 orizzontale);
- nel caso di rilevati alti (altezza superiore a 6 m), siano presenti ogni 6 m banche laterali di larghezza non inferiore a 2 m;
- siano presenti le opere accessorie di raccolta e smaltimento delle acque, previste nel progetto.

Le verifiche succitate devono intendersi come un elenco non esaustivo ma esemplificativo dei controlli che potranno essere effettuati nel corso dell'attività di collaudo statico.

19.6.2.6 ESAME DEI DOCUMENTI DI CONTROLLO DI QUALITÀ E DEL REGISTRO DELLE NON CONFORMITÀ

Nel caso in cui l'opera sia stata eseguita in procedura di garanzia di qualità, il Collaudatore Statico dovrà convalidare i documenti di controllo qualità e il registro delle non conformità, come previsto dalle NTC08 e dalla Circolare n. 617 del 2/2/2009 (par. C9.1).

In particolare qualora riscontri la presenza di non conformità irrisolte, il Collaudatore Statico dovrà interrompere la sua attività e non potrà concludere il collaudo statico.

Comunicherà tale circostanza al Responsabile di gestione del Sistema Qualità, al Committente, al Costruttore, al Direttore dei lavori, per l'adozione dei provvedimenti di competenza, finalizzati all'adozione di azioni correttive o preventive ai fini della correzione o prevenzione delle non conformità, secondo le procedure stabilite nel manuale di gestione del Sistema Qualità.

19.7 PROVE DI CARICO

Le prove di carico devono essere eseguite secondo le indicazioni riportate ai paragrafi 9.2 del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

A seguito della definizione da parte del Collaudatore del programma e delle modalità di prova da eseguirsi, dovrà essere predisposta dal progettista una dettagliata relazione in cui vengano individuati i valori teorici delle grandezze da misurare, per le diverse condizioni di carico previste.

L'esito delle prove sarà riportato in un dettagliato "Rapporto di prova" redatto dal Laboratorio incaricato dell'esecuzione delle prove medesime.

Di seguito sono indicate alcune ulteriori specifiche prescrizioni.

19.7.1 PROVE DI CARICO PER PONTI FERROVIARI E ALTRE OPERE MINORI SOTTOBINARIO

La prova di carico sarà condotta in modo da indurre nelle strutture le sollecitazioni massime di progetto corrispondenti alla combinazione rara degli stati limite di esercizio, assumendo come carico da traffico quello del gruppo di carico 4 della tabella 5.2.IV del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 *“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”*; il carico da traffico dovrà comunque essere non inferiore al carico della categoria della linea come indicato nel capitolo 2.11 della parte II della sezione 2 del *“Manuale di progettazione delle Opere Civili”*, incrementato con il coefficiente dinamico reale di cui al capitolo 2.5 della parte II della sezione 2 del *“Manuale di progettazione delle Opere Civili”* e applicato interamente a tutti i binari previsti sull’opera.

Per le opere a doppio binario dovranno prevedersi due diverse condizioni di carico relative rispettivamente a 1 binario carico e a 2 binari carichi, tutte e due con i massimi carichi di cui sopra (adottando cioè rispettivamente il coefficiente 0,8 o 0,6 del gruppo di carico 4 della tabella 5.2.IV del Decreto Ministeriale del Ministro delle Infrastrutture del 14.1.2008 *“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”*). Per le opere con più di due binari si procederà in modo analogo caricando progressivamente i singoli binari secondo lo schema più gravoso.

Per opere nuove su linee ferroviarie in esercizio, in caso di documentati limiti di disponibilità della linea in termini di carico o di interruzione dell’esercizio, le prove potranno essere condotte con i più gravosi mezzi ferroviari ordinari e/o speciali ammessi a circolare sulla stessa linea. Per le opere con più di due binari si procederà caricando progressivamente i singoli binari secondo lo schema più gravoso.

Nel caso di opere a più campate che presentino caratteristiche ripetitive, è consentito al Collaudatore Statico di sottoporre alle prove di carico solo alcune campate, purché ciò sia fatto almeno una volta per ogni tipo diverso e, nell’ambito di uno stesso tipo, almeno una volta ogni 5.

Tutte le campate di un’opera dovranno essere in ogni caso assoggettate singolarmente al carico di collaudo (vedi punti precedenti) e per esse il Collaudatore accerterà, dopo esame visivo, che non si siano prodotte lesioni o altri segni esteriori di dissesto durante o a seguito del carico.

I valori di riferimento con i quali confrontare le misurazioni e/o i risultati delle prove saranno quelli calcolati dal progettista e riportati nella relazione citata in premessa. Si precisa che limitatamente alle deformazioni di pile e spalle le misurazioni non hanno lo scopo di confrontare i valori misurati con quelli teorici, ma solo quello di evidenziare anomalie del sistema (pali, fondazioni, elevazioni) in quanto i valori misurati sono generalmente della stessa entità delle approssimazioni di lettura.

19.7.1.1 TIPOLOGIE DI PROVE E MISURAZIONI

Il tipo di prove e le misurazioni minime da effettuare a cura del Collaudatore sono quelle descritte nel seguito a seconda del tipo di opera.

- P1) Misurazione della 1^a frequenza propria dell’impalcato, da effettuare prima del carico della struttura.
- P2) Misurazione della deformata trasversale sia dell’impalcato che delle pile, per i ponti a doppio binario, sotto il massimo carico di prova, relativo ad un solo binario.
- P3) Misurazione della deformata longitudinale massima sia dell’impalcato che delle pile/spalle mediante rilievo:

per l’impalcato

- della freccia massima in mezzzeria;

la prova condotta sarà giudicata positiva se la freccia δ_{max} misurata sarà inferiore o uguale a quella calcolata δ_d per la stessa combinazione di carico: $\delta_{max} \leq \delta_d$. Qualora a seguito dell’applicazione del carico di collaudo la deformazione permanente allo scarico δ_{01} fosse: $\delta_{01} > 0,15 \delta_d$, si dovrà realizzare un secondo ciclo di prova e dovrà essere rispettata la disuguaglianza: $\delta_{02} \leq 0,5 \delta_{01}$. Il Collaudatore dovrà comunque verificare che la componente anelastica della deformazione massima misurata tenda ad annullarsi.

- della rotazione di estremità;
per le pile e le spalle
- dell'abbassamento medio del piano di posa degli appoggi.

P4) Misurazione della 1a frequenza propria dell'impalcato, da effettuare dopo la conclusione delle prove di carico.

Con riferimento alle misure di tipo P1, P2, P3 e P4 sopra descritte si procederà, in via indicativa, come appresso descritto e l'esito delle relative misure dovrà essere riportato nel certificato di collaudo:

IMPALCATI/ARCHI
(L = interasse appoggi)

- L < 18 m - misurazione di tipo "P3"
- $18 \leq L \leq 32$ m - misurazione di tipo "P1", "P3", "P4"
- L > 32 m - misurazione di tipo "P1", "P2", "P3", "P4",

Per ponti aventi L < 5,00 m, laddove non si siano riscontrati particolari problemi in fase di costruzione, potrà essere omessa la prova di carico.

SCATOLARI

Per scatolari con luce netta L > 5.00 m si dovrà eseguire la misurazione di tipo "P3" con lettura della freccia verticale della soletta superiore.

TELAI

Si dovrà eseguire la misurazione di tipo "P3" con lettura della freccia verticale della soletta.

19.7.2 PROVE DI CARICO PER PONTI STRADALI

Per quanto riguarda questo tipo di opere si richiama integralmente quanto previsto nel D.M. 14.01.2008 e nella circolare n. 617 del 02.02.2009, in particolare ai punti 9.2.2.

Per le opere interferenti con l'infrastruttura ferroviaria, sono da prevedere anche le seguenti misurazioni sulle campate soggette a prove di carico:

- la misurazione della prima frequenza propria dell'impalcato da effettuare prima del carico della struttura,
- la misurazione della prima frequenza propria dell'impalcato da effettuare a seguito della prova di carico.

Si precisa comunque che, in caso di più campate di uguali caratteristiche dimensionali, dovrà essere sempre soggetta a prova di carico una delle campate di scavalco della linea ferroviaria.

19.7.3 PROVE DI CARICO PER FABBRICATI

Per quanto riguarda i fabbricati si rimanda, in relazione alle diverse tipologie strutturali, alle disposizioni contenute nel DM 14.01.2008 e relativa circolare applicativa n. 617 del 02.02.2009.

In merito si precisa che oltre ai controlli visivi e dimensionali e all'esame documentale si dovrà prevedere una prova di carico ogni 3 orizzontamenti in grado di ottenere la massima sollecitazione in una zona di solaio e in una trave. Per edifici con più di tre orizzontamenti, dovrà prevedersi anche la prova di carico sulla rampa delle scale.

19.7.4 PROVE DI CARICO PER BARRIERE ANTIRUMORE

Per ogni intervento omogeneo, individuato come tale sulla base dell'altezza e della tipologia di montante, della soluzione di attacco alla fondazione, del tipo di fondazione, si eseguiranno prove di carico sollecitando un numero n di montanti della barriera prescelta in modo da riprodurre le massime sollecitazioni di progetto corrispondenti alla combinazione rara degli stati limite di esercizio.

Di seguito si indica il numero minimo " n " di montanti che dovranno essere sottoposti a prova in relazione all'estensione " L " complessiva degli interventi individuati come omogenei.

Per L minore o uguale 1.000 m il numero n dovrà essere pari a $L/100$ (con L espressa in metri), con n approssimato al numero intero superiore; il numero n comunque non dovrà essere inferiore a 3:

$$L \leq 1000 \text{ m} \qquad n = L/100 \geq 3.$$

Per l'ulteriore estensione del tratto omogeneo di barriere da 1.000 m a 10.000 m, il numero n dovrà essere pari a $L/200$, con n approssimato al numero intero superiore:

$$1000 < L \leq 10.000 \text{ m} \qquad n = 10 + L/200.$$

Per l'ulteriore estensione del tratto omogeneo di barriere al disopra dei 10.000 m, n dovrà essere pari a $L/300$, con n approssimato al numero intero superiore:

$$L > 10.000 \text{ m} \qquad n = 55 + L/300.$$

19.8 RELAZIONE A STRUTTURE ULTIME

Il collaudatore statico dovrà esaminare, dandone evidenza nel certificato di collaudo, la relazione a strutture ultimate, redatta dal D.L. e il dossier di qualità dell'opera, con riferimento almeno ai seguenti elementi:

- certificati delle prove sui materiali emessi da Laboratori autorizzati ai sensi della norma vigente, così articolati:
 - nell'accertamento del numero dei prelievi effettuati e della loro conformità a quanto fissato dalle normative in vigore, capitoli e indicazioni del progetto;
 - nel controllo che i risultati elaborati delle prove siano compatibili con i criteri di accettazione fissati dalle suddette normative, capitoli e indicazioni di progetto;
- certificati di controllo in stabilimento e nel ciclo produttivo su materiali e componenti, in particolare sulle armature in acciaio (per cemento armato e precompresso) e sulla carpenteria metallica;
- dossier di qualifica dei materiali impiegati;
- certificati di origine per i manufatti prefabbricati prodotti in serie;
- verbali inerenti la tesatura dei cavi e dei sistemi di messa in coazione per le opere in conglomerato cementizio armato precompresso e conformità con il programma di tesatura e con i limiti delle varie fasi in funzione delle tipologie costruttive;
- esito di eventuali prove di carico (su pali, solai e impalcati), allegando le copie dei relativi verbali firmate per copia conforme;
- dichiarazione da parte del Direttore Lavori che:
 - dia conferma della chiusura delle non conformità sulle opere oggetto del collaudo;
 - riporti la descrizione di tutte le non conformità che hanno interessato l'opera, con il parere dello stesso Direttore Lavori sulla risoluzione delle stesse;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SI PS SP IFS 003 A	FOGLIO 14 di 29

- l'opera corrisponde al progetto approvato;
- sono state osservate le prescrizioni di esecuzione e la qualità dei materiali impiegati.

19.9 CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO

Al termine delle attività su menzionate, il Collaudatore redigerà il certificato di collaudo statico contenente le risultanze delle operazioni svolte e il proprio giudizio, debitamente motivato, sulla collaudabilità (o non collaudabilità) dell'opera.

Oltre a quanto sopra specificato, tale certificato, firmato dal solo Collaudatore Statico (gli intervenuti o gli invitati alle attività di collaudo potranno sottoscrivere i verbali di visita), conterrà:

- i riferimenti della nota con cui è stato nominato il Collaudatore Statico;
- una dichiarazione nella quale si attesti che il Collaudatore non è intervenuto in alcun modo nella Progettazione, Direzione Lavori/Alta Sorveglianza ed Esecuzione dei lavori in appalto;
- i verbali delle visite di collaudo effettuate;
- un giudizio sull'ispezionabilità dell'opera ai fini manutentivi, con riferimento all'intero periodo di vita utile dell'opera stessa;
- un giudizio sulla collaudabilità o non collaudabilità dell'opera che riporti:
 - in caso di esito positivo, la dichiarazione di conformità dell'opera al progetto approvato;
 - in caso di esito negativo, i provvedimenti e le azioni che l'Esecutore dovrà intraprendere al fine rendere collaudabile l'opera.

Per favorire la redazione dei certificati di collaudo statico sono stati predisposti uno schema di certificato per i ponti e viadotti (Allegato 1) e uno schema per i rilevati ferroviari (Allegato 2); per le altre categorie di opere tali modelli dovranno essere opportunamente adattati.

ALLEGATO A - SCHEMA DI CERTIFICATO DI COLLAUDO STATICO PER UN PONTE FERROVIARIO

A.1.1 PREMESSA

Scopo del presente sezione è quello di fornire uno schema di certificato di collaudo statico di un generico ponte ferroviario o stradale ad una campata.

A.1.2 DATI GENERALI

OPERA l'opera è relativa a.....

COMMITTENTE:

APPALTATORE – Via – in virtù della convenzione del e atto integrativo del

ESECUTORE/IMPRESA/ – –, per la realizzazione delle opere in c.a.;
..... – –, per la realizzazione delle travi in c.a.p.

PROGETTISTA ing., residente, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di n° ;

DIRETTORE ing., residente a....., iscritto all'Ordine degli Ingegneri
DEI LAVORI della Provincia di n°

COLLAUDATORE ing., residente a....., iscritto all'Ordine degli Ingegneri
STATICO della Provincia di n°

RELAZIONE A Il Direttore dei Lavori ing. ... ha consegnato in data.... la relazione a
STRUTTURA struttura ultimata del
ULTIMATA

A.1.3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

A.1.3.1 GEOMETRIA

Il collaudo in questione riguarda le opere in c.a. relative alla realizzazione del ponte.... situato alla progressiva Km. della linea - ... nel comune di (Prov.).

Le caratteristiche geometriche principali sono:

- luce netta tra le spalle in obliquo e in retto m
- luce netta tra gli assi appoggi dell'impalcato m
- larghezza della soletta dell'impalcato in retto m
- numero di binari presenti

L'impalcato è stato realizzato con travi prefabbricate del tipo a cassoncino in c.a.p. a trefoli aderenti solidarizzate tra loro con il getto di una soletta dello spessore di..... cm, e con n..... traversi precompressi con barre di.....

L'impalcato è vincolato alle spalle mediante appoggi in acciaio e teflon.

Le spalle/pile sono del tipo¹, spessore² m., con plinti h = ...m, fondati ognuno su pali del diametro ϕ =..... mm, lunghi m.

Il terreno di fondazione è costituito da una successione stratigrafica di di natura tipo intercalata da

In corrispondenza del piano di appoggio dell'impalcato, le spalle sono completate da ritegni antisismici.

L'opera è completata con muri andatori h = ... m, per la lunghezza di circa m, fondati direttamente.

A.1.3.2 MATERIALI

I materiali previsti in progetto dell'opera sono:

- calcestruzzi
 - C25/30 per i pali di fondazione;
 - C25/30 per i plinti di fondazione;
 - C28/35 per le strutture in elevazione e per la soletta dell'impalcato;
 - C35/45 per le travi in c.a.p..
- acciai
 - B450C per le armature ordinarie;
 - $f_{ptk} > 1860 \text{ N/mm}^2$ per i trefoli delle travi in c.a.p.;
 - st 85/105 per le barre dei trasversi.

A.1.4 VERIFICA DEL PROGETTO

Il collaudatore darà atto di aver controllato l'impostazione generale del progetto strutturale, per accertarne la rispondenza alle disposizioni di legge nonché gli ulteriori criteri progettuali forniti dal Committente.

A.1.4.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel seguito si richiamano in particolare:

- Legge n. 1086 del 5 novembre 1971: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso e a struttura metallica;
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.";
- DLgs n.163 del 2006 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";

¹ Piene / cave

² Variabile da a

- D.M. Ministero delle Infrastrutture 14.01.08 - Norme Tecniche per le costruzioni - G.U. n.29 del 4/2/2008;
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 617 del 2/2/2009 – Suppl. Ord. G.U. n. 47 26/2/2009 “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.P.R. n. 207 del 5 ottobre 2010 Regolamento di esecuzione e di attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006.

A.1.4.2 VERIFICA DELL'IMPOSTAZIONE PROGETTUALE

Il Collaudatore darà atto di aver eseguito un riesame della relazione di calcolo al fine di verificare la correttezza dei seguenti aspetti:

- impostazione generale della progettazione strutturale
- schemi di calcolo
- azioni e relative combinazioni.

Dall'esame suddetto non sono emerse particolari osservazioni.

A.1.5 CONTROLLO DEI REQUISITI DEI MATERIALI E DELLA LORO RISPONDENZA AI DATI DI PROGETTO

Nel corso della realizzazione della struttura, il Direttore dei Lavori ha provveduto al controllo della documentazione accertante la qualità delle forniture dei materiali e a far effettuare i necessari prelievi e prove dei singoli materiali per confermarne la qualità e le caratteristiche.

Le prove sui campioni prelevati in cantiere sono state eseguite presso laboratori autorizzati secondo le modalità previste dalle specifiche normative.

I risultati ottenuti, indicati sui singoli certificati, sono stati esposti dal Direttore dei Lavori nella relazione a struttura ultimata. Gli originali sono depositati presso gli uffici della D.L., e costituiscono parte integrante del Dossier di Qualità dell'opera.

L'esame dei certificati delle prove sui materiali, è stato svolto dal Collaudatore presso i propri uffici per le parti in copia e sull'originale completo in occasione delle visite in cantiere. Si è riscontrato essere stati eseguiti tutti i controlli previsti dalla normativa vigente e si è verificata sia la rispondenza del numero di prove alle quantità dei materiali messi in opera, sia i risultati esposti nei singoli certificati. Le prove hanno dato tutte esito positivo.

Il Collaudatore ha inoltre eseguito il controllo delle certificazioni di prequalifica in stabilimento degli acciai e dei manufatti prefabbricati il tutto come appresso dettagliato.

A.1.5.1 CONTROLLI SUI CALCESTRUZZI GETTATI IN OPERA

Per le strutture in c.a. e in c.a.p., la resistenza caratteristica, del calcestruzzo, è stata determinata secondo le modalità prescritte per il controllo di accettazione dal D.M. 14.01.2008 e successive modifiche ed integrazioni.

Una sintesi dei dati salienti è riportata nelle tabelle seguenti, suddivise per elementi strutturali (N.B.: i valori numerici sono solo esemplificativi).

Criterio di accettazione tipo A

(da utilizzare di norma e comunque per getti entro i 1500 m3)

R₁, R₂, R₃ resistenze di prelievo con R₁ ≤ R₂ ≤ R₃;

$$R_m = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$$

resistenza media dei 3 prelievi

min R₁ ≥ R_{1,lim} = R_{ck} - 3.5 (valore minimo fra gli R₁ risultanti da ogni tre prelievi)

min R_m ≥ R_{m,lim} = R_{ck} + 3.5 (valore minimo fra gli R_m risultanti da ogni tre prelievi)

<i>Parte d'opera</i>	<i>Dati progetto (*)</i>	<i>n.ro prelievi</i>	<i>min R₁</i>	<i>min R_m</i>
Pali	25; 21.5; 28,5	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}
Plinti	30; 26.5; 33,5	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}
Elevazioni – pulvini- baggioli	35; 31.5; 38,5	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}
Travi	55; 51.5; 58.5	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}
Soletta impalcato	35; 31.5; 38.5	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}
Cordoli laterali	35; 31.5; 38.5	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}
Cordoli paraballast	35; 31.5; 38.5	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}

Note:

(*) Nell'ordine R_{ck}, R_{1,lim}, R_{m,lim} in MPa

Criterio di accettazione tipo B

(ove eseguito per getti > 1500 m³)

R_i Resistenze dei prelievi con R₁ ≤ R₂ ≤ ... ≤ R_n e n ≥ 15;

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} R_i}{n}$$

Resistenza media degli n prelievi

min R₁ ≥ R_{1,lim} = R_{ck} - 3.5 (valore minimo fra gli R₁ risultanti da ogni tre prelievi)

min R_m ≥ R_{m,lim} = R_{ck} + 1.4 s (valore minimo fra gli R_m risultanti da ogni tre prelievi)

$$\text{con } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (R_i - R_m)^2}{n-1}}$$

scarto quadratico medio

<i>Parte d'opera</i>	<i>Dati progetto (*)</i>	<i>n.ro prelievi</i>	<i>min R₁</i>	<i>min R_m</i>
Pali	25; 21.5; ...	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}
Plinti	30; 26.5; ...	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}
Elevazioni – pulvini- baggioli	35; 31.5; ...	...	... ≥ R _{1,lim}	... ≥ R _{m,lim}
.....		...		

Note:

(*) Nell'ordine R_{ck}, R_{1,lim}, R_{m,lim} in MPa

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 19 di 29

A.1.5.2 ACCERTAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO UTILIZZATO PER IL C.A./C.A.P.

Le forniture delle armature in acciaio risultano accompagnate da certificati di prova rilasciati da Enti autorizzati e relativi alle verifiche di qualità della produzione (caratteristiche meccaniche, saldabilità, etc..) effettuate in un periodo non anteriore a tre mesi dalla data di spedizione in cantiere.

La Direzione Lavori ha verificato la certificazione di origine dei materiali metallici impiegati e ha fatto sottoporre a prove di laboratorio campioni provenienti dalle varie partite di acciaio impiegato nella costruzione per confermarne le caratteristiche meccaniche, così come previsto dalle Normative vigenti.

Le prove meccaniche sui campioni prelevati, sono state effettuate presso laboratori autorizzati e i risultati hanno confermato l'idoneità dei materiali impiegati e la loro conformità alle previsioni progettuali.

PROVE SU ACCIAIO IN BARRE PER C.A.

Sono stati eseguite prove su campioni ottenuti in cantiere da n°..... prelievi di spezzoni di barre di acciaio, ottenendo per tutti l'idoneità della prova. In particolare sono stati determinati tramite prove i valori delle seguenti grandezze:

-;
-;

Riassumendo, sono state effettuate le prove indicate nella seguente tabella con l'esito ivi indicato:

<i>Partita e/o bolla e/o colata</i>	<i>Parti d'opera</i>	<i>n.ro prelievi</i>	<i>Diametri provati</i>	<i>Note</i>
.....	Pali	...	...	...
.....	Plinti	...	...	...
.....	Elevazioni + pulvini	...	...	...
.....	Travi	...	...	...
.....	Soletta	...	...	...

PROVE SU ACCIAIO ARMONICO (ove eseguite)

Per ogni fornitura sono state eseguite prove sul prescritto campione costituito da almeno ... saggi, ottenendo per tutti l'idoneità della prova. In particolare sono stati condotti i seguenti controlli in cantiere effettuando le prove relative alla valutazione delle seguenti grandezze:

-;
-

Riassumendo, sono state effettuate le prove indicate nella seguente tabella con l'esito ivi indicato: (N.B.: i valori numerici sono solo esemplificativi).

<i>Partita</i>	<i>Parte d'opera</i>	<i>n.ro tot. Campioni</i>	<i>Tipo</i>	<i>Note</i>
	travi	...	...	...

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 20 di 29

A.1.5.3 ACCERTAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE DELL'ACCIAIO UTILIZZATO PER LA CARPENTERIA METALLICA E DELLE RELATIVE LAVORAZIONI

Le proprietà meccaniche dell'acciaio impiegato per realizzare la struttura metallica sono state accertate con controlli in acciaieria e/o presso i fornitori.

La D.L. ha verificato ed allegato alla relazione di struttura ultimata sia i certificati d'origine dei materiali metallici rilasciati dai produttori (i quali attestano che i suddetti materiali sono prodotti qualificati) sia i verbali di collaudo dei materiali metallici (lamiere, profili, connettori, bulloni, etc) emessi in base ai documenti di FERROVIE richiamati negli atti contrattuali.

Inoltre sono stati esaminati i certificati di collaudo delle strutture contenenti i controlli effettuati in officina ed in cantiere sui materiali lavorati (forature, saldature, verniciature, bullonature ecc.) sempre in base ai documenti di FERROVIE richiamati negli atti contrattuali

I risultati dei controlli hanno confermato l'idoneità dei materiali impiegati e delle lavorazioni eseguite nonché la loro conformità alle prescrizioni progettuali.

A.1.5.4 ULTERIORI CONTROLLI SUI MATERIALI EFFETTUATI DAL COLLAUDATORE (EVENTUALI)

Il Collaudatore al fine di formarsi il convincimento sull'accettabilità dei materiali ha ordinato i seguenti saggi e/o controlli non distruttivi :

-
-

A.1.6 VISITE DI COLLAUDO

I sopralluoghi per il collaudo statico sono stati effettuati nei giorni..... alla presenza dei signori:

- per l'Impresa Appaltatrice;
- Direttore dei Lavori;
- per l'Alta Sorveglianza.

I verbali delle visite di collaudo sono allegati al presente certificato di collaudo statico (allegati n.....).

Durante il corso delle visite, dall'ispezione generale è stata constatata la rispondenza delle opere realizzate a quelle del progetto non riscontrando di fatto difetti, deformazioni, cedimenti, etc...di particolare rilievo.

E' stato eseguito un esame generale dell'opera eseguendo verifiche di carattere dimensionale (ad es. sezioni geometriche delle pile, luce dell'impalcato, dimensioni travi e traversi di testata, disposizioni apparecchi d'appoggio, verticalità delle pile etc..) e riportando nel verbale di visita i valori progettuali e quelli rilevati.

A.1.7 ESAME DELLA RELAZIONE A STRUTTURA ULTIMATA

Il Direttore dei Lavori, Ing., ha redatto la relazione a struttura ultimata che è stata consegnata al Collaudatore in data.....

Da tale relazione risulta che il Direttore dei Lavori:

- dichiara che l'opera è stata eseguita in conformità al progetto costruttivo vidimato, nell'osservanza delle prescrizioni esecutive del progetto medesimo, nonché impiegando i materiali della qualità prevista;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 21 di 29

- espone i certificati delle prove sui materiali, emessi da Laboratori Ufficiali/Autorizzati;
- espone i certificati di controllo in stabilimento per gli acciai impiegati per le opere in c.a.;
- espone i certificati di origine per i manufatti prefabbricati prodotti in serie;
- allega il dossier di qualifica dei materiali impiegati;
- allega le copie dei verbali firmati per copia conforme relative all'esito delle prove di carico (ove effettuate e a cura della D.L.);
- allega le indicazioni inerenti la tesatura dei cavi e dei sistemi di messa in coazione per le opere in conglomerato cementizio armato precompresso;
- dichiara che tutte le N.C. che hanno interessato l'opera sono state chiuse;
- allega la descrizione di tutte le N.C. che hanno interessato l'opera con il parere del Direttore dei Lavori sulla risoluzione delle stesse.

A.1.8 PROVE DI CARICO

A.1.8.1 PROVA DI CARICO SULLA STRUTTURA FINITA

La prova di carico è stata eseguita in data sulla base di quanto stabilito nella relazione "Programma e modalità di prova" redatta dal Collaudatore, nel rispetto dei contenuti minimi previsti.

Il Progettista delle strutture ha trasmesso con nota n... del... una specifica relazione nella quale, a fronte delle modalità di prova indicate dal Collaudatore, ha individuato i carichi di prova corrispondenti alle massime sollecitazioni di progetto, nonché i valori teorici dei parametri da sottoporre a misurazione.

Si riporta, di seguito la sintesi delle misurazioni eseguite nel corso dello svolgimento della prova relativamente ai parametri significativi nonché il relativo confronto tra i valori rilevati e quelli previsti.

<i>Parametro</i>	<i>U.M.</i>	<i>Val. teorico</i>	<i>Val. misurato</i>
Abbassamento in mezzeria	mm		
Abbassamento medio agli appoggi corrispondenti	mm		
Freccia netta in mezzeria	mm		
Abbassamento residuo in mezzeria	mm		
Abbassamento residuo medio agli appoggi corrispondenti	mm		
Freccia residua netta in mezzeria	mm		
Rotazioni agli appoggi (ove richiesto)	rad		
Etc...	..		

Dall'esame dei dati riportati in tabella risulta che:

- i valori degli abbassamenti misurati risultano inferiori ai corrispondenti valori teorici;
- i valori misurati delle rotazioni agli appoggi risultano inferiori ai corrispondenti valori teorici (ponti ferroviari);
- Inoltre, dall'esito della prova, è risultato che:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 22 di 29

- le deformazioni si sono accresciute all'incirca proporzionalmente ai carichi;
- nel corso della prova non si sono prodotte lesioni, deformazioni o dissesti che compromettano la sicurezza o la conservazione dell'opera.

Si può, pertanto, affermare che il comportamento del manufatto risulta in linea con le previsioni progettuali.

A.1.8.2 PROVA DI CARICO DINAMICO SULLA STRUTTURE FINITA PER LA VALUTAZIONE DELLA PRIMA FREQUENZA PROPRIA

Le prove sono state eseguite in data prima e dopo la prova di carico statica eseguita in data sulla base di quanto stabilito nella relazione "Programma e modalità di prova" redatta dal Collaudatore.

Il Progettista delle strutture ha trasmesso con nota n..... del..... una specifica relazione nella quale, a fronte delle modalità di prova indicate dal Collaudatore, ha individuato il carico di prova ed i valori teorici dei parametri da sottoporre a misurazione.

Si precisa che come carico di prova è stato utilizzato il mezzo delle seguenti caratteristiche:

n. assi/distribuzione geometria assi...../valori di carico assiali...../altro

La velocità di prova è stata pari a compatibile con le caratteristiche della strada e con quelle del mezzo.

(Se utilizza altra causa eccitatrice, specificare quale)

Si riporta, di seguito la sintesi delle misurazioni eseguite nel corso dello svolgimento della prova relativamente ai parametri significativi nonché il relativo confronto tra i valori rilevati e quelli previsti.

<i>Parametro</i>	<i>U.M.</i>	<i>Val. teorico</i>	<i>Val. misurato</i>
Prima frequenza propria dell'impalcato prima della prova statica	Hz		
Prima frequenza propria dell'impalcato dopo la prova statica	Hz		

Dall'esame dei risultati risulta che:

- i valori misurati delle frequenze proprie sono risultati all'incirca invariati dopo la prova di carico statico;
- nel corso della prova non si sono prodotte lesioni, deformazioni o dissesti che compromettano la sicurezza o la conservazione dell'opera.

Si può, pertanto, affermare che il comportamento del manufatto risulta in linea con le previsioni progettuali.

A.1.8.3 PROVE DI CARICO SU PALI

Il D.L. ha condotto delle prove di carico di collaudo dei pali in numero adeguato secondo quanto previsto dal DM Infrastrutture 14 gennaio 2008, dalla Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/ C.S.LL.PP del 24.9.1988, dal progetto e dai capitolati.

Dette prove sono state condotte secondo i criteri generali e le modalità di prova previsti in detti documenti.

Dall'esame dei verbali delle prove di carico fatte eseguire dalla D.L. si è constatato inoltre che:

- i carichi limite determinati;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 23 di 29

- i corrispondenti coefficienti di sicurezza rispetto al carico di esercizio;
- l'andamento dei cedimenti in funzione del carico applicato;
- i valori dei cedimenti residui allo scarico sono in linea con le previsioni progettuali.

A.1.9 CONVALIDA DEI DOCUMENTI DI CONTROLLO QUALITA' E DEL REGISTRO DELLE NON CONFORMITA'

.....

A.1.10 VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DURABILITA' E DI ISPEZIONABILITA' DELL'OPERA

.....

A.1.11 CERTIFICATO DI COLLAUDO

Premesso e sottoscritto tutto quanto riportato ai precedenti punti e considerato che:

- la progettazione è basata sulla vigente normativa;
- le opere sono state eseguite in conformità al progetto;
- le massime sollecitazioni previste nel calcolo sono compatibili con le sollecitazioni ammissibili dei materiali impiegati, come anche la qualità dei materiali prescritti in progetto corrisponde a quella dei materiali posti in opera,
- le prove di carico effettuate hanno determinato rapporti accettabili tra carichi e deformazioni, fornendo pertanto una verifica del buon comportamento sotto carico della struttura;
- i riscontri effettuati hanno confermato che le dimensioni delle strutture corrispondono a quelle previste nel progetto;
- le opere sono eseguite a regola d'arte e sono prive di evidenti manchevolezze o difetti costruttivi;
- i materiali utilizzati sono conformi a quelli previsti in progetto e alle prescrizioni di legge;

il sottoscritto Collaudatore

CERTIFICA

che l'opera in questione è collaudabile e, in effetti, con il presente atto

COLLAUDA

ai sensi della legge no 1086 del 5/11/1971 e successive integrazioni e modifiche, il ponte sito alla progressiva Km ... linea ... tratta per l'uso in base al quale è stato progettato e realizzato.

A norma delle leggi vigenti, il sottoscritto dichiara di essere iscritto con il n. all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di....., con anzianità, e di non essere intervenuto nella progettazione, direzione ed esecuzione delle opere collaudate.

Roma, ...

Il Collaudatore statico

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 25 di 29

- per il corpo del rilevato terre del tipo..... di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006
- per lo strato sommitale del rilevato terre del tipo..... di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006
- per lo strato di sub-ballast

A.2.4 VERIFICA DEL PROGETTO

Il collaudatore darà atto di aver controllato l'impostazione generale del progetto, per accertarne la rispondenza alle disposizioni di legge nonché gli ulteriori criteri progettuali forniti dal Committente.

A.2.4.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel seguito si richiamano in particolare:

- D.M. Ministero delle Infrastrutture 14.01.08 - Norme Tecniche per le costruzioni - G.U. n.29 del 4/2/2008
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 617 del 2/2/2009 – Suppl. Ord. G.U. n. 47 26/2/2009 “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”
- DLgs n.163 del 2006 “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”
- D.P.R. n. 207 del 5 ottobre 2010 Regolamento di esecuzione e di attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006

A.2.4.2 VERIFICA DELL'IMPOSTAZIONE PROGETTUALE

Il Collaudatore darà atto di aver eseguito un riesame della relazione di calcolo al fine di verificare la correttezza dei seguenti aspetti:

- impostazione generale della progettazione strutturale
- schemi di calcolo
- azioni e relative combinazioni.

I calcoli e le verifiche di stabilità dell'insieme rilevato-terreno di fondazione sono stati condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite (secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008) attraverso il programma di calcolo.....

Il progetto ha fornito una valutazione dei cedimenti istantanei, dei fenomeni di consolidazione primaria e secondaria e del loro andamento nel tempo.

Lo studio geologico ha interessato una zona significativamente estesa in relazione al tipo di opera e al suo contesto geologico.

Dall'esame suddetto non sono emerse particolari osservazioni, anche in merito agli aspetti geotecnici.

A.2.5 CONTROLLO DEI REQUISITI DEI MATERIALI E DELLA LORO RISPONDENZA AI DATI DI PROGETTO

Il rilevato oggetto di collaudo è stato realizzato nel pieno rispetto delle prescrizioni delle specifiche a base del progetto, delle avvertenze alle voci di tariffa e delle specifiche tecniche. In particolare, il rilevato è stato realizzato con terre aventi caratteristiche di seguito riportate.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 26 di 29

Piano di posa del rilevato

Il piano di posa del rilevato è stato realizzato con terre del tipo di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006, costipate mediante.....

Con tale sistema di compattazione si sono ottenuti:

- una densità secca non inferiore a.....% della densità massima (valore minimo 95%), ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69);
- un modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non inferiore a..... (valore minimo 20 MPa).

Primo strato di rilevato o strato anticapillare

Lo strato di anticapillare, dello spessore di 50 cm, è stato realizzato con pietrischetto avente dimensioni comprese tra 2 e 25 mm e le seguenti caratteristiche granulometriche:

- 25 mm $\leq$ 100%;
- 4 mm $\leq$ 20 %;
- 2 mm $\leq$ 10 %;
- Equivalente in sabbia >70.

Lo strato è stato costipato mediante

Con tale sistema di compattazione si è ottenuto un modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non inferiore a (valore minimo 20 MPa).

Corpo del rilevato

Il corpo del rilevato è stato realizzato con terre provenienti da appartenenti ai gruppi di cui alla di cui di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006.

Il materiale utilizzato è stato steso in strati dello spessore di cm.

Ciascuno strato è stato costipato mediante.....

Con tale sistema di compattazione si sono ottenuti:

- una densità secca non inferiore al % della densità massima (valore minimo 95%), ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69);
- un modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non inferiore a per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso (valore minimo 20 MPa) e a per la restante zona centrale (valore minimo 40 MPa).

Ultimo strato del rilevato o strato super compattato

La superficie costituente il piano di posa del sub-ballast è stata realizzata mediante formazione di uno strato di terra fortemente compattato di spessore finito non inferiore a (valore limite 30 cm) con terreni appartenenti ai gruppi di cui alla tabella di classificazione ex CNR-UNI 10006, legati con l'aggiunta di legante naturale passante al setaccio 0.4 UNI.

La costipazione è avvenuta mediante.....ottenendo:

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 27 di 29

- una densità secca non inferiore al% della densità massima (valore limite 98 %), ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69);
- un modulo di deformazione misurato, in condizioni prossime a quella ottima di costipamento mediante prova di carico su piastra, non inferiore a al primo ciclo di carico (valore minimo 80 MPa).

Strato di sub-ballast

Lo strato di sub-ballast è stato realizzato in conglomerato bituminoso impastato a caldo, steso in opera in uno strato finito di 12 cm con macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli metallici e gommati.

A.2.5.1 ULTERIORI CONTROLLI SUI MATERIALI EFFETTUATI DAL COLLAUDATORE (EVENTUALI)

Il Collaudatore al fine di formarsi il convincimento sull'accettabilità dei materiali ha ordinato i seguenti saggi e/o controlli non distruttivi :

-
-

A.2.6 VISITE DI COLLAUDO

I sopralluoghi per il collaudo statico sono stati effettuati nei giorni..... alla presenza dei signori:

- per l'Impresa Appaltatrice;
- Direttore dei Lavori;
- per l'Alta Sorveglianza.

I verbali delle visite di collaudo sono allegati al presente certificato di collaudo statico (allegati n.....).

Durante il corso delle visite, dall'ispezione generale è stata constatata la rispondenza delle opere realizzate a quelle del progetto non riscontrando di fatto difetti, deformazioni, cedimenti, etc...di particolare rilievo.

A.2.7 ESAME DELLA DOCUMENTAZIONE ACQUISITA E/O PRODOTTA DALLA DIREZIONE LAVORI

E' stata controllata la documentazione acquisita dalla Direzioni dei Lavori durante la fase esecutiva dei lavori. In particolare:

- 1) Documentazione di accompagnamento della fornitura del materiale impiegato per la realizzazione del piano di posa del rilevato prodotto dalla cava.....
situata in.....;
laboratorio ufficiale, concessione n.....del.....
- 2) Documentazione di accompagnamento della fornitura del materiale impiegato per la realizzazione del corpo del rilevato prodotto dalla cava.....situata in.....;
certificato di qualifica del materiale n.....del.....rilasciato dal laboratorio ufficiale, concessione n.....del.....

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 28 di 29

3) Documentazione di accompagnamento della fornitura del materiale impiegato per la realizzazione dello strato di super compattato prodotto dalla cava.....situata in.....;

certificato di qualifica del materiale n.....del.....rilasciato dal laboratorio ufficiale, concessione n.....del.....

4) Documentazione di accompagnamento della fornitura del materiale impiegato per la realizzazione dello strato di sub-ballast prodotto dalla cava.....situata in.....;

certificato di qualifica del materiale n.....del.....rilasciato dal laboratorio ufficiale, concessione n.....del.....

5) Certificato delle analisi sulle terre provenienti dagli scavi attestanti le caratteristiche chimiche del materiale utilizzato per la realizzazione del corpo del rilevato.....

6) Verbali delle prove sulle terre provenienti dagli scavi attestanti le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale utilizzato per la realizzazione del corpo del rilevato.....

Sono stati inoltre esaminati i verbali delle prove fatte eseguire dalla Direzioni dei Lavori durante la fase realizzativa dei lavori. In particolare:

7) Verbali di prova del.....relativi alle prove per la determinazione della densità secca del materiale impiegato per la realizzazione del piano di posa;

8) Verbali di prova del.....relativi alla prove per la determinazione del modulo di deformazione del materiale impiegato per la realizzazione del piano di posa mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa;

9) E' stata esaminata la dichiarazione da parte del Direttore dei Lavori che:
- ha confermato la chiusura di tutte le non conformità;
- ha riportato la descrizione di tutte le non conformità con il parere dello stesso Direttore dei lavori sulla chiusura delle stesse;

10)

A.2.8 PROVE E CONTROLLI SULL'OPERA

A conferma della buona esecuzione dei lavori e della rispondenza dell'opera ai requisiti progettuali, il sottoscritto Collaudatore Statico ha fatto eseguire le seguenti prove:

1)

2)

A.2.9 CONVALIDA DEI DOCUMENTI DI CONTROLLO QUALITA' E DEL REGISTRO DELLE NON CONFORMITA'

.....

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 19 COLLAUDO STATICO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 19	Codifica: RFI DTC SICS PS SP IFS 003 A	FOGLIO 29 di 29

A.2.10 VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI DURABILITA' E DI ISPEZIONABILITA' DELL'OPERA

.....

A.2.11 CERTIFICATO DI COLLAUDO

Premesso e sottoscritto tutto quanto riportato ai precedenti punti e considerato che:

- che dall'esame del progetto dell'opera, dell'impostazione generale degli schemi di calcolo utilizzati e delle azioni considerate, la progettazione è da ritenersi conforme alla vigente normativa;
- che le opere sono state eseguite in conformità al progetto;
- che le indagini geotecniche eseguite nelle fasi di progettazione e di costruzione hanno interessato un volume significativo di terreno influenzato dall'opera e che sono da ritenersi conformi alla vigente normativa tecnica emanata con D.M. 14 gennaio 2008;
- che i risultati dei controlli sui certificati di qualifica dei materiali provenienti da cava hanno dato esito positivo;
- che i risultati dei controlli sui certificati delle prove effettuate dall'Appaltatore hanno dato esito positivo;
- che i risultati dei controlli sui verbali delle prove fatte effettuare dal Direttore dei Lavori/Alta Sorveglianza hanno dato esito positivo;
- che i controlli fatti eseguire hanno mostrato la buona esecuzione dei lavori e la rispondenza ai requisiti progettuali;

il sottoscritto Collaudatore

CERTIFICA

che l'opera in questione è collaudabile e, in effetti, con il presente atto

COLLAUDA

ai sensi della legge n° 1086 del 5/11/1971 e successive integrazioni e modifiche, il rilevato sito dalla progressiva km ... alla progressiva km ... della linea ... per l'uso in base al quale è stato progettato e realizzato.

A norma delle leggi vigenti, il sottoscritto dichiara di essere iscritto con il n. all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di....., con anzianità, e di non essere intervenuto nella progettazione, direzione ed esecuzione delle opere collaudate.

Roma, ...

Il Collaudatore statico

**CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO
DELLE OPERE CIVILI**

**PARTE II - SEZIONE 20
GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO**

- 20.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
- 20.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO
- 20.3 DEFINIZIONI
- 20.4 ABBREVIAZIONI
- 20.5 PRESCRIZIONI GENERALI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	22/12/2017	Emissione per applicazione	V. Ranucci <i>Valentina Ranucci</i>	C. Giangrande <i>C. Giangrande</i>	Franco Iacobini <i>Franco Iacobini</i>

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 2 di 9

INDICE

20.1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	3
20.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	3
	20.2.1 NORMATIVA NAZIONALE	3
	20.2.2 DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	3
20.3	DEFINIZIONI.....	4
20.4	ABBREVIAZIONI.....	4
20.5	PRESCRIZIONI GENERALI	4
	20.5.1 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO NELLO STESSO SITO DI PRODUZIONE.....	5
	20.5.2 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO IN UN SITO DI DESTINAZIONE O IN UN PROCESSO PRODUTTIVO DIVERSO DA QUELLO DI PRODUZIONE.....	6
	20.5.3 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO COME RIFIUTO	7

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 3 di 9

20.1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente sezione e parte integrante del Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001 B) e costituisce parte nuova rispetto a quanto previsto nel precedente Capitolato (cod. RFI DTC SI SP IFS 001 A).

La presente sezione di Capitolato ha lo scopo di descrivere e standardizzare le corrette modalità di gestione delle terre e rocce da scavo, inclusi i riporti, che derivano dalla realizzazione di scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee), perforazioni, trivellazioni, palificazioni, consolidamenti, opere infrastrutturali (es. gallerie, strade), rimozione e livellamento di opere in terra quali i rilevati esistenti.

A tal fine, la presente sezione disciplina la gestione del materiale da scavo in regime di sottoprodotto e in regime di rifiuto.

20.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I lavori saranno eseguiti in accordo alle norme di legge, istruzioni e normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento e nelle sezioni di Capitolato richiamate nel testo.

Si elencano di seguito la principale documentazione e normativa di riferimento.

20.2.1 NORMATIVA NAZIONALE

- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120;
- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 recante “Norme in materia ambientale” e s.m.i. e sua normativa di attuazione;
- D. Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36 recante “Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti” e s.m.i.;
- D.M. Ambiente 27 settembre 2010 recante i “Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica” e s.m.i.;
- D.M. Ambiente 5 febbraio 1998 recante “Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22” e s.m.i.;
- Regolamento (UE) n. 1013/2006 del 14 giugno 2006 relativo alla spedizione di rifiuti.

20.2.2 DOCUMENTAZIONE TECNICA

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001 - parte II - Sezione 1 “Ambiente” - RFI DTC SI AM MA IFS 001: capitolo 1.8 “Gestione delle terre e rocce da scavo”).
- Capitolato Generale Tecnico di appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001 – Parte II – Sezione 5 “Opere in Terra e scavi” (RFI DTC SI CS SP IFS 004).
- Procedura RFI DPR POTA 13 1 0 “Gestione dei rifiuti”.

Il presente documento dovrà inoltre correlarsi con:

- il Progetto di fattibilità tecnica ed economica, il Progetto definitivo ed il Progetto esecutivo;
- la Documentazione di gara;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 4 di 9

20.3 DEFINIZIONI

Le definizioni utilizzate nella presente sezione sono quelle risultanti dalla normativa vigente (con particolare riferimento alle definizioni contenute nella Parte IV del D. Lgs. n. 152/2006 e nel D.P.R. n. 120/2017), integrate da quanto riportato nel presente paragrafo.

CONTRATTO: l'accordo tra il Committente e Appaltatore per l'esecuzione dei lavori descritti nel Contratto d'appalto contenente l'indicazione del corrispettivo pattuito o tra il Committente e il Fornitore per l'esecuzione delle forniture;

DIREZIONE LAVORI: ufficio preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento nel rispetto degli impegni contrattuali;

ESECUTORE: Soggetto incaricato dell'esecuzione dei lavori o di parte degli stessi (Appaltatore, General Contractor, Contraente Generale);

FERROVIE: Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. o chi agisce in nome e per conto di Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Direzione Lavori, Alta sorveglianza)

20.4 ABBREVIAZIONI

Nel testo sono utilizzate le seguenti abbreviazioni:

D.P.R.	Decreto del Presidente della Repubblica
D. Lgs.	Decreto Legislativo
VIA	Valutazione di Impatto Ambientale
EN	European Norm (norma europea)
UNI	Ente Nazionale di Normazione
ISO	International Standardisation Organization (organizzazione di Standardizzazione Internazionale)
CER	Catalogo Europeo dei Rifiuti

20.5 PRESCRIZIONI GENERALI

Le terre e rocce derivanti dagli scavi e, in generale, dalle attività di costruzione e demolizione, possono essere:

- riutilizzate allo stato naturale o previo trattamento di normale pratica industriale nello stesso sito di produzione,
- riutilizzate in un altro sito o in un processo di produzione in sostituzione dei materiali da cava, eventualmente previo trattamento,
- gestite come rifiuto ed avviate ad un'operazione di smaltimento o di recupero.

In linea di principio, e salvo quanto appresso si dirà, la decisione del regime gestionale cui sottoporre le terre e rocce va definita dal progettista in accordo con FERROVIE in sede di elaborazione del progetto, nel rispetto di quanto dettagliatamente disciplinato nel Manuale di Progettazione delle Opere Civili (RFI DTC SI MA IFS 001 B- parte II - Sezione 1 "Ambiente" (RFI DTC SI AM MA IFS 001 A): capitolo 1.8 "Gestione delle terre e rocce da scavo".

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 5 di 9

In sede esecutiva, pertanto, L'ESECUTORE dovrà eseguire correttamente tutti gli adempimenti gestionali a lui attribuiti sulla base di quanto riportato nella documentazione elaborata in sede progettuale e nel contratto. Sarà, inoltre, cura dell'ESECUTORE predisporre tutta la documentazione prevista dalla normativa, quando tale onere venga a lui attribuito dal progetto, dal contratto, dalla normativa vigente, dal manuale di progettazione di RFI o dal presente capitolato.

In talune ipotesi, previste nello stesso Manuale di Progettazione, e dettagliate nei successivi paragrafi, è possibile che il regime gestionale delle terre e rocce da scavo risultante dalle previsioni progettuali possa essere modificato in fase di progettazione esecutiva (affidata all'ESECUTORE) ovvero in fase esecutiva.

In ogni caso, tali variazioni alle modalità di gestione delle terre e rocce da scavo che l'ESECUTORE volesse introdurre nella propria progettazione esecutiva e/o proporre in corso d'opera dovranno avere il preventivo nulla osta di FERROVIE; l'eventuale rifiuto del nulla osta non potrà in alcun caso dare luogo a riserve, pretese e/o richieste di alcun genere da parte dell'ESECUTORE.

20.5.1 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO NELLO STESSO SITO DI PRODUZIONE

Il riutilizzo, come sottoprodotto o in esclusione dal regime giuridico dei rifiuti, delle terre e rocce nello stesso sito di produzione è ammesso dalla normativa vigente sulla base di alcuni adempimenti che si differenziano in base alla tipologia di procedimento di autorizzazione dell'opera (opera sottoposta a un procedimento di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 o meno), alla quantità di materiale scavato e alla circostanza che il progetto preveda che le terre e rocce, per essere riutilizzate, debbano essere sottoposte a un trattamento di normale pratica industriale o meno ovvero trasportate utilizzando la viabilità pubblica o meno.

In tutte le ipotesi citate, il progetto definitivo e il progetto esecutivo dovranno disciplinare nel dettaglio, nel rispetto di quanto la normativa vigente prevede in termine di obblighi del soggetto esecutore, le modalità operative cui l'ESECUTORE dovrà attenersi.

Qualora in fase esecutiva, l'ESECUTORE dimostri la necessità di dover adottare modalità di gestione delle terre e rocce diverse da quelle progettualmente previste, l'ESECUTORE dovrà richiedere preliminarmente il nulla osta di FERROVIE e, in caso positivo, provvederà a porre in essere gli adempimenti previsti dalla normativa vigente (ad es.: predisposizione e presentazioni alle autorità competenti della documentazione prevista dalla normativa, esecuzione delle indagini di compatibilità ambientale, ecc.).

FERROVIE concederà tale nulla osta sulla base di proprie valutazioni tecniche, alla luce delle ripercussioni sul procedimento di VIA già definito (nell'ipotesi di opera sottoposta a una procedura di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006) e del quadro normativo vigente.

L'esecuzione degli adempimenti normativi connessi a tale modifica di gestione non dovrà, in nessun caso, comportare ripercussioni sulla programmazione dei lavori prevista.

Al termine delle operazioni connesse al conferimento a impianto di recupero o scarica o al riutilizzo delle terre e rocce da scavo, l'ESECUTORE dovrà fornire a FERROVIE una copia della documentazione prevista dalla normativa vigente ovvero ogni altro documento idoneo a provare l'avvenuto corretto adempimento agli obblighi normativi inerenti tali attività.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 6 di 9

20.5.2 RIUTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO IN UN SITO DI DESTINAZIONE O IN UN PROCESSO PRODUTTIVO DIVERSO DA QUELLO DI PRODUZIONE

Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo (in esclusione dal regime giuridico dei rifiuti) in un sito diverso da quello di produzione ovvero in un processo produttivo in sostituzione dei materiali da cava è ammesso dalla normativa vigente sulla base di alcuni adempimenti che si differenziano in base alla tipologia di procedimento di autorizzazione dell'opera (opera sottoposta a un procedimento di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 o meno), alla quantità di materiale scavato e alla circostanza che il progetto preveda che le terre e rocce, per essere riutilizzate, debbano essere sottoposte a un trattamento di normale pratica industriale.

In tutte le ipotesi citate, il progetto definitivo e il progetto esecutivo dovranno disciplinare nel dettaglio, nel rispetto di quanto la normativa vigente prevede in particolare come obbligo del soggetto esecutore, le modalità operative cui l'ESECUTORE dovrà attenersi.

In particolare, sarà cura dell'ESECUTORE eseguire quanto previsto nei documenti elaborati in sede progettuale (ad es. in qualità di esecutore del Piano di Utilizzo delle Terre di cui all'articolo 9 del D.P.R. n. 120/2017); in altre ipotesi, progettualmente previste e contrattualmente disciplinate, l'ESECUTORE dovrà direttamente predisporre e presentare alle autorità competenti la documentazione prevista dalla normativa vigente (ad es. predisposizione ed presentazione della dichiarazione di cui all'articolo 21 del D.P.R. n. 120/2017).

Nell'ipotesi in cui ciò sia progettualmente previsto o obbligatorio ai sensi della normativa vigente, l'ESECUTORE dovrà, in fase esecutiva, provvedere ad accertare la sussistenza o il permanere della sussistenza della qualità ambientale delle terre e rocce.

In tale ipotesi, l'ESECUTORE dovrà eseguire il campionamento nel rispetto di quanto previsto nell'allegato 9 del D.P.R. n. 120/2017. Le procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e di accertamento delle qualità ambientali sono indicate nell'allegato 4 del D.P.R. stesso integrate, per i riporti, dall'esecuzione del test di cessione previsto dall'art. 4 comma 3 del citato D.P.R.

Qualora in fase esecutiva, l'ESECUTORE dimostri la necessità di dover adottare modalità di gestione delle terre e rocce diverse da quelle progettualmente previste, l'ESECUTORE dovrà richiedere preliminarmente il nulla osta di FERROVIE e, in caso positivo, provvederà a porre in essere gli adempimenti previsti dalla normativa vigente (ad es.: predisposizione e presentazioni alle autorità competenti della documentazione prevista dalla normativa, esecuzione delle indagini di compatibilità ambientale, ecc.).

FERROVIE concederà tale nulla osta sulla base di proprie valutazioni tecniche, alla luce delle ripercussioni sul procedimento di VIA già definito (nell'ipotesi di opera sottoposta a una procedura di cui alla Parte II del D. Lgs. 152/2006) e del quadro normativo vigente.

L'esecuzione degli adempimenti normativi connessi a tale modifica di gestione non dovrà, in nessun caso, comportare ripercussioni sulla programmazione dei lavori prevista.

Al termine delle operazioni connesse al conferimento a impianto di recupero o scarica o al riutilizzo delle terre e rocce da scavo, l'ESECUTORE dovrà fornire a FERROVIE una copia della documentazione prevista dalla normativa vigente ovvero ogni altro documento idoneo a provare l'avvenuto corretto adempimento agli obblighi normativi inerenti tali attività.

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 7 di 9

20.5.3 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO COME RIFIUTO

Le terre e rocce derivanti dagli scavi per le quali non si prevede un riutilizzo costituiscono rifiuto. L'ESECUTORE assume, per tali rifiuti, la qualifica di produttore del rifiuto e, pertanto, sarà sua cura gestire tali materiali in conformità alla normativa vigente, risultante, in particolare, dalla Parte IV del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. e dalla normativa di attuazione dello stesso.

In particolare, valgono le seguenti prescrizioni:

A) Classificazione del rifiuto ed individuazione della tipologia di impianto di recupero/smaltimento cui avviare lo stesso

- L'ESECUTORE dovrà provvedere a far eseguire ad un Laboratorio che ha adottato la norma ISO/IEC 17025 ed è in possesso della relativa certificazione le analisi chimico fisiche necessarie alla corretta classificazione del rifiuto e all'individuazione della tipologia di impianto cui il rifiuto può essere conferito;
- le modalità e i criteri di esecuzione del campionamento di rifiuto ai fini della caratterizzazione chimico-fisica dovranno essere tali da ottenere un campione rappresentativo secondo gli standard di cui alla norma UNI 10802 "Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi – Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati" e alle norme UNI EN 14899 e UNI EN 15002;
- il certificato di analisi dovrà essere firmato e timbrato da un tecnico specializzato iscritto all'Albo Professionale e dovrà espressamente chiarire se il rifiuto, una volta classificato e caratterizzato, possa essere conferito ad una operazione di recupero e, nell'ipotesi in cui venga avviato ad una operazione di smaltimento, se lo stesso è conferibile ad una discarica per rifiuti inerti, per rifiuti non pericolosi o per rifiuti pericolosi;
- la Direzione Lavori ha la facoltà di richiedere chiarimenti o integrazioni alle analisi eseguite o che si prevede di eseguire. Quando la provenienza e la composizione dei rifiuti è nota a priori, potrà essere effettuata la caratterizzazione "ridotta" dei rifiuti. Nel dubbio sulla composizione e natura del rifiuto, oppure qualora nel set ridotto non dovessero essere comprese una o più sostanze ritenute significative per l'attribuzione della pericolosità del materiale, si potranno aggiungere al set dei parametri per la caratterizzazione "ridotta" ulteriori parametri, da compensare con le voci di sovrapprezzo se economicamente conveniente rispetto all'effettuazione dell'analisi completa (caratterizzazione "completa"). In qualsiasi caso, la responsabilità della corretta attribuzione del CER rimane in capo all'ESECUTORE in qualità di produttore/detentore dei rifiuti;
- nella scelta dell'impianto cui concretamente il rifiuto dovrà essere avviato, l'ESECUTORE dovrà prediligere l'avvio ad una operazione di recupero. L'avvio a smaltimento di un rifiuto ammissibile ad una operazione di recupero ovvero l'avvio ad una discarica di categoria superiore rispetto a quella ammissibile dovrà essere espressamente giustificato dall'Appaltatore, anche basandosi su considerazioni di ordine gestionale o economico e, in ogni caso, sarà sottoposto al nulla osta di FERROVIE.

B) Gestione del deposito temporaneo

- I rifiuti, una volta prodotti, dovranno essere detenuti in deposito temporaneo presso il luogo di produzione nel rispetto delle norme tecniche previste (in particolare, per le terre e rocce da scavo si rimanda all'articolo 23 del D.P.R. n. 120/2017), oltre che dei limiti quantitativi e temporali previsti dalla normativa vigente;

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 8 di 9

- le aree di deposito temporaneo dei rifiuti debbono essere fisicamente distinte dalle aree dove sono depositate le terre e rocce da scavo costituenti sottoprodotto o materia prima. Tali aree debbono essere preferibilmente recintate, di dimensioni adeguate e poste in lontananza dai ricettori con particolare destinazione d'uso (scuole, ospedali, case di cura, civili abitazioni, ecc.);
- deve essere osservato il generale divieto di miscelazione dei rifiuti pericolosi tra loro oltre che con i rifiuti non pericolosi;
- nell'area di stoccaggio dei rifiuti deve, inoltre, essere prevista apposita segnaletica, ben visibile per dimensione e collocazione, con tabelle indicanti le norme di comportamento per la manipolazione dei rifiuti e per il contenimento dei rischi per la salute dell'uomo e dell'ambiente;
- per i rifiuti normalmente avviati ad operazioni di recupero, il deposito temporaneo deve essere realizzato in modo da non modificare le caratteristiche del rifiuto compromettendone il successivo recupero.

C) Verifica del possesso delle autorizzazioni da parte dei soggetti che effettuano la raccolta, il trasporto, lo smaltimento o il recupero dei rifiuti

- L'ESECUTORE, ove intenda svolgere direttamente un'operazione di trasporto, smaltimento o recupero e risulti in possesso dei requisiti previsti dalla normativa vigente per l'effettuazione della/e medesima/e, dovrà tempestivamente, e comunque prima dell'inizio dei lavori, fornire a FERROVIE copia degli atti autorizzatori/di iscrizione che lo autorizzano, ai sensi della normativa vigente, allo svolgimento delle relative attività di trasporto, smaltimento o recupero;
- nel caso non risulti in possesso dei requisiti di cui al precedente punto, l'ESECUTORE si impegna a servirsi di soggetti autorizzati allo svolgimento delle relative attività e a fornire a FERROVIE tempestivamente, e comunque prima del conferimento dei rifiuti, copia degli atti autorizzatori/di iscrizione posseduti dai soggetti ai quali intende affidare l'operazione di trasporto, smaltimento o recupero;
- l'ESECUTORE si impegna a fornire a FERROVIE, entro i termini di legge, una copia della documentazione prevista dalla normativa vigente atta a far cessare ogni responsabilità del produttore/detentore circa il corretto avvio a smaltimento o recupero dei rifiuti. Il pagamento delle tariffe o comunque di quanto dovuto per la gestione dei rifiuti è subordinato alla corretta esecuzione di tale adempimento;
- ove l'ESECUTORE non provveda al puntuale adempimento degli obblighi circa l'avvio a trasporto, smaltimento o recupero, FERROVIE avrà facoltà di provvedere a propria cura anche al fine di garantire il rispetto degli obblighi normativi. In tale ipotesi, nulla sarà dovuto all'ESECUTORE relativamente a tali adempimenti e fatta salva l'applicazione di ogni altra sanzione normativa o penale.

D) Operazioni preliminari al trasporto dei rifiuti

Prima del trasporto all'impianto di smaltimento/recupero l'ESECUTORE dovrà provvedere ai compiti di seguito elencati:

- carico dei rifiuti su idoneo mezzo di trasporto, debitamente autorizzato ai sensi della normativa vigente;
- accurata pulizia delle aree sgomberate relativamente alle predette operazioni di carico;
- pesatura dei rifiuti mediante pesa stradale o ferroviaria riportante i vari quantitativi (peso lordo, peso netto, tara). In linea di principio, in fase di carico sui mezzi, il peso da considerare è quello stimato

	CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI PARTE II - SEZIONE 20 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO	
CAPITOLATO PARTE II - SEZIONE 20	Codifica: <u>RFI DTC SI AM SP IFS 003 A</u>	FOGLIO 9 di 9

dall'ESECUTORE in fase di produzione. Al fine del pagamento dei corrispettivi previsti in materia di gestione di rifiuti, si dovrà far riferimento al peso eventualmente verificato a destino dall'impianto di recupero o smaltimento. Per tale motivo, nella predisposizione della documentazione di legge che accompagna il trasporto dei rifiuti, l'ESECUTORE dovrà sempre prevedere che il peso venga verificato a destino. È data facoltà a FERROVIE di richiedere che il cantiere sia attrezzato con una speciale bascula tarata della portata non inferiore a 20 tonnellate. La bascula sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio. In alternativa, ove FERROVIE richieda comunque una pesatura in contraddittorio prima del conferimento all'impianto di destinazione, l'ESECUTORE potrà utilizzare quegli impianti di pesa pubblica autorizzati più prossimi al cantiere, o alle aree di lavoro o agli impianti ferroviari a cui richiederà la certificazione attestante i requisiti di legge. Tale documentazione dovrà essere esibita alla Direzione Lavori a semplice richiesta. In tali ipotesi, ogni operazione di pesatura dovrà essere preventivamente concordata (giorno, ora e luogo) e sarà effettuata formalmente in contraddittorio con la Direzione Lavori, pena il mancato riconoscimento di quelle effettuate in difformità a quanto prescritto;

- eventuali ulteriori attività quali:
 - l'umidificazione dei rifiuti nelle fasi di deposito e di carico per l'abbattimento delle polveri;
 - le operazioni necessarie a consentire il carico, lo scarico ed il trasporto, ivi incluse le eventuali operazioni finalizzate a ridurre il volume dei rifiuti ingombranti;
 - la bagnatura delle strade o delle piste di accesso alle aree oggetto dell'appalto;
 - la conservazione della viabilità pubblica e privata preesistente per l'accesso ai siti di lavoro, mediante pulizia e manutenzione;
 - la predisposizione di segnaletica stradale e di cartellonistica informativa lungo il percorso di accesso al cantiere;
 - la regolarizzazione del piano delle aree di giacenza dei rifiuti, dopo l'asportazione degli stessi, a quello di campagna esistente.

E) Gestione della documentazione

L'ESECUTORE sarà responsabile della corretta gestione e conservazione di tutta la documentazione prevista dalla normativa vigente in materia di gestione dei rifiuti.

Sarà sua cura, a titolo esemplificativo:

- istituire e redigere il registro di carico e scarico dei rifiuti nelle ipotesi in cui lo stesso è obbligatorio;
- predisporre il formulario di identificazione dei rifiuti;
- gestire le attività connesse al ricevimento o al mancato ricevimento della quarta copia dello stesso;
- curare le attività di notifica e di predisposizione della documentazione prevista dal regolamento (UE) n. 1013/2006 del 14 giugno 2006 relativo alla spedizione transfrontaliera di rifiuti.

FERROVIE si riserva la facoltà di verificare che l'ESECUTORE abbia adempiuto e stia adempiendo correttamente ai propri obblighi di gestione della documentazione.