

S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"
TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA
1° stralcio: Madonna di Baiano-Firenzuola

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PG143**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° Terni n°A844

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
 Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

Il Responsabile di Progetto

Arch. Pianificatore Marco Colazza

Il Responsabile del Procedimento

Dott. Ing.
 Alessandro Micheli

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott.Ing. N.Granieri
 Dott.Arch. N.Kamenicky
 Dott.Ing. V.Truffini
 Dott.Arch. A.Bracchini
 Dott.Ing. F.Durastanti
 Dott.Ing. E.Bartolucci
 Dott.Geol. G.Cerquiglini
 Geom. S.Scopetta
 Dott.Ing. L.Sbrenna
 Dott.Ing. E.Sellari
 Dott.Ing. L.Dinelli
 Dott.Ing. L.Nani
 Dott.Ing. F.Pambianco
 Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini
 Dott. Ing. S.Sacconi
 Dott. Ing. C.Consorti
 Dott. Ing. E.Loffredo
 Dott. Ing. C.Chierichini

Dott. Ing. V.Rotisciani
 Dott. Ing. F.Macchioni
 Geom. C.Vischini
 Dott. Ing. V.Piunno
 Dott. Ing. G.Pulli
 Geom. C.Sugaroni



22.CAPITOLATI E CONTRATTI
22.01 ELABORATI GENERALI

Capitolato speciale d'appalto parte seconda - Norme Tecniche 1 di 2

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	<i>T00CT00GENRE02A</i>		
DTPG143	E	23	CODICE ELAB. T00CT00GENRE02	A	-
A	Emissione		<i>Ago 2023</i>	<i>M.De Tursi</i>	<i>F.Durastanti</i>
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.05.18 - Rev. 1.0

Opere d'arte maggiori
Gallerie

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.18 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Gallerie

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



INDICE

1	PREMESSA	5
2	ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI	7
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
4	SCAVI	10
4.1	SCAVI A CIELO APERTO	10
4.1.1	Scavo completamente a cielo aperto	11
4.1.2	Scavo parzialmente a cielo aperto	11
4.2	SCAVI A FORO CIECO E IN ALLARGAMENTO DI GALLERIE ESISTENTI	12
4.2.1	Scavo con esplosivo	13
4.2.2	scavo in presenza di acqua	14
4.3	SCAVO MECCANIZZATO	16
4.3.1	Prescrizioni tecniche macchine da scavo	17
4.3.2	Materiali	19
4.3.3	Rivestimenti	19
4.4	SCAVO IN AMBIENTI GRISUTOSI	21
4.5	SCAVO DI POZZI	22
4.5.1	Scavo di pozzi in roccia verticali o inclinati mediante metodo di raise-boring	23
5	INTERVENTI DI PRESOSTEGNO E PRECONSOLIDAMENTO	25
5.1	PRECONSOLIDAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO CON TUBI IN VETRORESINA	26
5.2	PRECONSOLIDAMENTO MEDIANTE TRATTAMENTI COLONNARI (COLONNE CONSOLIDATE JET-GROUTING)	28
5.2.1	Armatura delle colonne	28
5.3	PRESOSTEGNO MEDIANTE INFILAGGI	28
5.4	PRESOSTEGNO DEL CONTORNO DI SCAVO CON TUBI IN ACCIAIO AUTOPERFORANTI CON INIEZIONI DINAMICHE AD ALTA PRESSIONE	32
5.5	CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO AL CONTORNO DELLO SCAVO MEDIANTE INIEZIONI DI MISCELE CEMENTIZIE	33
5.6	PRECONTENIMENTO MEDIANTE VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO)	33
5.6.1	Conglomerato cementizio spruzzato per la realizzazione di una volta continua in elementi tronco-conici (Pretaglio)	34
6	RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE E INTERVENTI DI SOSTEGNO DEL CAVO	35



6.1	CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTRISALDATE,	36
6.2	ANCORAGGI	37
6.3	RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE	37
6.3.1	Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato	37
6.3.2	Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato	39
7	RIVESTIMENTI DEFINITIVI	40
7.1	RIVESTIMENTO DI SECONDA FASE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA	40
7.2	CASSEFORME	41
8	IMPERMEABILIZZAZIONI	42
8.1	IMPERMEABILIZZAZIONE CON GUAINA IN PVC	43
8.2	WATER-STOP IDROESPANSIVO	44
8.3	GIUNTO INIETTATO A TENUTA IDRAULICA PER RIPRESE DI GETTO	45
9	DRENAGGI	46
9.1	CANALETTE DI RACCOLTA	47
9.2	TUBI DRENANTI MICROFESSURATI	47
10	MONITORAGGIO	49
10.1.1	Misure dall'interno del cavo	51
10.1.2	Misure dall'esterno del cavo	54
10.2	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	56
10.2.1	Interpretazione e verifica in corso d'opera	60
10.3	MONITORAGGIO IN FASE DI ESERCIZIO	61
10.4	MONITORAGGIO PER SCAVO MECCANIZZATO	63
11	PROVE E CONTROLLI	64
11.1	DISPOSIZIONI GENERALI	64
11.2	SCAVI A CIELO APERTO	64
11.3	SCAVI A FORO CIECO	66
11.4	CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTRISALDATE E SCALETTE DI RINFORZO	67
11.5	ANCORAGGI	67
11.6	CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO	67
11.7	CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO FIBRORINFORZATO	68
11.8	CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA	68
11.9	CONCI PREFABBRICATI PER SCAVO MECCANIZZATO	69
11.9.1	Prove di qualifica e norme di riferimento	69
11.9.2	Tolleranze dimensionali	70



11.10	DRENAGGI	75
11.11	IMPERMEABILIZZAZIONE	75
11.12	PRECONSOLIDAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	76
11.13	INIEZIONI	77
11.14	INFILAGGI	80
11.15	JET – GROUTING	80
11.16	PRECONTENIMENTO MEDIANTE VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO)	80
12	NORME PER LA MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI	81
12.1	GENERALITÀ	81
12.2	SCAVI	82
12.3	CALCESTRUZZO SPRUZZATO	83
12.4	CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA	84
12.5	IMPERMEABILIZZAZIONE	84
12.6	TIRANTI CHIODI E BULLONI	84
12.7	DRENAGGI	85
12.8	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO	85
12.9	TRATTAMENTI COLONNARI	85
12.10	INIEZIONI	85
12.11	PERFORAZIONI	86
13	NON CONFORMITÀ E SANZIONI	86
14	COLLAUDO	86
15	MANUTENZIONE	86
16	APPENDICE	87
16.1	1 – PRESCRIZIONI PER LO SCAVO IN TERRENI GRISUTOSI	87
16.1.1	Scavo a foro cieco in ambienti grisutosi	87
16.1.2	Lavorazioni di Monitoraggio Gas e Ventilazione in condizioni di scavo a foro cieco in ambienti grisutosi	89
16.1.3	Scavo Meccanizzato in ambienti grisutuosi	96
16.2	ISPEZIONE E MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ DELL'ATMOSFERA	102

1 PREMESSA

Il presente Capitolo contiene le prescrizioni, gli oneri di carattere generale, ed i controlli da eseguire, relativi a tutte le opere in sotterraneo quali:

- Gallerie artificiali



- Gallerie naturali con scavo tradizionale
- Gallerie naturali con scavo meccanizzato
- Gallerie naturali in allargamento
- Tutte le opere connesse alle gallerie (by-pass, nicchie, nicchioni, cameroni, finestre di accesso, cunicoli)
- Pozzi di areazione

Le gallerie naturali sono quelle definite come manufatti eseguiti a "foro cieco", ovvero opere in sottoterraneo che sono costruite totalmente nel sottosuolo mediante operazioni coordinate di asportazione del terreno e/o della roccia in posto e di messa in opera degli eventuali interventi, necessari alla stabilizzazione della cavità a breve termine, e del rivestimento finale, che dovrà essere individuato in relazione alla tipologia di opera da realizzare e alla funzione ad esso assegnata (comprendendo anche le gallerie esistenti in ampliamento).

Le gallerie artificiali sono definite come manufatti realizzati totalmente o parzialmente dall'esterno e successivamente ritombati.

Le tipologie di intervento comuni ad entrambe le categorie sono:

- scavi
- consolidamenti
- prerivestimenti
- impermeabilizzazioni
- drenaggi
- rivestimenti

In relazione alla costante interazione terreno-struttura, le modalità esecutive vengono definite nel progetto e sono parte integrante di esso.

Le NTC2008, al Capitolo 6.7 "Opere in sottoterraneo", definiscono le procedure tecniche per il progetto e la costruzione di gallerie.

Il **progetto esecutivo** delle opere in sottoterraneo deve svilupparsi secondo le modalità indicate all'interno delle Capitolato d'onori per la Progettazione e nel rispetto delle norme vigenti ed in particolare secondo i principi generali esposti all'interno delle NTC2008.

Il **progetto esecutivo**, dovrà individuare per ogni sezione di scavo, le caratteristiche geometriche e prestazionali dei consolidamenti (laddove presenti), le caratteristiche geometriche e prestazionali del prerivestimento e dei sostegni definitivi del cavo. Dovranno essere individuate le fasi e i tempi di realizzazione di ogni singola lavorazione dalla fase di consolidamento a quella di posa in opera del rivestimento definitivo. La descrizione delle Sezioni Tipo deve essere tale da contenere tutti gli



elementi necessari alla realizzazione dovranno essere definite le zone e le quantità di applicazione in maniera da coprire tutto lo sviluppo dell'opera da realizzare. Infine dovranno essere definite tutte le opere al contorno con lo stesso dettaglio della sezione corrente in galleria. Nel seguito saranno riportate solo le prescrizioni relative ai materiali, alle caratteristiche delle opere, nonché alle modalità esecutive che, indipendentemente dal metodo di scavo e di rivestimento adottato, servono a garantire la qualità nel tempo dell'opera finita.

Per tutto ciò che non è indicato nel presente Capitolato occorre fare riferimento al Progetto e, se allegato al contratto, al Capitolato Speciale.

Nel corso della realizzazione dell'opera si dovrà tenere conto che l'adeguamento del progetto alle reali condizioni del terreno riscontrate durante lo scavo (ove necessario) è di competenza del progettista.

2 ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI

L'impresa dovrà attenersi ai seguenti oneri generali:

- Prima di cominciare i lavori l'Impresa dovrà inviare alla DL gli elaborati di dettaglio del progetto che dovranno includere anche:
 - La dettagliata descrizione dei metodi, delle fasi e delle sequenze di scavo che verranno adottate per ciascuna sezione tipo prevista nel progetto in accordo con le prescrizioni del progetto stesso;
 - L'organizzazione dei cantieri di lavoro e le misure di sicurezza;
- La pianificazione delle prove da effettuare in corso d'opera in accordo alle eventuali prescrizioni di progetto. L'impresa dovrà provvedere, con il procedere dei lavori, alla redazione del progetto "as built" che dovrà riportare tutti i dettagli relativi agli interventi effettivamente posti in opera e tutte le caratteristiche della galleria nella sua configurazione finale esso si comporrà di elaborati grafici e relazioni al pari del progetto esecutivo.
- La realizzazione delle opere (scavi, consolidamenti, opere di sostegno, rivestimenti, etc...) dovrà avvenire in conformità al progetto. Ove la natura dei terreni in sito risultasse difforme da quella ipotizzata in sede di progetto, l'Impresa dovrà fornire al progettista, tramite la DL, tutti i dati necessari affinché il progetto possa essere verificato ed eventualmente modificato a cura del progettista stesso;
- L'Impresa dovrà provvedere all'esecuzione di tutte le prove ed i rilievi previsti dal progetto o dalle presenti prescrizioni ed eventualmente richiesti dalla DL. Avrà inoltre l'onere di provvedere alla registrazione e archiviazione di tutti i dati e alla segnalazione tempestiva, alla DL di tutte le anomalie riscontrate;



- Per gli interventi di miglioramento, rinforzo e stabilizzazione la DL potrà richiedere la realizzazione di adeguati campi prova per valutare la fattibilità e l'efficacia degli interventi stessi e per consentire il loro corretto dimensionamento. Le prove preliminari, ove previste, non costituiscono certificazione di qualità dei lavori, ma hanno soltanto lo scopo di provare la fattibilità e l'efficacia degli interventi previsti nel progetto. Gli oneri diretti e indiretti, connessi con la realizzazione dei campi prova sono compresi e compensati nei prezzi delle opere; solo nel caso in cui a seguito delle risultanze delle prove eseguite si ritenesse di non adottare gli interventi provati, all'Impresa saranno compensati, a misura, i solo interventi eseguiti e sottoposti a prove di verifica;
- Rientrano tra gli oneri dell'Impresa i ritardi e, in generale, i condizionamenti di qualunque natura sui cicli di lavoro e sulla produzione legati alla posa in opera dell'impermeabilizzazione sull'arco rovescio sia questa prevista dal progetto o richiesta dalla DL;
- L'Impresa dovrà provvedere alla realizzazione e manutenzione di strade di accesso alle opere in costruzione adeguate al transito dei mezzi di lavoro e dei mezzi di locomozione per il personale operativo e direttivo;
- L'Impresa dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari, sia definitivi che provvisori, atti ad evitare il prosciugamento di pozzi e sorgenti, nonché danni ai fabbricati, alle sedi stradali e alle opere interferenti con i lavori;
- In mancanza di diverse indicazioni di progetto, l'Impresa, con almeno trenta giorni di anticipo rispetto all'utilizzo di ogni discarica, dovrà comunicare formalmente al Direttore dei Lavori l'ubicazione della stessa. Tale comunicazione dovrà essere corredata da una planimetria dell'area interessata nonché da sezioni trasversali rilevate sul terreno almeno ogni 10 m al fine di consentire la valutazione dei volumi depositabili. Il Direttore dei Lavori comunicherà l'accettazione o meno di tali discariche senza che per l'eventuale diniego l'Impresa possa sollevare eccezioni o riserve. Di norma non sarà ammesso che siano attive più di due discariche contemporaneamente per ciascun fronte di avanzamento. I relativi oneri sono a carico dell'Impresa.
- L'Impresa dovrà garantire la presenza continua del personale necessario alla conduzione, manutenzione e guardiania degli impianti di servizio necessari per la sicurezza e operabilità dei cantieri in sotterraneo;
- Gli oneri relativi alla realizzazione di discenderie, finestre o pozzi per eventuali attacchi intermedi non previsti dal progetto che si rendessero necessari per il rispetto dei tempi di costruzione, sono a carico dell'Impresa;
- È a carico dell'Impresa l'installazione e la gestione dei cantieri necessari a realizzare l'opera per la parte di sua competenza. L'Impresa è inoltre tenuta al controllo delle aree di cantiere ed alla regolamentazione degli accessi;



- È a carico dell'Impresa, quando necessario, il trattamento delle acque provenienti dalla galleria prima del loro scarico all'esterno;
- È onere dell'Impresa mettere a disposizione della DL tutte le attrezzature ed il personale da questa richiesti per l'esecuzione di prove o controlli in opera inclusa l'adeguata illuminazione e ventilazione dei luoghi.

L'Impresa è tenuta ad adottare a propria cura e spese tutti gli accorgimenti e le cautele necessarie per garantire la sicurezza dei lavori e l'incolumità delle persone. A tal fine dovrà osservare e far osservare le prescrizioni delle leggi vigenti e, in particolare, le prescrizioni del piano di sicurezza; in particolare:

- I cantieri in sotterraneo dovranno essere adeguatamente illuminati al fine di consentire la sicurezza e il regolare svolgimento dei lavori; dovranno essere previsti adeguati sistemi di emergenza;
- L'Impresa dovrà provvedere alla installazione e all'esercizio di idonei sistemi atti a garantire la ventilazione e il ricambio d'aria all'interno delle aree di lavoro in sotterraneo. Tali sistemi dovranno essere opportunamente dimensionati e dotati di adeguati automatismi che consentano l'entrata in servizio delle riserve in caso di avaria o inefficienza del sistema;
- Il piano di transito dei mezzi dovrà essere mantenuto regolare provvedendo alle necessarie ricariche e sistemazioni con materiale arido, in modo da rendere sicura la circolazione;
- Le squadre di personale operanti in sotterraneo dovranno essere dotate di idonei sistemi di comunicazione coordinati da una postazione fissa all'esterno della galleria;
- Dovrà essere predisposto un servizio di salvataggio e pronto soccorso provvisto dei necessari mezzi di emergenza e formato da personale adeguatamente addestrato.
- All'Impresa faranno carico i maggiori costi eventualmente derivanti dal fermo dei mezzi e del personale conseguenti a motivi di sicurezza o derivanti dalla necessità di modificare le metodologie di lavoro;
- L'Impresa, nell'eseguire i lavori conformemente al progetto, è tenuta ad utilizzare le sue capacità e la sua esperienza al fine di individuare in tempo utile situazioni potenzialmente pericolose;
- Quando al fine di garantire il sostegno degli scavi, il regolare svolgimento dei lavori e l'incolumità delle persone, siano necessarie opere provvisorie aggiuntive non previste esplicitamente nel progetto, queste dovranno essere tempestivamente definite e realizzate sotto la diretta responsabilità dell'Impresa la quale informerà la DL prima di proseguire nello scavo;



- Ogni qualvolta l'avanzamento al fronte venga sospeso, anche per un giorno, l'Impresa dovrà assicurarsi che, la posa di tutti i sostegni di prima fase sia stata completata e che quest'ultimo sia stato protetto.

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente alle seguenti norme.

- D. M. Infrastrutture 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni (NTC2008 o NTC).
- Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", aggiornamento 2012.
- Norme UNI indicate nei singoli paragrafi, laddove non siano in contrasto con le NTC;
- Altre norme CNR, ASTM, ISRM, DIN richiamate ove pertinenti.
- Dlgs. 05/10/2006 n. 264 "Attuazione della direttiva 2004/54/CE in materia di sicurezza per le gallerie della rete stradale transeuropea"

4 **SCAVI**

Macro voci di Elenco Prezzi correlate:

- A.01 – Scavi
- C.01 - Scavi e demolizioni

Con il termine "scavi" si intendono tutte le tecnologie esecutive finalizzate alla effettuazione di scavi a cielo aperto o a foro cieco in terreni, rocce o materiali di qualsiasi natura durezza e consistenza costituiti anche da materiali eterogenei e comunque sciolti. Sarà in ogni caso cura dell'Impresa provvedere, in accordo al progetto, ai lavori di consolidamento e sostegno degli scavi, allo smaltimento delle acque (qualunque ne sia l'importanza, la portata e la pressione), all'adozione di tutte le cautele necessarie ad evitare danni di qualsiasi natura.

Gli scavi si suddividono in:

- scavi a cielo aperto;
- scavi a foro cieco

Tali scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e ove necessario con l'impiego di esplosivi.

4.1 **SCAVI A CIELO APERTO**



Con tale denominazione, si vogliono comprendere tutti gli scavi necessari per la costruzione di gallerie artificiali le quali possono essere realizzate mediante:

- scavi eseguiti completamente a cielo aperto;
- scavi eseguiti parzialmente a cielo aperto.

La soluzione di ricoprimento da adottare dovrà essere conforme a quanto previsto dal progetto.

Per quanto applicabili, nell'esecuzione degli scavi dovranno essere rispettate tutte le prescrizioni di cui al Capitolato Movimenti di terra.

In tutti gli scavi che verranno eseguiti con l'impiego di esplosivo, dovrà essere adottato il sistema di sparo a profilatura controllata, così da ottenere profili di scavo regolari e ridurre il disturbo dei materiali circostanti, in tal caso valgono tutte le prescrizioni descritte al par. 4.2.1

Per quanto riguarda il conglomerato cementizio gettato in opera valgono le prescrizioni riportate nel Capitolato "Calcestruzzi e acciai per CA e CAP".

4.1.1 SCAVO COMPLETAMENTE A CIELO APERTO

L'impiego di tale soluzione è subordinata alla possibilità della realizzazione di uno scavo completo dal piano di campagna sino al piano di imposta della fondazione del manufatto da realizzare.

In questo caso è possibile procedere alla realizzazione del manufatto esclusivamente in conglomerato cementizio armato, con operazioni "all'aperto".

Nel caso di sezioni scatolari Per la realizzazione dell'impalcato di copertura è esclusa la possibilità di usare travi o predalle in C.A.P. quando esso risulti interrato.

4.1.2 SCAVO PARZIALMENTE A CIELO APERTO

La tecnica degli scavi eseguiti parzialmente a cielo aperto sarà adottata quando la situazione orografica e le caratteristiche geotecniche non permettono l'apertura di uno scavo totale dal piano di campagna fino al piano di imposta delle fondazioni.

Tale metodologia di scavo, si limiterà alla costruzione della soletta di copertura o alle relative spalle di sostegno, a seconda delle previsioni progettuali.

Successivamente, dopo l'esecuzione dell'impalcato di copertura potrà essere effettuato lo scavo della porzione di terreno contenuta tra le paratie laterali, l'impalcato e la platea di fondo.

Anche in questo caso, lo spessore massimo ammissibile per il terreno di copertura è di 6 m. Nel caso in cui la distanza tra l'estradosso dell'impalcato di copertura e il piano di campagna sia maggiore di 6 m si procederà alla variazione della quota del piano di campagna o alla realizzazione di



solette intermedie che realizzino una galleria artificiale a doppia altezza. In entrambi i casi dovrà essere dettagliatamente motivata la scelta tipologica effettuata.

Nel presente caso dovrà essere sempre prevista la realizzazione di una controparete in c.a. a contatto con la paratia laterale, ancorata alla paratia, alla platea di fondo e all'impalcato di copertura.

4.2 SCAVI A FORO CIECO E IN ALLARGAMENTO DI GALLERIE ESISTENTI

Con tale denominazione vengono compresi gli scavi eseguiti per la costruzione di gallerie naturali, di nuova realizzazione e di allargamento di gallerie esistenti.

Indipendentemente dalle modalità di avanzamento dello scavo, che saranno conformi al progetto, si distinguono le seguenti tipologie principali:

- Scavo in allargamento, di cunicolo o di galleria assistente;
- Scavo a foro cieco di qualunque tipo con perforazione, sia a mano sia meccanica sia con esplosivi, con o senza posa di priverivestimento, anche per sezioni parzializzate;
- Scavo a pozzo o a campione da eseguirsi eventualmente per la costruzione di piedritti in sottomurazione della calotta;
- Scavo a foro cieco di cunicoli e successivo allargamento;
- Scavo a foro cieco con attrezzatura completamente meccanizzata a piena sezione con o senza sostegno della cavità mediante scudo metallico e sostegno del fronte;
- Scavo a foro cieco con frese ad attacco puntuale;
- Scavo di pozzi verticali o sub-verticali.

Gli scavi in sotterraneo non potranno essere effettuati se preliminarmente non si è assicurata la stabilità degli imbocchi della galleria.

Nella eventualità che gli scavi procedano a sezione parzializzata, o nel caso di allargamento di galleria esistente, la successione operativa dello scavo dovrà essere tale da evitare fenomeni di instabilità o deformazioni inammissibili del cavo.

I piedritti, quando eseguiti per sottomurazione del rivestimento di calotta, dovranno essere costruiti a campioni di lunghezza non superiore a 5 m, e alternativamente su ciascun paramento ed opportunamente sfalsati.

L'arco-rovescio, nelle classi di scavo che lo impongono, dovrà essere realizzato ad una distanza dal fronte indicata dal progetto esecutivo, dove con diametro della sezione di scavo si intende quanto già riportato in precedenza.



In zone di particolare difficoltà di avanzamento dello scavo, la Direzione Lavori può ordinare che lo scavo sia preceduto da uno o più fori esplorativi, di diametro non inferiore ai 10 cm, e per la lunghezza ritenuta necessaria, al fine di individuare eventuali anomalie e definire gli interventi idonei all'avanzamento.

All'interno del foro esplorativo e/o in corrispondenza del fronte di scavo, la Direzione Lavori potrà ordinare di effettuare rilievi ed ulteriori indagini, che si ritenessero idonee allo scopo nonché di prelevare campioni.

Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere verbalizzate e documentate.

Il **Piano di monitoraggio** così come previsto in progetto, sarà predisposto a cura dell'Impresa e sottoposto alla D.L. per l'approvazione.

Immediatamente dopo la messa in sicurezza del cavo, L'impresa è tenuta a verificare che il profilo di intradosso coincida con il profilo previsto in progetto procedendo, in caso contrario, alle eventuali ribattiture o al riempimento dei vuoti o delle cavità come indicato nel seguito.

Si precisa che non ammessa alcuna tolleranza in meno sullo spessore del rivestimento definitivo.

Nel progetto esecutivo dovranno essere indicate tutte le precauzioni, limitazioni, mezzi di sostegno provvisori, consolidamenti, attrezzature e modalità esecutive che si ritengano idonee al fine di non danneggiare le proprietà di terzi (immobili, acquedotti, elettrodotti, cavidotti, viadotti, altre opere in sotterraneo, etc.) che vengano ad essere interessate e/o sottopassate dai lavori stessi.

Dovrà essere all'uopo previsto uno specifico **piano di monitoraggio** di superficie ed in sotterraneo, con stima delle eventuali Classi di danno nei fabbricati e manufatti interferenti.

L'Impresa resta comunque responsabile di ogni eventuale danno che dovesse derivare a persone o a cose anche di terzi.

4.2.1 SCAVO CON ESPLOSIVO

E' onere e responsabilità dell'Impresa la richiesta di tutte le autorizzazioni di legge per l'acquisto, trasporto, custodia e impiego dell'esplosivo.

Negli scavi eseguiti con l'impiego di esplosivo, si dovrà adottare il sistema a profilatura controllata, con adeguata perforazione sul profilo e uso di microritardi così da ottenere sezioni di scavo regolari e di ridurre al tempo stesso il disturbo ai materiali circostanti.

In caso di manufatti e/o edifici interferenti con gli scavi si dovranno adottare volate a sfondo ridotto la cui entità va definita dal progettista.



Pertanto, in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati, si dovrà definire il progetto delle volate, con la distribuzione e la profondità dei fori da mina, l'entità delle cariche di esplosivo ed il frazionamento dei tempi.

Nello stesso documento dovrà essere predisposto a cura dell'Impresa un apposito monitoraggio per salvaguardare l'integrità dei manufatti esistenti in prossimità del cavo o di limitare le vibrazioni in manufatti adiacenti e/o sovrastanti il cavo stesso. L'Impresa, dovrà attuare, coordinandole con la D.L., specifiche limitazioni nell'impiego di esplosivi. L'Impresa è responsabile di qualunque danno a cose, persone e all'ambiente, causato direttamente e indirettamente dall'impiego di esplosivo.

Per la valutazione ed il monitoraggio delle vibrazioni nelle costruzioni e gli eventuali provvedimenti di mitigazione si deve fare riferimento alla normativa DIN4150-3,1999-02, gli oneri conseguenti sono a carico dell'Impresa.

Tutte le operazioni di caricamento e sparo devono essere condotte da personale in possesso delle abilitazioni prescritte dalla legge.

L'impiego di esplosivo non è comunque consentito nelle gallerie a doppio fornice ove uno dei due è già realizzato o sotto traffico, salvo interruzione del transito veicolare o pilotaggi dello stesso.

Tali limitazioni possono essere così riassunte:

- scavo eseguito solo con l'impiego di microcariche ritardate, mediante volate ad abbattimento controllato;
- scavo eseguito solo con l'impiego di mezzi meccanici, compreso la fresa ad attacco puntuale, o con altri mezzi speciali, ma con assoluto divieto dell'uso di esplosivi.

Nell'ordinario avanzamento con l'impiego di esplosivi, subito dopo ogni volata le pareti dello scavo saranno disgregate con la massima cura e ciò sia in prossimità del fronte di scavo che a distanza da esso.

Il responsabile delle operazioni di sparo, al termine di ogni volata, deve compilare una scheda di registrazione dei materiali impiegati, delle variazioni apportate allo schema di volata e degli eventuali effetti anomali sullo scavo, quali cavità, rilasci, fuorisagoma. La scheda sarà registrata e conservata dall'impresa e ne sarà trasmessa copia alla DL.

Qualora, anche per motivi indipendenti dalla volontà dell'Impresa, la sezione di scavo risultasse inferiore a quella di progetto, l'Impresa dovrà riprendere lo scavo a sua cura e spese con fori e cariche di esplosivo rapportate all'ottenimento della sezione di progetto o con qualsiasi altro mezzo ritenuto idoneo.

4.2.2 SCAVO IN PRESENZA DI ACQUA



In presenza di venute di acqua, compresi gli stillicidi, l'Impresa è tenuta a darne tempestiva segnalazione alla DL e ad eseguire prelievi ed analisi sistematiche, anche ripetute nel tempo, al fine di accertare l'eventuale aggressività delle acque stesse.

In presenza di acque aggressive e/o inquinanti, l'Impresa dovrà predisporre i trattamenti previsti a Norma delle vigenti leggi in materia.

Le acque che si raccolgono negli scavi in galleria, anche se provenienti da lavorazioni di cantiere, e per qualsiasi volume, dovranno essere allontanate con opportuni mezzi, sicuri ed idonei, a cura e spese dell'Impresa, senza che ne derivi alcun intralcio al normale svolgimento e nessun danno alle opere in costruzione.

Si dovrà evitare la formazione di ristagni d'acqua, di qualunque provenienza, sul piano di scavo, ed in particolare nelle zone di appoggio del rivestimento provvisorio o del rivestimento definitivo, per prevenire eventuali fenomeni di rammollimento o degradazione dei materiali costituenti il suddetto piano d'appoggio e non innescare instabilità degli scavi e/o cedimenti delle strutture.

Per i sollevamenti meccanici l'Impresa dovrà predisporre adeguate riserve di attrezzature e forza motrice, in modo che, in qualsiasi eventualità, il servizio non subisca alcuna interruzione.

Le acque di infiltrazione e le sorgenti incontrate nella escavazione delle gallerie, dei cunicoli preforati e degli eventuali pozzi di aerazione, dovranno essere convogliate, attraverso appositi collettori, fino ai recapiti previsti in progetto o prescritti dalla D.L. .

L'Impresa, ove necessario, dovrà installare appositi impianti di depurazione delle acque provenienti dalla galleria prima dello scarico nel recettore finale

Per le acque di infiltrazione da piedritti e calotta in galleria e dalle pareti degli eventuali pozzi di aerazione, l'Impresa, a sua cura e spesa, dovrà provvedere alla captazione ed al convogliamento a tergo delle murature di rivestimento e dell'impermeabilizzazione, fino ai collettori.

Quando la D.L. lo riterrà opportuno, allo scopo di agevolare la captazione e lo scolo di eventuali acque d'infiltrazione, potrà ordinare l'esecuzione del rivestimento per campioni, lasciando intervalli da rivestire in un secondo tempo.

I provvedimenti da adottare dovranno essere effettuati tenendo conto sia delle precedenti analisi sia della situazione idrogeologica della zona interessata dagli scavi, con particolare riguardo alla permeabilità "in grande" dell'ammasso e alle possibili modifiche dei flussi idrici sotterranei conseguenti alla costruzione della galleria.

1 Scavo di gallerie a doppio fornice

Nel caso di gallerie a doppio fornice, lo scavo dovrà procedere a fronti sfalsati per una lunghezza pari a tre volte il diametro equivalente di scavo, salvo indicazioni diverse e giustificate dal Progettista.



Se la galleria è parietale, il fronte più avanzato deve essere quello di monte. Per parietalità si intende quando la distanza dell'estradosso della galleria dal versante è inferiore al diametro.

4.3 SCAVO MECCANIZZATO

Nella presente sezione vengono indicate le caratteristiche minime prestazionali che l'attrezzatura di scavo meccanizzato dovrà soddisfare. Le caratteristiche si riferiscono essenzialmente ai seguenti tipi di frese: TBM aperta, senza scudo; TBM a semplice scudo; TBM a doppio scudo con giunto telescopico, TBM con fronte in pressione.

Le frese dovranno essere dotate di attrezzature per effettuare: sondaggi in avanzamento, drenaggi in avanzamento, il consolidamento del fronte e del contorno del cavo. Nell'eventualità che le previsioni progettuali indichino la presenza di cavità carsiche, la macchina dovrà essere dotata di idonea strumentazione per la rilevazione delle stesse.

La scelta della tipologia di macchina da impiegare dipende da una serie di fattori che dovranno essere valutati in fase di progetto con la massima attenzione. Tali fattori sono legati alla natura ed alle caratteristiche delle formazioni interessate dallo scavo, nonché dalle caratteristiche plano-altimetriche dell'infrastruttura da realizzare e da problematiche legate all'interazione con le preesistenze di superficie

La galleria finita, la macchina e la modalità di scavo dovranno essere conformi sia negli aspetti generali, sia nei dettagli alle previsioni del progetto. Pertanto dovranno essere rispettate, con le tolleranze previste da questo Capitolato, tutte le dimensioni geometriche di progetto, le caratteristiche prestazionali dei materiali impiegati, le tecnologie e le fasi di esecuzione.

L'Impresa è tenuta alla scrupolosa osservanza della normativa vigente sia con riferimento agli aspetti operativi della fase esecutiva sia con riferimento alla sicurezza dei lavori in sotterraneo.

Prima dell'inizio delle attività l'Impresa dovrà redigere e trasmettere alla D.L. specifiche procedure di dettaglio contenenti la valutazione dei rischi delle singole lavorazioni complete di elaborati grafici secondo quanto riportato nel **Piano di Sicurezza e Coordinamento**. In particolare occorrerà suddividere in singole operazioni lavorative le macrofasi riguardanti l'impiego di una TBM: montaggio, scavo, roto-traslazione e smontaggio. Per ogni singola fase l'Impresa dovrà redigere e trasmettere entro 2 mesi dall'inizio delle attività le specifiche procedure operative.

Di seguito si elencano le norme e le raccomandazioni specifiche di questo tipo d'attività:

- D. M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Capitolo 11 – Materiali per uso strutturale;
- D.M. 03/12/1987: Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione ed il collaudo delle costruzioni prefabbricate;



- Istruzioni C.N.R. 10025/84: "Istruzioni per il progetto, l'esecuzione e il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati".
- Circolare del 16/03/1989 n. 031104: Istruzioni in merito alle Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- UNI EN 206-1:2006: "Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- UNI 8991: "Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo";
- DLgs 152/2006: Norme in materia ambientale;
- D.P.R. 20/03/1956 n°320: Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo;
- D.P.R. 09/04/1959 n° 128 e successive modifiche: Norme di polizia delle miniere e delle cave;
- D. Lgs. la 626/94 D. Lgs. la 626/94: Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 2001/45/CE e 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro;
- D. Lgs. 494/96: Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.

4.3.1 PRESCRIZIONI TECNICHE MACCHINE DA SCAVO

La TBM dovrà essere equipaggiata con un sistema di overcutting e con un doppio sistema di copycutter (la macchina dovrà essere in grado di operare dei sovrascavi sia circolari che in zone localizzate). Questi sistemi, azionati uno in alternativa all'altro o anche congiuntamente, saranno impiegati per avanzare lo scudo in terreni convergenti.

La TBM dovrà essere in grado di garantire una velocità minima di avanzamento di 50 mm/min in tutte le formazioni geologiche attraversate ed una velocità di 100 mm/min in quelle più tenere; in ogni caso, gli avanzamenti dovranno essere tali da consentire il rispetto dei tempi contrattuali. Nel caso di situazioni di blocco della testa fresante, il sistema di rotazione di quest'ultima dovrà garantire una coppia di sbloccaggio pari ad almeno 1.5 volte la coppia nominale massima tale da permettere la ripartenza della TBM.

Le benne di carico della testa dovranno essere parzializzabili idraulicamente per limitare l'ingresso di materiale in terreni fortemente instabili.



La TBM dovrà essere equipaggiata da una doppia attrezzatura di perforazione montata su appositi posizionatori che, utilizzando passaggi realizzati nella struttura della macchina, dovranno consentire l'esecuzione di:

- fori di prospezione in avanzamento attraverso lo scudo, inclinati al massimo di 8% rispetto all'asse di galleria, in diverse posizioni sui 360°;
- ombrelli di pali con interasse massimo di 50 cm, con la stessa inclinazione dei fori di prospezione, sui 180° superiori in sezione;
- iniezioni, anche selettive, attraverso i pali di cui sopra, di miscele cementizie e/o chimiche per il riempimento di cavità, il consolidamento del terreno, l'impermeabilizzazione della galleria;
- carotaggi del fronte attraverso la testa fresante ed in specifiche posizioni attraverso gli scudi.

La velocità di rotazione e traslazione devono essere quindi dimensionate adeguatamente ed il back-up deve poter alimentare i conci in modo da ridurre la corsa assiale dell'ereuttore per la presa. Trattandosi di conci definitivi, l'ereuttore dovrà avere sei movimenti, tre principali e tre rotazioni secondarie per un posizionamento accurato e privo di scalini.

Gli impianti di trasporto, sia quelli installati sul back-up della TBM sia quelli lungo la galleria, dovranno essere dimensionati per le massime velocità di penetrazione ed i tempi minimi di ciclo di avanzamento.

Oltre a tutti i dispositivi di sicurezza contemplati normalmente dalle normative CE applicabili per questo tipo di attrezzature, la TBM ed il relativo back-up saranno dotati di:

- sistema automatico antincendio;
- camera rifugio di sicurezza antincendio con capacità pari al numero di personale di turno aumentata di cinque persone;
- sistema di monitoraggio gas con rilevamento multipoint con un minimo di otto sensori;

Deve essere preventivamente analizzato il tracciato e l'idoneità delle infrastrutture esistenti al fine di garantire il trasporto delle parti della TBM fino all'area di cantiere. Il progetto della TBM deve essere completo delle modalità di trasporto fino all'imbocco della galleria.

Deve essere assicurato lo smontaggio ed il rimontaggio della stessa TBM per realizzare, in sequenza, diverse gallerie eventualmente previste in progetto. Tutte le strutture della TBM dovranno essere realizzate in elementi tra loro imbullonati senza richiedere saldature superficiali. La dimensione ed il peso dei componenti principali dovrà tenere conto delle restrizioni imposte dalle caratteristiche del sistema viario di accesso ai cantieri e tra i cantieri.



Dovrà, inoltre, essere possibile il trasporto degli stessi componenti lungo la galleria scavata e rivestita.

4.3.2 MATERIALI

I materiali dovranno essere sottoposti ad una prequalifica, che ne garantisca attraverso appositi certificati o altri documenti, la conformità con le prescrizioni del presente capitolato; dovranno essere identificati, riportandone le caratteristiche nel Documento di trasporto; dovranno essere certificati mediante la documentazione di attestazione rilasciata da un Ente terzo indipendente (Marcatura CE – requisiti essenziali della Direttiva 89/106/CE) a garanzia della conformità del prodotto a tutte le direttive e norme ad esso applicabili o, ove previsto e previa autorizzazione del Direttore Lavori, autocertificati dal Produttore. Tutti gli oneri legati all'accettazione dei materiali sono a carico dell'Impresa, fatto salvo delle prove e delle certificazioni di controllo predisposte ed a carico del Committente. La Direzione Lavori/Alta Sorveglianza, preposta al controllo, nel caso in cui ravvisi delle difformità nei materiali utilizzati, dovrà redigere un modulo di "Non Conformità".

4.3.3 RIVESTIMENTI

In accordo con le previsioni di progetto, ove previsto, il rivestimento delle gallerie scavate con TBM sarà realizzato con elementi prefabbricati (conci) in cls armati, posti in opera all'interno dello scudo della TBM. Ogni concio sarà identificato tramite una scritta realizzata nel getto stesso (tramite apposita targhetta nei casseri) riportante le seguenti informazioni:

- tipologia del concio (Tipo 1, Tipo 2 ecc., laddove sono previste diverse tipologie);
- identificazione del concio (A-B-C-D-E-F-G-H-L se normali, K se chiave);
- identificativo della serie di casseri di origine (1, 2, 3,...);
- tipologia di armatura (laddove sono previste diverse tipologie di armatura);
- classe di resistenza del conglomerato cementizio (Rck, secondo le norme UNI EN 206 – 2006 e UNI 11104:2004 l'applicazione in Italia della EN 206);
- classe di consistenza del conglomerato cementizio (secondo le norme UNI EN 206 – 2006 e UNI 11104:2004 l'applicazione in Italia della EN 206);
- Codifica mix design;
- peso del concio;
- data di produzione;
- numero progressivo di produzione giornaliera/assoluta.

I collegamenti tra i conci saranno i seguenti:



- giunti longitudinali (tra anello e anello): bulloni rettilinei oppure sistema a connettore (tipo bi-block);
- giunti radiali (tra concio e concio): bulloni rettilinei e barra guida.

Tali giunti saranno dotati di due guarnizioni (elastomera ed idroespansiva) per assicurare la tenuta del giunto.

Ogni concio costituente l'anello di rivestimento dovrà avere un copriferro non inferiore a 45 mm. Il calcestruzzo dovrà avere un valore minimo di classe di resistenza al fuoco "REI" R120 e un valore minimo di resistenza a compressione cubica, espressa come resistenza caratteristica R_{ck} , a 28 gg., definito dal progetto. Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato con cementi pozzolatici o d'altoforno 42.5 R e presentare, in ogni caso, durabilità riferita ad una classe di esposizione ambientale non meno impegnativa della XA2 "ambiente chimicamente moderatamente aggressivo" secondo le norme UNI EN 206 - 2006 e UNI 11104:2004. Deve essere garantita una consistenza minima S4 misurata al momento del getto con il cono di Abrams secondo UNI EN 12350/2.

Le ulteriori caratteristiche minime del calcestruzzo per il confezionamento dei conci in linea generale devono seguire il seguente mix design:

- Resistenza cubica del calcestruzzo, allo scasso, (R_{ck}) pari a 15 MPa
- Impiego di almeno 3 classi di inerti (sabbia vagliata 0-5 mm, ghiaietto 5-15 mm, ghiaia 15-25 mm) conformi alla UNI 8520/a categoria A e aventi diametro massimo di 20 ± 25 mm
- Rapporto A/C ≤ 0.42
- Ciclo termico suddiviso in 1.5-2 ore di prestagionatura, 1.5-2 ore di salita termica (max. 60 °C) e messa a regime per 4 ore a tale temperatura di maturazione, come meglio specificato nel seguito
- Impiego di additivo superfluidificante, con dosaggio di 1.0-1.4 lt/100 kg di cemento, da ottimizzare in funzione delle caratteristiche degli inerti e delle condizioni operative, avente comunque le seguenti caratteristiche:
 - consentire una riduzione di acqua di almeno il 25% rispetto al calcestruzzo tal quale di pari consistenza
 - essere a base di poli-carbosillati eteri di seconda generazione, tali da sviluppare un maggiore calore di idratazione iniziale e quindi una più rapida formazione di prodotti idratati
- Impiego di additivi ritardanti e acceleranti, con tipi e dosaggi impiegati rispondenti alla normativa UNI EN 934-2, o UNI EN 10765, preventivamente approvati dalla Direzione Lavori/Alta Sorveglianza.



- Eventuali aggiunte sia idrauliche che inerti in conformità alla UNI EN 206-1.

Il mix-design di dettaglio sarà in ogni caso stabilito a seguito di prove di confezionamento dei conci, una volta individuato il Prefabbricatore.

Al fine di consentire una facile operazione di scasseratura e quale protezione per i casseri metallici impiegati, a garanzia della durabilità ed integrità delle casseforme e dei conci prefabbricati, si richiede l'adozione di idonei disarmanti.

La movimentazione e lo stoccaggio dei conci sarà studiata per limitare le sollecitazioni negli stessi. Per motivi di sicurezza sono vietati, in galleria, i dispositivi di presa dei conci con ventose a vuoto. Il concio dovrà essere sempre pinzato meccanicamente ed il dispositivo dovrà rispettare le norme in materia di sicurezza.

Per ogni altro aspetto normativo relativo ai manufatti prefabbricati si faccia riferimento a quanto riportato nel "Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato".

4.4 SCAVO IN AMBIENTI GRISUTOSI

Qualora, in base alle preventive indagini geologiche, alle caratteristiche genetiche stratigrafiche e tettoniche, alle esperienze maturate nel corso di precedenti scavi di gallerie prossime a quella da eseguire venga accertata la presenza di gas, sia diffusa che concentrata, nell'ammasso interessato dagli scavi, l'Impresa dovrà adottare a proprio carico, oltre ai provvedimenti previsti dalla legge, anche le seguenti cautele:

- approvigionamento e installazione in cantiere di motori di ventilatori di riserva, con caratteristiche analoghe a quelli in esercizio, in grado di entrare in funzione immediatamente in caso di necessità;
- fornitura e posa in opera di un gruppo elettrogeno di potenza adeguata al fine di supplire all'interruzione dell'energia elettrica di rete;
- Dotazione in cantiere di sistemi e apparecchi di illuminazione fissi e individuali di sicurezza nonché di apparecchiature e condutture elettriche di tipo antideflagrante, quando è probabile la presenza di gas esplosivi;
- Installazione, all'interno della galleria di apparecchiature fisse e mobili, di rilevazione di gas nocivi o esplosivi dotati di sistemi di allarme che segnalino il superamento della soglia di pericolosità dei gas;
- allestimento e organizzazione di una squadra di salvataggio munita dei mezzi di emergenza necessari, formata da personale esperto all'intervento di pronto soccorso in caso di emissione di gas;
- istruzione e formazione del personale sulla natura dei gas riscontrabili e sui relativi pericoli;



In condizioni di scavo in ambienti grisutuosi è, altresì, da considerarsi a carico dell'impresa appaltatrice ogni altro onere derivante:

- dalla predisposizione delle attrezzature necessarie ad operare in ambienti con presenza di gas;
- dall'osservanza delle disposizioni impartite dagli uffici competenti in materia di prevenzione degli infortuni e di igiene del lavoro in sotterraneo;
- dall'ottemperanza delle norme vigenti e di ogni altra spesa diretta o indiretta connessa con la probabile presenza di gas in qualunque misura nocivi durante la costruzione delle gallerie.
- dall'incremento di consumo di energia elettrica e di aria compressa, derivante dall'ottemperanza alle norme ed alle misure di sicurezza inerenti lo scavo in presenza di gas;
- dall'incremento di impiego di mano d'opera, le eventuali fasi di mancata produttività per l'evacuazione della galleria in presenza di gas, l'incremento di costo della mano d'opera impiegata in galleria;

In caso di accertata presenza di gas, l'impresa appaltatrice deve, altresì, provvedere al potenziamento degli impianti di ventilazione (con impianti di riserva e ausiliari), al fine di ridurre, rapidamente, la percentuale di gas infiammabile od esplosivo oppure tossico od altrimenti nocivo nell'atmosfera della galleria al di sotto dei limiti tollerabili ai sensi delle norme in materia di scavi in sotterraneo; espellere rapidamente, nel caso di gas infiammabili od esplosivi, i gas prodotti dallo impiego dei prescritti esplosivi antigrisutosi. Altresì, l'impresa deve mantenere in cantiere scorte di respiratori e autoprotettori per chiunque operi in cantiere; indi, dotare il cantiere di collegamenti telefonici con l'esterno.

Per le prescrizioni specifiche fare riferimento all' "Appendice 1 – Prescrizioni per lo scavo in terreni grisutosi".

4.5 SCAVO DI POZZI

I pozzi di aerazione potranno essere verticali o sub-verticali, di qualsiasi sezione e profondità, scavati in terreni di qualsiasi natura e consistenza, comprese le rocce dure da mina.

Lo scavo dovrà essere eseguito in conformità al progetto esecutivo.

Per tale lavorazione sono valide tutte le prescrizioni e gli oneri previsti per lo scavo delle gallerie a foro cieco.



Tuttavia si ribadisce che l'Impresa è la sola responsabile, sotto tutti i riguardi, della esecuzione dei lavori e dell'avanzamento degli stessi, che dovranno essere eseguiti con la massima diligenza, prudenza e perizia.

Pertanto l'Impresa, a propri oneri e spese, dovrà:

- adottare tutti i mezzi di sostegno provvisori che si rendessero necessari per la messa in sicurezza degli scavi;
- captare le eventuali venute di acqua e convogliarle al piede del pozzo;
- allontanare immediatamente il materiale di risulta dello scavo;
- illuminare in maniera adeguata gli ambienti di lavoro;
- rispettare le fasi e gli avanzamenti previsti dal progetto per l'esecuzione degli scavi, dei consolidamenti e dei rivestimenti del pozzo.

4.5.1 SCAVO DI POZZI IN ROCCIA VERTICALI O INCLINATI MEDIANTE METODO DI RAISE-BORING

La presente specifica riporta le prescrizioni minime per la realizzazione di una perforazione verticale o inclinata in roccia, mediante la metodologia di Raise Boring.

Se non è esplicitamente escluso, tutti gli oneri, derivanti dall'osservanza della specifica nella esecuzione dei lavori qui previsti, sono a carico dell'Impresa.

Tale tecnica Raise Boring si sviluppa in due fasi: la prima prevede l'esecuzione del FORO PILOTA dall'alto verso il basso, seguita successivamente dalla seconda detta ALESAGGIO che prevede l'allargamento al diametro richiesto ed in un'unica passata del foro pilota precedente eseguito ma procedendo dal basso verso l'alto. Il materiale fresato cadrà per gravità nella galleria sottostante ed il personale addetto allo smarino dovrà provvedere a rimuovere lo stesso con una frequenza proporzionale alla capacità di fresatura e/o di rimozione. L'alesaggio avrà termine quando i cutters della testa arriveranno a rompere il calcestruzzo di fondazione sotto le putrelle di ancoraggio della macchina; per impedire l'operatività della testa alesante, l'area di basamento da fresare non deve essere avere ferri d'armatura.

La verticalità del Foro Pilota deve essere contenuta entro la tolleranza dello 0,20% anche attraverso l'ausilio di sistemi di controllo della verticalità in fase di perforazione del foro pilota e comunque deve essere garantito il rispetto delle carpenterie di progetto anche attraverso l'esecuzione di più fori pilota che sono da intendersi a totale carico dell'Impresa.

L'Alesaggio consiste invece nell'allargamento di questo primo foro e viene ottenuto applicando alla testa della batteria di aste, in sostituzione del precedente utensile di perforazione, una Testa Alesante del diametro richiesto e dotata di adeguati utensili di scavo (cutters a bottoni) che, mes-



sa a contrasto contro la roccia consente di scaricare sulla roccia carichi puntuali tali da consentire il frantumarsi della stessa. Il materiale di risulta cade per gravità al fondo del pozzo.

La responsabilità della scelta dell'attrezzatura più idonea per l'esecuzione dell'intervento di Raise Boring è a totale carico dell'Impresa.

Il Raise Boring Machine (RBM) è la macchina che fornisce la potenza e la coppia necessarie al sistema aste-utensile di perforazione-testa alesante per eseguire il foro pilota e successivamente allargarlo a diametro di progetto.

Il progetto esecutivo dovrà specificare nel dettaglio tutte le lavorazioni necessarie per la messa in opera della macchina.

È a totale carico dell'impresa la predisposizione di tutte le utenze necessarie tra le quali:

- Aria compressa nella misura minima di 30.000 litri/minuto a 14 bar;
- Acqua industriale, anche riciclata, nella misura minima di 1.200 litri/minuto a 14 bar;
- Energia Elettrica a 400V, 3F+T+N nelle potenze necessarie al corretto funzionamento dell'attrezzatura scelta.

La scelta ed il numero e tipo degli utensili di perforazione (tricono) e delle teste alesanti corredate dei relativi cutters, dovrà essere fatta dall'Impresa in funzione del diametro progettuale previsto e delle caratteristiche geo-fisiche delle rocce da scavare. Le usure degli utensili di perforazione ed alesaggio devono essere considerati nel prezzo di scavo.

L'Impresa dovrà evitare ogni dispersione nell'ambiente circostante di polveri o fluidi risultanti dalle operazioni di scavo. In particolare, dovrà provvedere per proprio conto alla realizzazione di un sistema di decantazione e/o riciclo delle acque di perforazione, alla raccolta ed eventuale smaltimento dei detriti rocciosi di risulta secondo la Normativa vigente. L'Impresa dovrà anche assicurarsi che l'acqua utilizzata per il trasporto del materiale di scavo prima di essere rilasciata rispetti le normative vigenti in fatto di contenuto e trasporto di solidi sospesi e sostanze inquinanti. L'Impresa deve provvedere a portare a deposito definitivo individuato in ambito cantiere o a discarica il materiale di risulta proveniente dall'esecuzione degli scavi.

Per la preparazione dei siti e per l'esecuzione dei lavori a regola d'arte l'Impresa deve prevedere le seguenti lavorazioni:

- esecuzione delle strade di accesso alle aree di lavoro;
- installazione del cantiere di monte e di valle e delimitazione con apposita recinzione delle aree di cantiere, compresa la predisposizione delle aree per containers e stoccaggio materiali;



- preparazione dell'area per il posizionamento della RBM e l'esecuzione della platea per il posizionamento della RBM, comprese le eventuali opere di consolidamento che si rendessero necessarie;
- preparazione dell'area per intesto alesaggio in galleria;
- preparazione delle aree per lo smarino;
- i trasporti in A/R di tutte le attrezzature;
- il trasporto e posizionamento dell'alesatore al piede della trivellazione;
- operazioni di smarino al fondo del pozzo.

In aggiunta a quanto previsto nei punti precedenti, l'Impresa dovrà fornire:

- caratteristiche tecniche della macchina utilizzata;
- procedure relative alle modalità di esecuzione della trivellazione;
- specifiche tecniche delle attrezzature utilizzate per l'esecuzione della trivellazione;
- i possibili interventi che l'Impresa ritiene di effettuare in caso di avaria di qualche organo principale durante la realizzazione della trivellazione;
- la lista dei pezzi di ricambio disponibili in cantiere;
- la lista del personale impiegato nelle varie fasi di lavoro;
- il **piano di sicurezza** in conformità al documento "Piano di Sicurezza e di Coordinamento" fornito dal Committente.
- Tale documentazione dovrà essere sottoposta all'approvazione di ANAS prima dell'inizio dei lavori.

L'Impresa deve fornire un programma dei lavori con l'indicazione dei tempi relativi alle singole operazioni.

Alla conclusione dei lavori descritti nella presente specifica, l'Impresa deve provvedere allo sgombero delle aree di lavoro ed al ripristino delle stesse.

Eventuali modifiche alle modalità di esecuzione previste nella presente specifica dovranno essere preventivamente approvate per iscritto dal Committente.

5 INTERVENTI DI PRESOSTEGNO E PRECONSOLIDAMENTO

Macrovoce di Elenco Prezzi correlate:

- C.03 - INTERVENTI CONSERVATIVI E VARIE



- C.02 - MURATURE E CONGLOMERATI

5.1 PRECONSOLIDAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO CON TUBI IN VETRORESINA

Il consolidamento del fronte di scavo verrà effettuato in gallerie, scavate in terreni coesivi, o il cui comportamento sia prettamente coesivo ed in genere di natura argillosa, o comunque soggetti ad alterazione chimico-fisiche e a fenomeni di estrusione del nucleo di scavo, tali da compromettere la stabilità dell'opera e/o la sicurezza delle lavorazioni.

Preliminarmente all'inizio delle perforazioni, l'Impresa, a sua cura e spese, provvederà ad ubicare e contrassegnare con marche od altro l'asse di ciascun punto; alla Direzione Lavori dovrà presentare la mappa dei fori, con la posizione dei punti contrassegnata con un numero progressivo ed inoltre un programma cronologico di perforazione ed iniezione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sui consolidamenti già eseguiti.

Il consolidamento verrà eseguito mediante tubi in vetroresina forniti e posti in opera entro preforni eseguiti in avanzamento, in anticipo sugli scavi, compreso il loro inghisaggio con iniezione di miscela cementizia a bassa pressione.

La distribuzione dei tubi sul fronte di scavo, il loro orientamento e la loro lunghezza dovranno essere conformi alle previsioni di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori, tenendo presente che ciascun rango dovrà avere inizio alla stessa progressiva.

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico dei tubi sono le seguenti:

- la posizione dell'asse di ciascun tubo non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori ;
- la deviazione dell'asse del tubo rispetto all'asse di progetto non dovrà superare l'1%;
- la lunghezza del tubo non dovrà differire di ± 15 cm da quella di progetto.

Ogni tubo che risultasse non conforme alle tolleranze di cui sopra dovrà essere idoneamente sostituito a cura e spese dell'Impresa.

L'Impresa, a sua cura e spese, dovrà preliminarmente individuare sul fronte di scavo le posizioni dei tubi da contrassegnare con marche od altro per renderle facilmente individuabili.

La perforazione dovrà essere eseguita a secco con idonea attrezzatura, impiegando preferibilmente utensili ad elica; avrà andamento orizzontale, sub-orizzontale o comunque inclinato; il diametro sarà indicato in progetto e dovrà essere spinta a qualsiasi profondità oltre il fronte di avanzamento in galleria; compreso l'attraversamento dello strato di conglomerato cementizio spruzzato sul fronte di scavo e degli eventuali strati rocciosi, nonché l'allontanamento dei materiali di risulta ed il trattamento dei fanghi secondo quanto disposto dalle Leggi vigenti.



Il tubo in vetroresina dovrà essere prodotto con resina poliestere termoindurente rinforzata con fibre di vetro; il contenuto in peso della fibra di vetro non dovrà essere inferiore alle indicazioni di progetto.

Il tubo dovrà avere diametro spessore e prestazioni conformi alle indicazioni progettuali oltre che soluzioni atte a migliorare l'aderenza con il materiale di riempimento del foro di alloggiamento. La lunghezza del tubo dovrà essere, conforme a quella di progetto, ottenuto preferibilmente con una unica barra;

ove si dovessero effettuare giunzioni, resta a carico dell'Impresa la fornitura dei necessari manicotti e collanti che dovranno garantire, anche in corrispondenza del giunto, la medesima resistenza a trazione e taglio. Le caratteristiche meccaniche del tubo saranno conformi a quanto previsto dalla normativa vigente:

Ogni tubo dovrà essere corredato del dispositivo per le iniezioni di bloccaggio ed in particolare: tappo di fondo, valvole per le iniezioni, tubo di sfogo aria, valvola di non ritorno, cianfrinatura a bocca preforo.

Il tubo dovrà essere introdotto nel perforo mediante apposita attrezzatura; si procederà quindi al suo inghisaggio mediante una miscela cementizia (antiritiro) iniettata a bassa pressione tra tubo e pareti del foro ed all'interno del tubo stesso.

La sequenza realizzativa delle perforazioni dovrà essere tale da evitare l'esecuzione di perforazioni in adiacenza. Ciò viene prescritto al fine di evitare la mutua interazione dei fori riducendo il rischio di formazione di porzioni di ammasso instabili.

L'introduzione dell'armatura e l'esecuzione delle iniezioni devono essere effettuate in una fase immediatamente successiva a quella di perforazione; pertanto non è ammessa l'esecuzione di più fori senza la preventiva installazione e iniezione del VTR nel foro appena precedente

Non dovrà trascorrere più di 1 ora tra le due fasi.

La miscela dovrà essere additivata con idonei acceleranti di presa e dovrà avere le caratteristiche previste dalla normativa vigente

L'iniezione dovrà essere proseguita fino a totale riempimento e la valvola di non ritorno dovrà garantire il mantenimento della bassa pressione per il tempo di presa della miscela cementizia.

In corso d'opera, si dovranno eseguire una serie di prove a sfilamento, atte a verificare l'idoneità e la fattibilità delle modalità prescelte, nonché le ipotesi assunte in sede di progettazione.

Sulla miscela cementizia impiegata, dovranno essere effettuati i medesimi accertamenti riportati nel punto 6.2 del presente Capitolato.



5.2 PRECONSOLIDAMENTO MEDIANTE TRATTAMENTI COLONNARI (COLONNE CONSOLIDATE JET-GROUTING)

Si definiscono trattamenti colonnari quei trattamenti di consolidamento-impermeabilizzazione in cui il terreno viene stabilizzato mediante rimescolamento con una miscela legante di acqua-cemento immessa a getto ad altissima pressione.

Nell'interno delle gallerie i trattamenti saranno eseguiti secondo le previsioni di progetto e le prescrizioni della Direzione Lavori :

- dal fronte di scavo, in anticipo sugli scavi in avanzamento, con andamento orizzontale o sub orizzontale e geometria tronco conica, per formare un arco di terreno consolidato intorno alla sezione di scavo, o per stabilizzare il nucleo del fronte in terreni incoerenti;
- dal piano d'imposta della calotta, in anticipo sugli scavi di strozzo, con andamento verticale, sub verticale o comunque inclinato, per contrastare le spinte scaricate all'imposta dell'arco di calotta;
- in ogni altra condizione che ritenesse opportuno l'impiego di tale tecnica di consolidamento.

Per ogni altra specifica, prescrizione e normativa inerente ai trattamenti colonnari si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

5.2.1 ARMATURA DELLE COLONNE

Quando previsto in progetto le colonne dovranno essere armate con tubi di acciaio tipo Fe 510 S355 con e senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, del diametro previsto, qualora sia prevista la saldatura del tubo, quest'ultima dovrà essere certificata dal produttore nel rispetto delle normative vigenti e dovrà essere tale da garantire nella giunzione le stesse caratteristiche meccaniche del tubo non saldato.

I tubi potranno essere collegati tra di loro tramite manicotti saldati o filettati di dimensioni tali da garantire nella giunzione le stesse caratteristiche meccaniche del tubo, le colonne potranno essere armate anche utilizzando barre di vetroresina, le quali potranno essere giuntate tramite manicotti filettati o con altri sistemi analoghi, che devono essere in grado di garantire la medesima resistenza della barra.

5.3 PRESOSTEGNO MEDIANTE INFILAGGI

Si definiscono infilaggi i tubi portanti iniettati, posti in opera preventivamente dal fronte di scavo sull'estradosso della sezione di avanzamento in calotta.



I tubi, valvolati o no, verranno connessi al terreno mediante iniezione a bassa pressione nella cavità anulare tra tubo e pareti del perforo, i valvolati successivamente saranno iniettati in più fasi in pressione attraverso le valvole dall'interno dei tubi.

I tubi dovranno essere disposti in posizione orizzontale o sub orizzontale con geometria tronco conica e divergenza, rispetto all'asse della galleria, non superiore di norma a 6°.

Le caratteristiche dimensionali, la disposizione e le fasi di esecuzione dovranno essere conformi alle previsioni di progetto.

Prima di iniziare ciascun setto di perforazione l'Impresa, dovrà a sua cura e spese, individuare sul fronte di avanzamento le posizioni degli infilaggi da contrassegnare opportunamente, in modo da renderle facilmente individuabili; alla Direzione Lavori dovrà presentare la mappa dei fori, con la posizione dei punti contrassegnata con un numero progressivo ed inoltre un programma cronologico di perforazione ed iniezione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sugli infilaggi già eseguiti.

Eventualmente si potranno predisporre, delle dime di guida a tergo delle macchine perforatrici.

Le tolleranze, rispetto alle indicazioni previste in progetto per queste lavorazioni devono essere contenute nei seguenti limiti:

- la posizione della testa non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm; salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori ;
- la deviazione dell'asse dell'infilaggio rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore dell'1%;
- la lunghezza non dovrà differire di ± 15 cm da quella di progetto;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

Ogni infilaggio che risultasse non conforme alle tolleranze di cui sopra dovrà essere idoneamente sostituito a cura e spese dell'Impresa.

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione preliminare di infilaggi di prova, ordinati dalla Direzione Lavori .

In particolare le attrezzature di perforazione dovranno rispondere ai seguenti requisiti:



- possibilità di eseguire, senza manovre d'asta, perforazioni con rivestimento provvisorio fino ad almeno 12,00 m di lunghezza, con agevole e preciso posizionamento dei fori secondo la geometria tronco-conica o cilindrica tipica dell'applicazione;
- testa di rotazione con foro passante e con ingombro verso l'esterno non eccedente 35 cm rispetto all'asse della perforazione;
- slitta di scorrimento di costruzione sufficientemente rigida, dispositivi di guida delle aste ed apparecchi di stazionamento dell'attrezzatura tali da assicurare il rispetto delle tolleranze geometriche prescritte; la slitta non dovrà comunque subire spostamenti elastici superiori a 5 mm a seguito dell'applicazione, ad una qualsiasi delle sue estremità, di una forza di 100 kg in qualunque direzione nel piano ortogonale dell'asse di perforazione.

La perforazione deve essere condotta impiegando utensili atti ad ottenere fori del diametro previsto in progetto, e comunque non inferiore a 100 mm, ed a consentire la regolarità delle successive operazioni di infilaggio dei tubi e di iniezione, in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza di acqua di qualunque entità e pressione, mediante l'impiego di sonde a rotazione o rotopercolazione.

Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza di acqua lo richiedesse, il foro dovrà essere sostenuto mediante idonee tubazioni durante la perforazione e le fasi successive.

Al termine della perforazione il preforo dovrà essere accuratamente sgomberato dai detriti.

Le perforazioni dovranno essere eseguite senza impiego di acqua.

L'ordine di esecuzione degli infilaggi nell'ambito di ciascun setto, dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con perfori in corso o in attesa di iniezione. Nello specifico la sequenza di esecuzione dei fori dovrà essere tale da evitare l'esecuzione di fori adiacenti e comunque prima dell'inizio di una nuova perforazione in adiacenza andrà completata la realizzazione dell'infilaggio con tubo metallico e relativa iniezione.

Le armature metalliche dovranno essere costituite da tubi in acciaio tipo S355 con e senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, qualora sia prevista la saldatura del tubo, quest'ultima dovrà essere certificata dal produttore nel rispetto delle normative vigenti e dovrà essere tale da garantire nella giunzione le stesse caratteristiche meccaniche del tubo non saldato. Dovranno avere estensione, diametro e spessore come previsto in progetto.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo dovranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati, dello stesso spessore del tubo e di lunghezza adeguata, da verificare alla flessione secondo i valori di progetto.

I tubi valvolati dovranno essere forati in corrispondenza di ciascuna valvola di iniezione e scovolati internamente per asportare eventuali sbavature lasciate dal trapano.



Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

Nel caso si utilizzi il tubo valvolato come rivestimento del foro, le valvole dovranno essere adeguatamente protette.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Ove richiesto le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici e dispositivi di centraggio per assicurare un copriferro minimo di 1,5 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

Potranno essere usate, qualora si rendessero necessarie, armature in vetroresina le cui caratteristiche sono riportate al punto 5.1 del presente Capitolato.

L'introduzione dell'armatura tubolare e la esecuzione delle iniezioni devono essere iniziate in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun infilaggio.

In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e si dovrà provvedere alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa della armatura e di iniezione.

In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio della iniezione.

Si ribadisce che quando la perforazione viene eseguita con l'impiego di rivestimento provvisorio, l'infilaggio dell'armatura metallica deve precedere l'estrazione dello stesso rivestimento provvisorio ed essere seguito immediatamente dal riempimento della cavità anulare compresa tra tubo e pareti del perforo.

Le fasi della iniezione sono le seguenti, fatte salve diverse prescrizioni che la Direzione Lavori potrà impartire in sede esecutiva:

tubi valvolati:

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto alimentando con apposito condotto di iniezione ed otturatore semplice la valvola più lontana. Trattandosi di prefori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca;
- lavaggio con acqua dell'interno del tubo;
- avvenuta la presa della miscela precedentemente iniettata, si inietteranno in pressione valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti il sestuplo del volume del perforo avendo



cura di non superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage");

- avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione, previo lavaggio con acqua all'interno del tubo, limitatamente alle valvole per le quali il volume di miscela iniettata non abbia raggiunto il limite di cui al punto 3 a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione, misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0,7 MPa.

tubi non valvolati (tubi ciechi):

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto iniettando con apposito condotto di iniezione ed otturatore semplice dalla testa del tubo, trattandosi di prefori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca.

Qualora nel corso delle iniezioni si riscontrassero assorbimento anomali di miscela, la Direzione Lavori ordinerà l'adozione dei provvedimenti e/o cautele che riterrà più idonei.

Al termine delle iniezioni si riempirà anche l'interno del tubo.

Le malte cementizie utilizzate per la iniezione dovranno avere la composizione prevista progettualmente e dalla normativa vigente:

Durante la posa in opera si dovranno prelevare campioni della miscela di iniezione, sulla miscela cementizia impiegata, dovranno essere effettuati i medesimi accertamenti riportati nel punto 11.5 del presente Capitolato.

5.4 PRESOSTEGNO DEL CONTORNO DI SCAVO CON TUBI IN ACCIAIO AUTOPERFORANTI CON INIEZIONI DINAMICHE AD ALTA PRESSIONE

Il consolidamento verrà eseguito mediante elementi tubolari autoperforanti con armatura metallica $\varnothing 101,6$ mm $s=8$ mm $lung\text{h}=12-15$ m, con iniezioni dinamiche realizzate all'interno di gallerie mediante esecuzione di foro con l'ausilio di tubi in acciaio muniti di bit di perforazione ed ugelli a perdere; iniezione effettuata ad alta pressione (200 bar) in avanzamento, con gestione puntuale dell'iniezione di miscela, composta da cemento e malta espansiva, in virtù degli assorbimenti registrati nei terreni attraversati per la realizzazione di bulbo a sezione circolare del diametro variabile con un massimo di 35/40 cm.

I materiali utilizzati per il consolidamento del fronte di scavo dovranno essere documentati da idonea certificazione del produttore per ogni lotto di materiale posto in opera. Nel caso che i ma-



teriali non soddisfacessero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti. L'esecuzione di ogni trattamento di preconsolidamento, sarà documentato mediante compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la D.L., di una apposita scheda contenente le seguenti registrazioni:

- identificazione di ciascun tubo, con riferimento alla sezione tipo di progetto;
- data di esecuzione delle perforazioni e delle relative iniezioni;
- lunghezza di ciascun tubo;
- assorbimento di miscela nell'iniezione di ciascun tubo;
- eventuale additivo impiegato.

Durante il rilevamento si dovrà verificare che la posa in opera del trattamento sia tale da soddisfare le tolleranze prescritte in progetto. Il tutto a cura e spese dell'Impresa.

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali impiegati rispetto a quelli definiti in sede di prequalifica.

5.5 CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO AL CONTORNO DELLO SCAVO MEDIANTE INIEZIONI DI MISCELE CEMENTIZIE

Per ogni specifica, prescrizione e normativa inerente alle iniezioni si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

5.6 PRECONTENIMENTO MEDIANTE VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO)

Con tale denominazione si intende una volta continua in elementi tronco-conici di conglomerato cementizio lanciato a pressione, eventualmente fibrorinforzato, eseguita in anticipo agli scavi, esternamente al loro perimetro, in presenza di terreni coesivi e/o semicoesivi, secondo le previsioni di progetto o le prescrizioni della Direzione Lavori .

Il pretaglio viene classificato e distinto in base alle seguenti caratteristiche:

- spessore del conglomerato cementizio in opera;
- composizione del conglomerato cementizio;
- sovrapposizione del conglomerato cementizio in direzione longitudinale.



Il cavo dovrà essere ricavato mediante taglio del terreno con impiego di una speciale attrezzatura munita di una lama su cui scorrono delle catene a denti fresanti; la lama scorre su un portale a cremagliera che riproduce la sagoma della galleria.

La lama di taglio a causa dello scorrimento della catena e del movimento del meccanismo, trasmette vibrazioni al terreno, che possono innescare o favorire il distacco di blocchi lungo superfici di rottura latenti o preesistenti.

E' quindi necessario che le maestranze impegnate, rimangano a distanza di sicurezza e che siano rispettate alcune fondamentali norme:

- è necessario che il profilo del pretaglio rispecchi fedelmente gli schemi progettuali allo scopo di evitare errori nella geometria del trattamento, errori che si traducono, per il successivo e necessario ripristino della sezione di scavo, in difficili interventi di rifilatura;
- l'esecuzione del guscio avviene per conci successivi il cui sviluppo è regolabile in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno secondo le prescrizioni progettuali;
- prima di iniziare il taglio di un concio è indispensabile che sia stato completato il getto di quello precedente;
- è necessario garantire la continuità strutturale del guscio curando in particolare le riprese di getto tra i vari conci ed evitando la giunzione di calotta in corrispondenza dell'asse della galleria;
- si deve sempre garantire, quale condizione necessaria per la stabilità globale del guscio di pretaglio anche in fase di scavo, l'incastro del piedritto del guscio di spritz-beton per un tratto di lunghezza previsto in progetto al disotto del piano di lavoro (almeno di 80 cm).

Nel caso in cui si verificano difficoltà di esecuzione dei tagli a causa della presenza di materiali incoerenti, con l'eventuale pericolo di instabilità del fronte, o in tutti gli altri casi in cui la realizzazione del sistema sia tale da provocare tale instabilità, si dovrà abbandonare il metodo.

Il pretaglio della volta dovrà essere eseguito per conci successivi.

Per contrastare fenomeni di decompressione del terreno, appena completato il taglio di un concio, si dovrà procedere al suo riempimento spruzzando conglomerato cementizio fibrorinforzato, additivato con acceleranti di presa.

In particolare sarà curata l'aderenza del getto alle pareti di scavo in modo da evitare vuoti a tergo del getto stesso.

5.6.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO)



Dovrà essere confezionato con aggregati di appropriata granulometria continua e dimensioni non superiori a 15 mm, tali da poter essere proiettati ad umido con le normali attrezzature da spritz.

L'eventuale armatura con fibre di acciaio, rispondenti alle prescrizioni di cui al punto 6.3.2 del presente Capitolato, dovrà essere definita in sede di progetto, come prescritto dalle norme vigenti.

La resistenza caratteristica del conglomerato dovrà risultare come indicato nei punti 6.3.1 e 6.3.2 del presente Capitolato.

Ed inoltre, si dovrà determinare la curva di resistenza a partire dal tempo $t=0$ (immediatamente dopo la presa) fino alla maturazione completa, al fine di effettuare il controllo con le prescrizioni progettuali.

In ogni caso la resistenza minima dopo 4 ore, dovrà essere almeno 6 MPa e la resistenza finale compatibile con quella di progetto.

Per conseguire fluidità, coesione e rapidità di presa dovrà essere impiegato cemento ad alta resistenza (tipo 4,25 o superiore) dosato in ragione di almeno 450 kg per metro cubo di impasto.

Dovranno essere impiegati additivi ad azione fluidificante ed accelerante di presa, compatibili con il cemento impiegato.

Il rapporto acqua cemento non dovrà, di norma, essere superiore a 0,4.

In particolari condizioni la Direzione Lavori potrà autorizzare l'impresa ad impiegare a sua cura e spese, additivi ritardanti di presa allo scopo di prolungare la lavorabilità del conglomerato.

In questi casi l'Impresa, sempre a sua cura e spese, dovrà impiegare additivi acceleranti al momento del getto del conglomerato per annullare l'effetto ritardante.

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Impresa alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; il dosaggio dei componenti dovrà essere fatto a peso in idonei impianti.

La qualifica preliminare del conglomerato, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno essere effettuate con l'osservanza di quanto indicato nei punti 6.3.1 e 6.3.2 del presente Capitolato.

Relativamente al controllo della quantità di fibre in acciaio ammesse nel conglomerato si richiama integralmente quanto è stato previsto a tale riguardo nel punto 6.3.2 del presente Capitolato.

6 RIVESTIMENTI DI PRIMA FASE E INTERVENTI DI SOSTEGNO DEL CAVO

Macro voci di Elenco Prezzi correlate:

- C.02 - MURATURE E CONGLOMERATI



- C.03 - INTERVENTI CONSERVATIVI E VARIE

Sono qui di seguito riportate le principali tecnologie esecutive da impiegare per il sostegno e pre-rivestimento dello scavo.

6.1 CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTROSALDATE,

Le centine metalliche, le reti di acciaio a maglie elettrosaldate da lasciare annegate nel conglomerato cementizio, dovranno avere caratteristiche dimensionali, sagoma ed interasse conformi alle sezioni tipo del progetto esecutivo previste per le varie tratte.

Le centine metalliche saranno sagomate e collegate nei punti di giunzione tramite piastre saldate e bullonate, nonché dotate di elementi di unione, distanziatori, piastre di base, collegamenti e quanto altro occorrente per assicurare una perfetta continuità strutturale delle centine stesse.

Particolarmente curato sarà il dimensionamento dell'eventuale piastra di appoggio al piede, l'allettamento e la stabilità della superficie di appoggio, e la messa in contatto della centina con la superficie di scavo.

Eventuali vuoti presenti a tergo delle centine dovranno essere riempiti con conglomerato cementizio spruzzato o con idonei spessori, cunei od altri accorgimenti opportuni al fine di garantire la completa aderenza con la superficie di scavo delle centine.

Tutte queste lavorazioni saranno a cura e spese dell'Impresa.

In senso longitudinale, le centine saranno collegate tra loro mediante catene, realizzate mediante tondino di acciaio opportunamente sagomato avente caratteristiche non inferiore a quello costituente il profilato delle centine.

Le catene dovranno essere estese a tutto il contorno delle centine ed ad esse collegate mediante opportuni accorgimenti o saldature, così come indicato nei disegni di progetto.

Quando le centine metalliche sottendono l'armatura tronco-conica costituita dagli interventi di consolidamento lanciati in avanzamento, quali infilaggi, jet-grouting ed altri interventi di consolidamento analoghi, queste dovendo essere messe a contatto con essi e pertanto dovranno essere calandrate a profilo variabile, sia pure per gruppi, per assicurare una buona trasmissione dei carichi.

Le centine realizzate mediante l'impiego di profilati a doppio T, dovranno risultare all'esterno dell'estradosso di progetto del rivestimento definitivo.

Ove la geometria dello scavo lo consentisse, le reti elettrosaldate potranno essere presagomate ed opportunamente autoancorate alle centine.



I profilati costituenti le centine metalliche dovranno essere in acciaio S235 o superiore, i bulloni dovranno essere di classe non inferiore alla 8.8 – UNI EN ISO 898-1:2001 e la lamiera sarà in acciaio di qualità non inferiore al tipo S235, UNI EN 10025

6.2 ANCORAGGI

Con il termine "ancoraggi" si intendono tutte le tecnologie esecutive atte al sostegno o alla protezione di gallerie, camere di deposito o altro, realizzato successivamente allo scavo, sia esso parziale o totale, ed ottenuto tramite armature che si estendono nei terreni e nelle rocce a tergo della sezione di scavo.

Indipendentemente dal tipo di ancoraggio, che può essere provvisorio o permanente, si distinguono:

- tiranti e barre di ancoraggio
- chiodi e bulloni

Per quanto concerne le prescrizioni e specifiche realizzative degli ancoraggi si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e

Protezione"

6.3 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE

6.3.1 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PROIETTATO

Per la classificazione, le specifiche e la normativa specifica si faccia riferimento al "Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato".

Il rivestimento di prima fase delle pareti di scavo di gallerie e pozzi di aerazione sarà eseguito con conglomerato cementizio spruzzato, con idonee macchine spruzzatrici, negli spessori indicati in progetto.

Si dovrà curare in particolare l'aderenza del getto alle pareti dello scavo onde evitare vuoti a tergo del getto.

Per eventuali vuoti conseguenti ad irregolarità della sezione di scavo, l'Impresa dovrà procedere riempiendo, a sua cura e spese, con conglomerato cementizio spruzzato, dato anche a più strati ed armato con rete di acciaio elettrosaldato.



Nel caso invece di cavità naturali non previste negli elaborati progettuali o di cavità causate da cedimenti o franamenti non imputabili, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, a negligenza dell'Impresa, si potrà proporre alla Committente la contabilizzazione dei riempimenti di conglomerato o di murature di bloccaggio o di iniezione d'intasamento. Verificare se non presenta incongruenze con quanto riportato nel capitolo scavi

La proiezione dovrà avvenire ad umido cioè con procedimento in cui la pompa spinge la miscela composta da aggregati, cemento, acqua senza accelerante, in sospensione in un getto d'aria compressa nel condotto, ovvero per mezzo di una pompa a pistoni, mentre l'accelerante viene introdotto e mescolato nella lancia.

Il dosaggio dell'accelerante dovrà avvenire esclusivamente a mezzo di dosatori sincronizzati con la pompa e regolati con il flusso di miscela cementizia in modo da mantenere sempre costante il dosaggio di additivo.

Il numero di passate per ottenere lo spessore previsto sarà il più basso possibile in relazione alla tecnica di proiezione prevista e dal tipo di accelerante impiegato.

Tutte le venute d'acqua concentrate dovranno essere regimate e canalizzate superficialmente per evitare sottopressioni sulla superficie trattata e danneggiamenti al conglomerato proiettato.

L'interfero dovrà essere, in tutti i casi, uguale o superiore a 15 cm sia nel caso di barre che di rete elettrosaldata.

La distanza fra l'armatura e la parete da rivestire dovrà essere rigorosamente compresa fra 2 e 5 centimetri.

La superficie in vista del conglomerato cementizio, sulla quale sarà applicata l'eventuale l'impermeabilizzazione, dovrà presentarsi regolare, priva di asperità e di ferri sporgenti.

Eventuali irregolarità, che a giudizio insindacabile della Direzione Lavori potrebbero danneggiare l'impermeabilizzazione, dovranno essere conguagliate a cura e spese dell'Impresa mediante apporto di conglomerato cementizio.

I ferri eventualmente sporgenti dal rivestimento dovranno essere accuratamente ripiegati e inglobati nel conglomerato.

La composizione del conglomerato dovrà essere sottoposta dall'Impresa alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

Il conglomerato dovrà presentare una resistenza caratteristica conforme al progetto esecutivo.

Tali resistenze saranno determinate mediante l'uso di appositi pannelli confezionati e cassaforme, collocate su una parete inclinata di 10° - 20° tali da realizzare tasselli di prova, di dimensioni 60 cm * 60 cm, e di 15 cm di spessore ottenuti proiettando ortogonalmente a questa il conglomerato.



Lo sfrido complessivo del calcestruzzo proiettato non dovrà essere superiore al 10 % del volume posto in opera. In caso contrario, l'Impresa non è tenuta a chiedere indennizzo alcuno per sfridi superiori.

Il rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, in relazione alle previsioni di progetto, potrà essere armato con rete in barre di acciaio a maglie elettrosaldate.

Ove la geometria dello scavo lo consentisse, le reti elettrosaldate potranno essere opportunamente presagomate ed opportunamente ancorate alle centine.

Dovrà essere particolarmente curato il fissaggio delle armature, con almeno 2 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.

Successivamente, verrà realizzato il completamento dello strato di conglomerato proiettato, sino al raggiungimento dello spessore previsto.

Per evitare movimenti e distacchi durante la proiezione del conglomerato, si dovrà usare in modo particolare il fissaggio delle armature.

6.3.2 RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PROIETTATO FIBRORINFORZATO

Per le prescrizioni e gli oneri di una corretta posa in opera valgono le indicazioni precedentemente riportate nel punto 6.3.1 del presente Capitolato, riguardante il calcestruzzo proiettato.

Per la classificazione, le specifiche e ogni aspetto relativo alle fibre si faccia riferimento al "Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato".

La quantità di fibre di acciaio da impiegare per l'armatura del conglomerato cementizio spruzzato dovrà essere definita negli elaborati di progetto.

In corso d'opera la Direzione Lavori procederà al controllo della quantità di fibra immessa mediante prelievo alla bocca della betoniera di tre campioni di conglomerato di volume predeterminato da cui estrarre le fibre rapportandone il peso effettivo a quello teorico.

Lo strato superficiale del conglomerato cementizio spruzzato, per uno spessore 3 cm, dovrà essere steso senza impiego di fibre d'acciaio, nel caso di presenza di manto di impermeabilizzazione, allo scopo di evitare possibili danni alla guaina stessa.



7 RIVESTIMENTI DEFINITIVI

Macro voci di Elenco Prezzi correlate:

- C.02 - MURATURE E CONGLOMERATI
- C.03 - INTERVENTI CONSERVATIVI E VARIE

7.1 RIVESTIMENTO DI SECONDA FASE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Per la classificazione, le specifiche e ogni aspetto relativo al calcestruzzo si faccia riferimento al "Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato".

Il rivestimento di seconda fase dovrà essere eseguito alla distanza dal fronte di scavo indicata in progetto.

Nessuna variazione potrà essere ammessa senza la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

Tale rivestimento consiste in un getto di dato spessore di conglomerato cementizio semplice o armato, contro le pareti della galleria, mediante apposita cassaforma.

Il conglomerato cementizio impiegato per il rivestimento di seconda fase dovrà essere conforme al progetto esecutivo, lo spessore del rivestimento dovrà essere conforme alle previsioni di progetto, restando a carico dell'Impresa i maggiori spessori realizzati.

Nel caso di sottospessori localizzati o estesi sarà onere dell'impresa la demolizione del prerivestimento e del rivestimento definitivo non conforme oltre che la ribattitura del profilo di scavo e il ripristino del rivestimento secondo le indicazioni di progetto esecutivo.

Saranno predisposti a cura e spese dell'impresa controlli preventivi dello spessore del rivestimento, mediante PCQ, corredati di rilievi topografici del profilo d'estradosso del rivestimento definitivo, il passo delle sezioni di controllo sarà indicato dalla D.L..

Per i rivestimenti in calcestruzzo non armato, le analisi tenso-deformative a breve ed a lungo termine, dovranno far risultare delle tensioni che rispettino i valori riportati all'interno del paragrafo 4.1.11 del D.M. 14 Gennaio 2008. Nel caso di rivestimenti di calcestruzzo armato, si dovranno seguire le indicazioni fornite dalla normativa vigente.

Dovrà essere particolarmente curata la ripresa con i getti precedenti e la preparazione e pulitura delle superfici con le quali i getti stessi dovranno venire a contatto.

La superficie in vista dei getti di rivestimento dovrà risultare perfettamente regolare e profilata secondo i disegni di progetto, curata in modo particolare nei tratti in curva.



Il getto dell'arco rovescio deve essere eseguito su rocce in posto e non su materiale smosso; ove le particolari condizioni idrogeologiche lo richiedessero, previo apposito studio, si prevedrà l'eventuale posa di un telo di geotessile, con impregnazione eseguita con legante bituminoso tipo 180 - 200 spruzzato a caldo in ragione di almeno 2 kg/m^2 . Dovrà essere posto in opera sovrappo-
nendo i teli longitudinalmente e trasversalmente per almeno 30 cm.

Il getto dell'arco rovescio dovrà essere eseguito per campioni alla distanza dal fronte indicata in progetto.

In presenza di particolari fenomeni deformativi la lunghezza dei campioni dovrà essere opportunamente ridotta, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori e in accordo con il progettista

Il getto dell'arco rovescio, può essere preceduto dal getto delle murette, che avranno le interfacce con i futuri getti di calotta e dell'arco rovescio stesso sagomate a raggio.

Se l'arco rovescio viene gettato per primo, sarà subito seguito da quello delle murette per fornire il necessario contrasto al rivestimento di prima fase.

Eventuali sovrascavi dovranno essere riempiti e risagomati con conglomerato cementizio magro a cura e spese dell'Impresa.

7.2 CASSEFORME

Premesse le responsabilità dell'Impresa, per quanto attiene alla conformità delle attrezzature da impiegare per la realizzazione del progetto nonché per l'uso di tutti i prodotti idonei alle corrette operazioni di disarmo, si prescrive quanto segue:

a - casseforme per il contenimento del getto di conglomerato cementizio di rivestimento delle gallerie:

dovranno essere impiegate casseforme metalliche montate su carro portaforme, munite di sistema di movimentazione idraulico; la struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni sotto carico, con la superficie a contatto del conglomerato liscia e conforme alla generatrice di progetto, tale da assicurare ai getti una rifinitura perfettamente regolare;

b - casseforme per il contenimento del getto di conglomerato cementizio di rivestimento dei pozzi di aerazione:

dovranno essere impiegate casseforme metalliche, rampanti, munite di sistema di sollevamento idraulico.

La struttura dovrà essere opportunamente irrigidita e controventata, dimensionata per non subire deformazioni durante le varie fasi di lavorazione e per non alterare la geometria di progetto dei getti che dovranno risultare perfettamente lisci e privi di irregolarità nelle generatrici superficiali. Compreso inoltre gli occorrenti ponteggi ed impalcature.



Per ogni altro aspetto relativo alle casseforme si faccia riferimento al “Capitolato calcestruzzi e acciai per cemento armato”.

8 IMPERMEABILIZZAZIONI

Macro voci di Elenco Prezzi correlate:

- C.03 - INTERVENTI CONSERVATIVI E VARIE
- C.04 – IMPERMEABILIZZAZIONI E RIVESTIMENTI

Si definiscono impermeabilizzazioni tutte le attività ed interventi atti a proteggere i rivestimenti delle gallerie dalle venute di acqua dalle pareti dello scavo.

Si dovranno impermeabilizzare le pareti della galleria ogni qualvolta si presentano o sono ipotizzabili venute di acqua dalle pareti della galleria.

L'impermeabilizzazione delle pareti delle gallerie e dei pozzi di areazione viene interposta tra i rivestimenti di prima fase e seconda fase.

La D.L. ha facoltà di ordinare, per determinati tratti o superfici di galleria, la impermeabilizzazione in conformità alle prescrizioni di seguito riportate.

Si dovranno adottare particolari accorgimenti e cautele quando le acque risultassero aggressive.

Prima della posa in opera dell'impermeabilizzazione l'Impresa dovrà procedere alla preparazione delle pareti comprendente:

- captazione di eventuali forti venute d'acqua tali da intralciare la regolare stesa dell'impermeabilizzazione, mediante impiego di tubi e/o canalette in materiale termoplastico, protetti da uno strato in geotessile e fissati con malta di cemento additivata con accelerante;
- eventuali tubi e/o canalette saranno protetti con uno strato di conglomerato cementizio e saranno raccordati al drenaggio posto al piede dell'impermeabilizzazione;
- regolazione della superficie del rivestimento di prima fase con malta fina per raccordare eventuali asperità e per ricoprire eventuali parti metalliche sporgenti.

Le impermeabilizzazioni sopra descritte dovranno essere applicate su supporto costituito da conglomerato cementizio, dello spessore non inferiore a cm 10, lanciato a pressione sulle pareti di scavo, nel caso in cui non sia previsto dal progetto un prerivestimento in conglomerato cementizio lanciato a pressione.



8.1 IMPERMEABILIZZAZIONE CON GUAINA IN PVC

Tale impermeabilizzazione dovrà essere posta in opera su uno strato di compensazione di geotessile con caratteristiche analoghe a quelle riportate nel Capitolato "Movimenti di Terra".

La guaina dovrà essere in PVC trasparente dello spessore minimo di 2 mm.

Sul rivestimento di prima fase, preparato come al punto precedente, dovrà essere steso uno strato di geotessile, come strato di compensazione con funzione antipunzonamento.

Il geotessile verrà steso procedendo in senso trasversale all'asse della galleria o del pozzo di aerazione, sovrapponendo i bordi di 20 cm e fissandolo con bottoni e/o listoni in PVC semirigido, a loro volta ancorati al supporto con chiodi a sparo muniti di rondella o con tasselli ad espansione.

I bottoni in PVC, aventi speciale sagomatura per impedire il contatto dei chiodi di fissaggio con la guaina in PVC trasparente che ad essi sarà sovrapposta e saldata, saranno forniti e posti in opera in ragione di almeno quattro bottoni per metro quadrato di superficie da impermeabilizzare, oppure un listone/ml.

In corrispondenza dei giunti della sovrastante guaina in PVC ed alla base della stessa, in corrispondenza dei piedritti nella impermeabilizzazione delle gallerie, saranno forniti e posti in opera listoni in PVC semirigido fissati con chiodi a sparo muniti di rondella.

Sullo strato di geotessile verrà fornita e posta in opera una guaina in PVC trasparente dello spessore di 2 mm.

La trasparenza della guaina, oltre ad essere una garanzia di purezza formulativa e pertanto di maggiore stabilità del polimero nel tempo, consente di controllare visivamente la lavorazione ed in particolare la eventuale presenza, in corrispondenza delle saldature, di un eccesso di residui carboniosi e di bolle d'aria che sono sintomi di cattiva esecuzione, e che potrebbero far cedere la saldatura in un secondo tempo. Il controllo delle saldature dovrà essere sistematico.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego.

Le prove dovranno essere effettuate presso laboratori qualificati a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, preliminarmente su materiali approvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori, ogni volta che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI vigente.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i requisiti previsti dalle norme UNI vigenti.

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

Nel caso di materiali già posti in opera, l'impresa dovrà sospendere la lavorazione e procedere, a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.



La guaina in PVC verrà stesa in opera in senso trasversale all'asse della galleria o del pozzo di aerazione con i lembi dei giunti sovrapposti per 10 cm e dovrà essere fissata ai bottoni ed ai listoni in PVC mediante termosaldatura.

La guaina dovrà presentarsi ben distesa, senza pieghe e parti in tensione.

Si procederà quindi alla saldatura dei giunti per termofusione con apposite saldatrici a controllo automatico di velocità, temperatura e pressione, predisposte per effettuare una doppia saldatura senza soluzione di continuità da un estremo all'altro del giunto, in modo da permettere la prova di tenuta del giunto ad aria compressa.

La tenuta dei giunti dovrà essere verificata con aria alla pressione di 0,4 bar; la eventuale perdita di pressione dopo 15-20 min non dovrà superare 0,1 bar.

Nel caso che qualche prova dia esito negativo, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, al rifacimento delle saldature difettose, eventualmente anche con sostituzione delle guaine compromesse, mentre la Direzione Lavori potrà ordinare che vengano sottoposti a prove tutti i giunti senza che per questo l'impresa stessa possa reclamare alcun compenso.

In galleria la guaina in PVC dovrà essere risvoltata alla base dei piedritti per almeno 40 cm; i lembi estremi dovranno essere fissati alla parete mediante listelli metallici, previa applicazione di idoneo mastice sigillante; all'interno dei due risvolti dovranno essere forniti e posti in opera tubi in PP del diametro nominale di 150 mm, aventi pareti forate e suola di base liscia e stagna; i tubi dovranno essere collegati ai pozzetti di raccolta mediante pezzi speciali a T e relative tubazioni di raccordo in PP ed i fori praticati nelle guaine per il passaggio di queste ultime dovranno essere sigillati mediante appositi elementi in PP termosaldati alla guaina ed ai tubi di raccordo.

8.2 WATER-STOP IDROESPANSIVO

Sarà costituito da cordoli di forma quadrata di dimensioni di 25x25 mm o rettangolare.

Dietro esplicita approvazione della A.S., potranno essere utilizzati anche elementi composti da bentonite di sodio preidratata estrusa sotto vuoto additivata con polimeri stabilizzanti e antisale. I cordoli dovranno essere fissati con chiodatura in acciaio almeno ogni 25 cm alla struttura già gettata che dovrà presentare la superficie di ripresa del getto, preventivamente sottoposta a idropulizia, perfettamente liscia, pulita, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili che possano impedire la regolare espansione ed adesione a tenuta in presenza d'acqua.

Il materiale dovrà possedere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- espansione libera in acqua distillata pari ad almeno sei volte il volume iniziale senza perdita di coesione di massa;
- massa maggiore di 1.10 kg/m;



- pressione di rigonfiamento dopo 48 ore maggiore di 600 KPa.
- pressione di rigonfiamento dopo 6 ore minore di 100 KPa.
- stabilità alle soluzioni saline ed aggressive e resistenza all'azione inibente degli ioni calcio e magnesio

L'utilizzo dovrà essere preventivamente autorizzato dal Direttore dei Lavori a valle dell'esecuzione di prove preliminari eseguite in cantiere o presso il laboratorio di cantiere, volte a verificare la rispondenza ai requisiti qui indicati.

8.3 GIUNTO INIETTATO A TENUTA IDRAULICA PER RIPRESE DI GETTO

Si tratta di un giunto a tenuta idraulica tra le superfici di ripresa di getto in calcestruzzo, realizzato tramite resine idroespandenti iniettate fino a pressione di 6.0 MPa, attraverso un tubo flessibile avente diametro esterno maggiore di 12 mm, preventivamente posizionato sulle superfici da sigillare.

Il tubo flessibile dovrà essere costituito da:

- un'anima in polietilene avente diametro interno superiore a 6 mm, a doppia spirale, in modo da consentire, alla pressione di iniezione, la fuoriuscita della resina in modo uniforme e continuo sia radialmente che longitudinalmente;
- un rivestimento in foglio di gomma neoprenica, anch'esso spiralato, con funzione di valvola di non ritorno, atto a impedire il reflusso della resina, all'interno dell'anima, in caso di pressione negativa (dall'esterno verso l'interno), che può verificarsi, a esempio, durante le operazioni di lavaggio e svuotamento del tubo con la pompa da vuoto;
- una calza esterna realizzata in treccia di rayon, avente funzione protettiva e di contenimento, atta a consentire il deflusso del materiale in modo uniforme.

Il tubo flessibile sarà posato sulla superficie di calcestruzzo già indurito, contro il quale dovrà avvenire il getto di ripresa, in corrispondenza della mezzeria del giunto e per tratti di lunghezza non maggiore di 12 metri, fissato con apposite staffe semicircolari almeno ogni 20 cm, in modo da realizzare la massima aderenza alla superficie del getto.

La superficie indurita, preparata con idropulizia in pressione, dovrà essere perfettamente liscia, pulita, asciutta, esente da impurità, alveoli, nidi di ghiaia, parti staccate o staccabili.

Tratti di lunghezza maggiore a 10-12 metri dovranno essere ottenuti mediante sovrapposizione dei tubi, per almeno 20 cm. Non dovranno essere sovrapposti tratti di tubo di iniezione ma le estremità realizzate con tronchetti di tubo di alimentazione collegati al tubo principale con manicotti termorestringenti. Detti collegamenti dovranno essere posizionati a distanza maggiore di 15 cm dalle superfici del calcestruzzo.



Per l'iniezione dovrà essere utilizzata resina acrilica bicomponente avente viscosità non maggiore di 100 Pa·s e Massa Volumica maggiore di 1.08 g/cm³, idroespandente dopo il consolidamento, atossica.

La miscelazione dei componenti, in rapporto 1:1, con un agitatore di almeno 1500 giri al minuto, dovrà avvenire al momento dell'inizio dell'iniezione al fine di prevenire fenomeni di alterazione delle caratteristiche del composto. Lo stesso composto dovrà comunque avere un tempo di latenza, prima del consolidamento, di almeno 60 minuti a 20 °C.

L'iniezione della resina, da effettuare non prima di 20 giorni dal getto, dovrà avvenire lentamente fino alla fuoriuscita dall'altra estremità del tubo. A quel punto, chiusa ermeticamente la suddetta estremità, si dovrà portare il circuito a una pressione costante compresa tra i 3.0 e 4.0 MPa da mantenere per almeno 5 minuti.

Al fine di garantire eventuali iniezioni in tempi successivi si dovrà procedere all'immediato lavaggio e aspirazione della resina rimasta all'interno del tubo.

9 DRENAGGI

Macrovoce di Elenco Prezzi correlate:

- E.01 - DRENI - GABBIONI - TERRE RINFORZATE

Con il termine "drenaggi" si intendono tutte le tecnologie esecutive atte alla captazione, emungimento, raccolta e allontanamento delle acque circolanti immediatamente a tergo dei rivestimenti ovvero nei terreni circostanti la galleria.

Si distinguono le seguenti tipologie principali di drenaggio:

- canalette al piede dell'impermeabilizzazione collegate mediante raccordi alle cunette centrali di raccolta della galleria;
- tubi drenati microfessurati che si estendono nei terreni a tergo del rivestimento.
Le prescrizioni di cui ai successivi punti sono riferite alle gallerie naturali, ma sono comunque applicabili, con le precisazioni di cui in appresso, anche alle gallerie artificiali.

Nel caso di gallerie artificiali eseguite con scavo dall'alto si disporrà una tubazione in PP in corrispondenza della platea di fondo ed all'esterno della galleria. In tal modo le acque percolanti attraverso il materiale drenante, utilizzato per il riempimento, saranno convogliate nel tubo in PP e trasportate all'esterno.

Nel caso di gallerie artificiali eseguite con paratie, se necessario, si procederà al drenaggio delle acque mediante l'adozione di dreni con tubazioni in PP fessurate rivestite da tessuto non tessuto.



Le acque drenate saranno convogliate nelle canalette laterali al piede della galleria e smaltite, con idonea pendenza, all'esterno.

9.1 CANALETTE DI RACCOLTA

Al piede dell'impermeabilizzazione sarà realizzata, mediante canaletta in PP fessurato superiormente, una condotta di raccolta delle acque drenate; ogni 25 m circa saranno disposte delle condotte, dotate di pozzetti per l'ispezione e la manutenzione, per collegare le canalette con le cunette centrali della galleria.

Particolare cura andrà posta in fase esecutiva per assicurare il corretto andamento plano-altimetrico dei tubi di drenaggio e la loro funzionalità.

Le canalette e i tubi per il drenaggio e l'allontanamento sulle acque saranno in PP ed avranno diametro esterno non inferiore a 110 mm e spessore non inferiore a 3 mm.

La Direzione Lavori potrà richiedere di far sottoporre a prove, presso laboratori qualificati e riconosciuti, dei campioni di tubo per accertare o meno la loro rispondenza alle norme vigenti.

La miscela cementizia da impiegare per l'allettamento e fissaggio delle tubazioni sarà costituita da sabbia e cemento normale tipo 3,25, ed arricchita di idrofugo nelle proporzioni necessarie in relazione al grado di umidità della superficie da impermeabilizzare.

9.2 TUBI DRENANTI MICROFESSURATI

Le perforazioni per i drenaggi, comunque inclinate ed in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza d'acqua di qualsiasi entità e pressione, saranno eseguite a distruzione di nucleo con sonde a rotazione o rotopercolazione.

Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza dell'acqua lo richiedessero, il foro potrà essere sostenuto mediante idonee tubazioni durante la perforazione e nelle fasi successive.

Si deve assicurare, in fase di perforazione, la perfetta tenuta a boccaforo, predisponendo eventualmente, sul fronte di avanzamento, in corrispondenza all'asse di ciascuna perforazione, un raccordo tubolare munito di un premistoppa interno, al quale si accoppia, a tenuta, il tubo di perforazione e di una bocca di deflusso esterna, onde consentire il rifluimento controllato del materiale di spurgo in fase di perforazione.

I raccordi tubolari dovranno essere rigidamente fissati al tampone in calcestruzzo proiettato preventivamente realizzato sul fronte.

Tali attrezzature devono avere caratteristiche tali da impedire che, nella fase di scavo e nelle successive fasi di posa in opera del tubo drenante all'interno dell'eventuale rivestimento e di estrazione di quest'ultimo dal terreno, possano verificarsi rifluimenti incontrollati di acqua e/o particelle di terreno all'interno dell'eventuale tubo di rivestimento.



Prima di procedere alla posa in opera, l'Impresa dovrà eseguire una accurata pulizia del foro con getto d'aria a pressione e il lavaggio con getto d'acqua a pressione.

Le perforazioni avranno diametro adeguato alla lunghezza e tale da consentire l'infilaggio dei tubi microfessurati, e comunque non inferiore a 90 mm.

Successivamente alla pulizia del foro, nello stesso verrà inserito un tubo microfessurato in PVC rivestito esternamente con una calza di geotessile.

Il tubo microfessurato sarà in PVC rigido con unioni a manicotti, ed avrà diametro interno non inferiore a 50 mm e spessore non inferiore a 4 mm.

La loro lunghezza dovrà essere almeno pari al diametro dello scavo e non superiore a 2.5 volte il diametro stesso, con sovrapposizione longitudinale di 6 – 10 m.

Nel caso in cui le pressioni dell'acqua fossero elevate dovranno essere utilizzati dei dispositivi che impediscano la fuoriuscita di acqua prima dell'inserimento del tubo drenante.

In questa situazione si opera posando prima un tubo di attesa di diametro superiore, su cui si collegherà un "preventer" atto a controllare il fluido di spurgo della perforazione in modo da evitare l'innescò di fenomeni di sifonamento e tale da permettere la chiusura rapida del foro.

In tal caso la perforazione sarà fatta con rivestimento, per impedire la chiusura del foro e con punta a perdere.

Finita la perforazione, si inserirà all'interno del rivestimento un tubo drenante microfessurato.

Successivamente, si recupererà il tubo di rivestimento del foro, per una lunghezza pari a quella del tratto attivo di dreno, più la lunghezza del sacco otturatore, in modo che questo risulti direttamente a contatto con le pareti del foro.

Tale sacco verrà quindi gonfiato, tramite iniezione a pressione controllata dalla relativa valvola, tramite doppio otturatore inserito da bocca foro all'interno del tubo drenante.

Raggiunta la pressione di alcuni bar, questa dovrà essere mantenuta per un congruo intervallo di tempo, per verificare l'avenuto gonfiaggio del sacco.

Nel caso di calo di pressione, si procederà con successive iniezioni, fino al raggiungimento della pressione prestabilita.

Non appena la malta avrà fatto presa nel sacco otturatore, si procederà all'estrazione del tubo di rivestimento per la rimanente lunghezza, pari a quella del tratto cieco, e immediata esecuzione, sempre mediante doppio otturatore, dell'iniezione di intasamento di tale tratto a partire dalla valvola superiore.

L'avenuto abbattimento delle pressioni neutre dovrà essere verificato con piezometri installati in posizione opportuna e periodicamente misurati, il tutto a spese e cura dell'Impresa.



L'intervento di drenaggio potrà rimanere attivo anche a lungo termine in fase di esercizio, per cui si dovrà provvedere a raccogliere mediante un apposito collettore le venute di acqua captate dai dreni, onde evitare che queste possano disperdersi in galleria, causando nocive infiltrazioni che potrebbero ammalorare le opere di rivestimento definitivo

10 MONITORAGGIO

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati derivanti dalle misure in corso d'opera e durante l'esercizio ha lo scopo di:

- verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto sistematico tra le stesse previsioni e le prestazioni/comportamento del terreno nell'intorno della galleria e delle strutture di rivestimento con particolare riferimento alle categorie di comportamento del fronte di scavo descritte nei capitoli precedenti;
- assicurare che l'opera espliciti le sue funzioni, risultando idonea all'esercizio, resistente e stabile senza riduzioni significative della sua integrità o manutenzioni non previste;
- Verificare che lo stato di sollecitazione del rivestimento rimanga entro i limiti fissati dal progetto.

Prima dell'inizio dell'esecuzione delle opere dovrà essere verificato dal Direttore dei Lavori, il **Piano di Monitoraggio** presentato dall'impresa per il controllo del comportamento del terreno e delle strutture sia durante i lavori che in fase di esercizio.

Dovranno inoltre essere chiaramente indicate le ipotesi formulate per la valutazione delle componenti di spostamento, delle deformazioni e delle sollecitazioni indotte nel terreno e nelle strutture.

Dovranno inoltre risultare dallo stesso piano le ipotesi sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni, che dovranno essere verificate sulla base delle misure che saranno svolte nel corso dei lavori.

Dovrà infine essere indicato nel **Piano di Monitoraggio** il periodo di tempo nel quale devono essere ~~pre~~ eseguite le misure: prima, durante e dopo la realizzazione dell'Opera.

La raccolta, l'analisi e l'interpretazione dei dati derivati dalle misure in corso d'opera e durante l'esercizio dovranno essere condotti con particolare sistematicità e cura, secondo indicazioni che saranno date dalla D.L., in modo da consentire l'archiviazione e la conseguente creazione di un "data base" da utilizzare a beneficio delle opere che saranno costruite nel futuro.



In funzione dell'importanza dell'Opera si dovrà adottare un sistema di elaborazione, gestione e distribuzione dei dati che permetta a tutti i soggetti impegnati nella buona riuscita dell'Opera (Impresa, Committente, Direzione Lavori, Progettista, Responsabile della Sicurezza, ecc...) di accedere ai dati in tempo reale e da qualsiasi postazione informatica, con modalità di password dedicata e personalizzata.

Tutto il sistema di monitoraggio durante la costruzione e sino alla data di emissione del certificato di collaudo finale, questa compresa, sarà eseguito a cura ed oneri dell'Impresa.

Le misure sono tra l'altro volte a determinare:

- le deformazioni indotte nel terreno (naturale o consolidato) o nell'ammasso roccioso, durante le operazioni di scavo;
- i valori e le variazioni delle pressioni neutre nel terreno o nell'ammasso roccioso;
- le deformazioni e le tensioni indotte nelle strutture di rivestimento (di prima fase e definitivo) e negli elementi di rinforzo e stabilizzazione;
- i carichi agenti sulle strutture.

Gli strumenti di misura e le sezioni strumentate da adottare dipendono dalla complessità della situazione geologico-geotecnica, con particolare riguardo alle specifiche condizioni geostrutturali, morfologiche ed idrogeologiche, nonché al previsto comportamento tenso-deformativo del terreno e delle strutture.

Il **piano di monitoraggio** deve tenere conto dell'affidabilità degli strumenti da utilizzare, della loro semplicità nell'installazione e nella relativa misura, della robustezza e, non ultimo, dei possibili disagi che l'allestimento delle sezioni strumentate comporta all'intera organizzazione di cantiere.

La strumentazione posta in opera dovrà inoltre avere alcuni requisiti funzionali che andranno verificati, certificati e documentati anche quando l'evoluzione tecnologica metterà a disposizione materiali più sofisticati e dispositivi più perfezionati:

- campo di misura o fondo scala ("range");
- massimo campo di misura sopportato dello strumento ("over range");
- ripetitività delle misure;
- precisione;
- Sensibilità;
- durabilità e/o affidabilità.



I sistemi di monitoraggio dovranno essere concepiti in modo da realizzare il massimo di modularità e interfacciabilità possibile al fine di poter effettuare la centralizzazione dei dati in punti diversi della galleria o all'esterno.

Per ciascuno strumento il Progettista dovrà definire in quale momento procedere alla lettura di zero, e cioè alla definizione della configurazione di riferimento rispetto alla quale confrontare tutti i valori che andranno determinati in seguito.

La lettura degli strumenti e l'interpretazione delle misure saranno eseguite il più rapidamente possibile da personale qualificato.

Di seguito si riporta una descrizione sintetica delle principali tipologie di misurazione cui di norma si ricorre per il monitoraggio in galleria.

10.1.1 MISURE DALL'INTERNO DEL CAVO

Misure di convergenza con mire ottiche

Consistono nel determinare la variazione in valore assoluto della distanza di uno o più punti di misura posizionati sulle pareti (opposte) del cavo oppure sul fronte di avanzamento (misure di estrusione).

I punti di misura sono costituiti da prismi ottici o da mire ottiche reticolate traggurate mediante un teodolite o distanziometro.

La misura si effettua come una normale triangolazione di precisione. La precisione della misura è pari a 1 mm.

L'elaborazione dei dati consente di risalire alla deformata del profilo di scavo ed agli spostamenti del fronte, nonché di valutarne l'evoluzione nel tempo.

Misure di deformazione (strain gauges: estensimetri per metallo "centina")

Consistono nella misura delle deformazioni che avvengono nelle centine e della loro evoluzione nel tempo.

Gli estensimetri possono essere del tipo a resistenza elettrica o a corda vibrante e vengono collegati ad una centralina di misura.

L'installazione va effettuata in più punti all'interno del rivestimento.

Gli estensimetri devono essere saldati a coppie, nell'anima della centina, in direzione tangenziale alla superficie della galleria immediatamente prima del montaggio della centina e devono essere protetti dal getto dello spritz beton.

La precisione è 0.5% del fondo scala.



Determinazione del carico agente sulla struttura "centina-puntone-tirante" (celle di carico)

Le celle di carico servono per registrare i carichi, si compongono di un corpo cilindrico in acciaio e di una eventuale piastra in acciaio che permette una più omogenea ripartizione del carico. Vengono utilizzate per garantire la sicurezza di opere di sostegno sia provvisorie che permanenti e servono per registrare i carichi a cui sono sottoposte. Si suddividono in:

- • celle di carico per centine, vengono installate al piede della centina o tra le piattebande, nei puntoni. A queste è collegato un trasduttore elettrico a cui si collega una centralina per la registrazione del dato. Misura la variazione di carico che la struttura sopporta nei punti di misura;
- • cella di carico per tiranti, costituita da un corpo di forma toroidale che consente il controllo della fase di tesatura di tiranti e del loro rilascio tensionale in fase di esercizio.

La precisione è 1% del fondo scala.

Misure estensimetriche con estensimetri monobase o multibase

Consistono nel determinare la distribuzione delle deformazioni nel terreno.

L'estensimetro è costituito da una testa di riferimento posta a boccaforo e da uno o più basi collegate con la testa di riferimento mediante barrette o astine, installate in un foro di piccolo diametro realizzato nel terreno al contorno del cavo.

Le misure degli spostamento tra le barrette o astine, solidali con le basi, e la testa di riferimento sono effettuate per mezzo di un comparatore meccanico o altro strumento di pari precisione (per es. un trasduttore di spostamento LVDT o a corda vibrante).

La precisione dello strumento di misura è 0.01 mm.

Determinazione della pressione di contatto terreno-struttura (celle di pressione)

Si determina la pressione di contatto tra il terreno, al contorno del cavo, e le strutture ovvero tra i rivestimenti di prima fase e quelli definitivi.

Le celle di pressione sono formate da due piastre saldate tra loro lungo il perimetro. Lo spazio tra di esse è riempito di liquido ed è collegato ad un trasduttore di misura.

Il carico agente sulle piastre viene trasmesso al trasduttore, trasformando le variazioni di pressione in spostamento o deformazioni di una membrana'.



La misura viene eseguita usando un comparatore meccanico, un trasduttore di spostamento o un trasduttore di pressione. Le celle di pressione possono essere installate sia per le misure di sforzi radiali che tangenziali.

La precisione è 0.25% del fondo scala.

Misure di estrusione del fronte di scavo

Consentono di rilevare in continuo gli spostamenti assiali relativi di una serie di basi di misura.

Le misure vengono effettuate in un tubo in ABS o PVC munito di appositi punti di riscontro posti a distanza di 1 m l'uno dall'altro, che vengono resi solidali con il terreno circostante tramite un'iniezione di malta espansiva.

Le misure delle variazioni di distanza tra le coppie di punti adiacenti vengono effettuate mediante una sonda removibile, durante l'inserimento nel foro. La differenza tra la lettura di zero e le successive permette di ricavare per differenza gli spostamenti.

La precisione è 0.003-0.02 mm/m.

Misure di deformazione (estensimetri da calcestruzzo)

Consistono nella misura delle deformazioni che avvengono nei rivestimenti definitivi e della loro evoluzione nel tempo.

Gli estensimetri possono essere del tipo a resistenza elettrica o a corda vibrante e vengono collegati ad una centralina di misura.

L'installazione va effettuata in più punti all'interno del rivestimento.

Gli estensimetri devono essere montati a coppie in direzione tangenziale alla superficie della galleria prima del getto del rivestimento definitivo.

La precisione è 0.5% del fondo scala.

Determinazione della sollecitazione in parete (martinetto piatto)

Si determina la sollecitazione circonferenziale agente all'intradosso del rivestimento definitivo.

Il rilascio delle tensioni, provocato da un intaglio eseguito in direzione normale alla superficie della struttura, determina una parziale chiusura dell'intaglio stesso che viene rilevata tramite misure di spostamento.



Viene quindi inserito nell'intaglio uno speciale martinetto piatto, la cui pressione interna viene gradualmente aumentata fino ad annullare lo spostamento prima misurato (cioè ripristinando lo stato tensionale preesistente).

Le misure di spostamento vengono eseguite su diverse basi mediante estensimetro meccanico rimovibile oppure trasduttori elettrici di spostamento.

La precisione della lettura è 0.1 % del fondo scala.

10.1.2 MISURE DALL'ESTERNO DEL CAVO

Misure assestometriche

Consistono nel determinare le deformazioni indotte nei terreni di copertura della galleria a seguito dello scavo.

L'assestometro è costituito da una serie di barre a diversa lunghezza installate e rese solidali con il terreno in un foro di sondaggio realizzato dal piano campagna.

Le misure di spostamento sono effettuate per mezzo di un comparatore meccanico.

La precisione è 0.25% del fondo scala.

Misure topografiche

Consistono nel determinare in concomitanza con lo scavo delle gallerie le variazioni di quota di punti ubicati sul piano campagna.

I capisaldi dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con l'indicazione del numero del vertice o caposaldo ed una testa emisferica per la battuta topografica.

La borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro ad aderenza migliorata di idonea lunghezza, in modo da renderla solidale al terreno (infissione-cementazione).

Le misure sono effettuate attraverso una livellazione topografica e triangolazione di precisione.

La precisione è 0,1 mm.

Misure inclinometriche

Consistono nel determinare il decorso, nel tempo, degli spostamenti del terreno nell'intorno della galleria in seguito allo scavo.



Le misure sono effettuate mediante una sonda inclinometrica fatta scorrere in un tubo scanalato reso solidale con il terreno all'interno di un foro di sondaggio.

La precisione ± 0.1 mm/m.

Misure inclinometriche con sistemi automatici

Consistono nel determinare il decorso, nel tempo, degli spostamento del terreno nell'intorno della galleria in seguito allo scavo o per interferenze con aree in frana.

Le misure sono effettuate mediante l'installazione di catene inclinometriche attrezzate con sensori accelerometrici, progettate per monitorare movimenti nel terreno e/o le deformazioni di strutture. Le misure sono effettuate automaticamente con un temporizzazione definita dall'utente. Ogni misura è inviata da remoto al database centrale per l'elaborazione e la restituzione dei dati. Ogni catena inclinometrica può essere personalizzata con sensori di diverso tipo per raccogliere dati di differente natura. Possono essere installati sensori di spostamento ad alta risoluzione per le strutture civili, insieme a: sensori di temperatura, sensori per monitorare la pressione atmosferica e sensori piezometrici per monitorare il livello di falda nel sottosuolo. Lo strumento è costituito da una catena con nodi diversi, che contengono i sensori richiesti.

La sensibilità può essere o di 0.1mm/m o di 0.01mm/m e accuratezza rispettivamente di 0.2mm/m o di 0.02mm/m.

Misure estenso-inclinometriche

Consistono nel determinare, nel tempo, gli spostamento del terreno, secondo tre direzioni tra di loro ortogonali, nell'intorno della galleria in seguito allo scavo.

Le misure sono effettuate mediante una sonda estenso-inclinometrica fatta scorrere in un apposito tubo minuto di ancoraggi posti a distanza di 1 m l'uno dall'altro.

Il tubo è reso solidale con il terreno all'interno di un foro di sondaggio che non deve scostarsi più di 3° dalla verticale.

La precisione della funzione estensimetrica è pari a 0.003 mm/m.

La precisione della funzione inclinometrica è di 0.05 mm/m.

Misure della pressione interstiziale e del livello di falda

Consistono nella determinazione della pressione interstiziale nel terreno.

Le misure sono effettuate mediante piezometri installati in foro: a tubo aperto, del tipo Casagrande, o muniti di celle (elettriche, a corda vibrante, pneumatiche).



La precisione è 0.2 - 0.5% del fondo scala.

La scelta del tipo di piezometro è strettamente vincolata alla natura del terreno.

Misure multiparametriche (Colonna DMS)

La colonna multiparametrica permette la rilevazione differenziale delle principali grandezze fisico/meccaniche del terreno e delle strutture in 2/3 dimensioni, in grado di operare rilevazioni continue e contestuali dell'inclinometria, piezometria, temperatura, assestimetria, accelerazione all'interno dello stesso foro, consentendo oltre alla migliore correlabilità dei parametri geotecnici, anche una sensibile riduzione dei costi strumentali e di perforazione di sondaggio.

La colonna DMS è una sorta di "spina dorsale" del mezzo in esame, che viene introdotta nel terreno mediante foro di sondaggio, composta da un insieme di moduli rigidi sensorizzati collegati da speciali giunti aventi 2-3 gradi di libertà, tali da copiare qualsiasi deformazione conservando la direzione azimutale. E' dotata di sensoristica gestita in digitale che trasferisce il dato all'unità di controllo, posta in superficie, la quale provvede in tempo reale alla trasmissione dei dati all'utente finale e alla sala di monitoraggio.

Integrerei con specifiche tecniche come le voci precedenti

10.2 MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Nel Piano di monitoraggio dovranno essere individuate delle sezioni strumentate/stazioni di misura che, nelle varie tratte da analizzare, forniranno i dati necessari per le decisioni operative da assumere durante l'esecuzione dei lavori.

A tale scopo l'analisi strumentale, corredata dalle osservazioni e dai controlli che saranno condotti contestualmente nei riguardi delle condizioni geotecniche dovrà consentire di valutare i seguenti parametri:

- luce libera di scavo;
- convergenza totale del cavo;
- gradiente di deformazione;
- stabilità dei fronte di scavo.

In linea generale le stazioni di misura sono:

- Stazioni per gli imbocchi e per le gallerie superficiali (urbane ed extraurbane);
- Stazioni fondamentali;
- Stazioni principali;



- Stazioni secondarie;
- Stazioni al fronte di scavo.

Stazioni per gli imbocchi e per gallerie superficiali, urbane ed extraurbane

Queste stazioni dovranno essere predisposte, anche ai fini di verificare le condizioni di stabilità dei versanti, prima dell'inizio delle operazioni di scavo.

A tale scopo gli strumenti di misura, posizionati dal piano campagna, dovranno essere installati a profondità sufficiente da indagare il comportamento tenso-deformativo del terreno e le relative condizioni piezometriche, anche nella zona sottostante la galleria, tenendo sempre conto delle previsioni al riguardo formulate in sede di progetto.

Dovrà inoltre essere assicurato il controllo, sia a breve che a lungo termine, degli eventuali fabbricati, delle strade o preesistenze in genere, che potrebbero insistere sul versante.

Tale stazione sarà composta, di norma, nel seguente modo (Le misure di convergenza in galleria, in queste stazioni ed in quelle descritte nel seguito, saranno di norma eseguite ricorrendo alla tecnica delle mire ottiche removibili):

all'interno del cavo:

- n. 6 mire ottiche removibili, sul profilo della galleria, tali da consentire la lettura mediante strumento topografico di Precisione le letture dovranno essere condotte immediatamente prima dell'esecuzione degli eventuali interventi e ad ogni sfondo;
- n. 2 celle di carico idrauliche, installate al di sotto del piede delle centine e finalizzate a valutare il carico sul rivestimento di prima fase durante gli avanzamenti.
- La lettura di 'zero' andrà effettuata quando la centina stessa sarà collegata con tutte le catene alla centina adiacente e subito dopo la posa dello spritz beton;
- n. 5 celle di pressione radiali, poste a contatto tra il terreno ed il rivestimento di prima fase: le celle saranno messe in opera nello spazio compreso tra due centine; la lettura di "zero" andrà effettuata non prima di 8 ore dalla posa in opera dello spritz beton; le successive letture andranno effettuate ad ogni sfondo completo;
- n. 6 Barrette estensimetriche (strain gauges). Gli estensimetri devono essere saldati a coppie, nell'anima della centina, in direzione tangenziale alla superficie della galleria immediatamente prima del montaggio della centina e devono essere protetti dal getto dello spritz beton. Si tratta di tre coppie di barrette collocate due ai reni e una al "cervello" della centina. La lettura di "zero" andrà effettuata dopo la saldatura, subito dopo lo spritz beton e dopo 8-12 ore; le successive letture andranno effettuate ad



ogni sfondo completo del primo campo e dopo settimanalmente sino alla stabilizzazione.

All'esterno del cavo:

- n. 3 assestimetri multibase: la quota assoluta della testa degli assestimetri deve essere rilevata mediante livellazione di precisione; 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 esse dovrà essere effettuata una misura di calibrazione con l'apposito dispositivo di taratura;
- n. 2 inclinometri: la quota assoluta della testa del tubo inclinometrico deve essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza minima ad ogni sfondo e, una volta passato il fronte, che avrà raggiunto una distanza almeno pari a 5 volte il diametro della galleria, con frequenza maggiore, da definire in base al comportamento emerso;
- n. 1 piezometro: in funzione del tipo di terreno e quindi permeabilità si dovrà valutare con la D.L. il tipo di piezometro: a tubo aperto, di Casagrande, elettrico. Le letture potranno essere di tipo manuale e/o automatico. Lettura di zero, seguita da minimo altre due, effettuate due mesi prima dell'inizio dei lavori, al fine d'individuare il livello di base della falda. La quota della falda deve essere misurata tutti i giorni per tutta la durata del cantiere.

Resta sottointeso che ogni Progetto di Monitoraggio dovrà essere verificato ed approvato dalla D.L..

I sistemi di lettura potranno essere di tipo manuale e/o automatico. La distribuzione dei dati dovrà avvenire in formato digitale, all'occorrenza anche in formato cartaceo. Tutti i preposti alla realizzazione dell'Opera (Impresa, Progettista, D.L., Committente, ecc...) dovranno avere la possibilità di accedere alla idonea e dedicata piattaforma di dati da qualsiasi postazione informatica con password dedicata e tutela delle informazioni.

Stazioni fondamentali

La stazione fondamentale dovrà permettere di valutare, analizzare e controllare il comportamento del terreno nell'intorno del cavo, durante tutte le fasi di lavoro, prima, durante e dopo il passaggio del fronte di scavo sulla stessa stazione di misura, fino al completamente della galleria e durante il suo esercizio.



Essa dovrà essere mantenuta operativa anche in fase di esercizio collegando opportunamente la centralina di lettura della strumentazione con l'esterno o in una nicchia adiacente.

La messa in opera degli strumenti all'interno del cavo verrà eseguita immediatamente dopo il passaggio del fronte di scavo con lettura immediata di zero».

Le letture proseguiranno con cadenze che saranno definite in relazione alle modalità operative ed alle verifiche da effettuare, nonché ai dati che si intende raccogliere.

La stazione sarà composta, di norma e quando la copertura lo consenta ($h < 60-70$ m), nel seguente modo:

all'esterno del cavo:

come per la stazione per gli imbocchi

all'interno del cavo:

- n. 6 mire ottiche removibili;
- n. 3 estensimetri multibase (se del tipo cementato in foro, la lettura di "zero" dovrà essere eseguita non prima di 10 giorni dalla cementazione);
- n. 2 celle di carico idrauliche installate al di sotto del piede delle centine;
- n. 5 celle di pressione radiali;
- n. 6 barrette estensimetriche;
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo in avanzamento (eventuale), di lunghezza almeno pari a 60 m

Quando la copertura (h) supera i limiti precedentemente riportati, la stazione sarà realizzata solo all'interno del cavo.

Stazioni principali

La stazione sarà di norma così composta:

- n. 6 mire ottiche removibili;
- n. 2 celle di carico idrauliche -installate al di sotto lei piede delle centine;
- n. 5 celle di pressione radiali;
- n. 6 barrette estensimetriche.

Stazioni secondarie

La stazione sarà di norma così composta:

- n. 6 mire ottiche removibili

Stazioni al fronte di scavo



La stazione dovrà essere, di norma, così composta:

- n. 9 mire ottiche removibili, posizionate quando si verifica un fermo cantiere di almeno 24-36 ore; la lettura di "zero" dovrà essere effettuata immediatamente, in modo che le successive letture siano condotte con frequenza di 1 lettura almeno ogni 2 ore; le mire ottiche andranno riposizionate sul fronte di scavo ad ogni fermo cantiere;
- n. 1 estensimetro per le misure di estrusione del fronte di scavo, di lunghezza ~~30~~ 36 m, con punti di misura ogni metro, inserito in posizione orizzontale al centro del fronte, immediatamente dopo l'eventuale intervento di stabilizzazione, in direzione parallela all'asse della galleria.

10.2.1 INTERPRETAZIONE E VERIFICA IN CORSO D'OPERA

In corso d'opera dovrà essere sistematicamente analizzata e documentata, sulla base dei rilievi tenso-deformativi, della valutazione della situazione geologica e geotecnica (geomeccanica), nonché in funzione delle lavorazioni condotte secondo le fasi e le cadenze stabilite in progetto, la corrispondenza con le ipotesi progettuali (c.d. Metodo Osservazionale, NTC2008).

L'elaborazione dei dati e la loro interpretazione dovrà condurre ad una verifica delle condizioni previste in progetto e ad una taratura degli interventi attribuiti alle singole sezioni di scavo.

A tal fine i monitoraggi dovranno consentire di:

- determinare l'appartenenza o meno di una particolare condizione del terreno ad una categoria di comportamento del fronte di scavo;
- verificare che i livelli di deformazione, di luce libera di scavo, di gradiente di deformazione e di stabilità del fronte siano corrispondenti a quelli definiti in progetto per le classi stesse;
- decidere, in tempi cantieristicamente accettabili, gli eventuali provvedimenti operativi da assumere in seguito alle misurazioni.

Gli obiettivi, la frequenza del posizionamento delle sezioni, la frequenza delle letture e la durata di installazione e lettura delle singole stazioni sono indicate nella Tabella 11-1 Tabella 10-1, alla quale si farà riferimento in via orientativa.

Il rilievo geologico-geomeccanico del fronte di scavo non è discriminante per la determinazione delle classi di scavo o per la scelta degli interventi in galleria ma ha esclusiva funzione documentaria qualitativa.

Per quanto riguarda i valori di deformazione attribuiti alle singole classi di scavo ed in relazione ai sistemi di misura adottati, si precisa che per le misure topografiche con mire ottiche removibili e le misure di convergenza vale quanto segue:

- le deformazioni attese si riferiscono ad una qualsiasi delle basi di misura;



- il gradiente di deformazione si riferisce alla velocità di deformazione di una qualsiasi delle basi di misura;
- le mire ottiche utilizzate per il controllo delle convergenze del cavo devono essere posizionate a distanza non superiore a 100 cm dal fronte di scavo;
- la lettura di "zero" dovrà essere immediata;
- - la frequenza delle letture sarà funzione delle fasi lavorative e delle tecniche adottate e comunque sarà di norma così definita: 0 - 4h - 8h - 16h - 24h - 36h - 48h - 72h;
- - i chiodi di convergenza dovranno essere lunghi almeno 1 m e resi solidali con il terreno al contorno;
- - le stazioni devono essere lette sino alla completa stabilizzazione dei valori.

Tabella 10-1: Caratteristiche delle Stazioni

stazione	Posizione	Letture	Durata
Imbocchi	Per ogni imbocco	Giornaliera	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali urbane	Ogni 100 m o meno	Giornaliera o inferiore	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali extraurbane	Ogni 250 m o meno	Giornaliera o inferiore	Per tutta la durata del cantiere
Fondamentali	Ogni 1000 m o meno	Giornaliera (se significativa) o superiore	Fino al collaudo (Strumentazione esterna)
Principali	500 m o meno	Giornaliera o inferiore	Oltre il passaggio del fronte (≥ 5 diametri) o fino al getto del rivestimento definitivo
Secondarie	Ogni 50 m o meno	Ogni fase lavorativa o inferiore	Oltre il passaggio del fronte (3 diametri) o fino al getto del rivestimento definitivo
Monitoraggio al fronte	Ogni campo di lavoro	Ogni 10 m	Fino al getto del rivestimento definitivo
Rilievo del fronte di scavo (in terreni sciolti e lapidei)	Ogni 10 m	Ogni 10 m	-----

10.3 MONITORAGGIO IN FASE DI ESERCIZIO

Le stazioni di misura da utilizzare in fase di esercizio, installate sia all'esterno che all'interno della galleria, sono volte a determinare:

- le deformazioni nel terreno intorno al cavo;
- le sollecitazioni nel rivestimento definitivo;



- le pressioni neutre nel terreno.

Le stazioni di misura dovranno essere articolate come segue:

- Stazioni per gli imbocchi e per gallerie superficiali urbane ed extraurbane;
- Stazioni fondamentali;
- Stazioni principali;
- Stazioni per gallerie rivestite in conci prefabbricati.

Stazioni per gli imbocchi e per gallerie superficiali, urbane ed extraurbane

La stazione dovrà essere, di norma, così composta:

- n. 5 celle di pressione radiali;
- n. 12 estensimetri da calcestruzzo (strain gauges), da installare in direzione circonferenziale; le misure saranno effettuate per mezzo di apposita centralina a registrazione automatica dei dati; gli estensimetri dovranno inoltre essere dotati di idonea apparecchiatura per il contemporaneo rilievo della temperatura. (Per la strumentazione all'esterno del cavo è valido quanto riportato nella corrispondente sezione del monitoraggio in corso d'opera).

Stazioni fondamentali

La stazione dovrà essere di norma composta da n. 4 martinetti piatti, incluso un taglio longitudinale in chiave.

Per la strumentazione all'esterno ed all'interno del cavo, dove le coperture lo consentano (h=60-70 m) si veda quanto riportato già nella corrispondente sezione del monitoraggio in corso d'opera.

Analogamente nel caso di coperture maggiori.

Stazioni principali

La stazione dovrà essere, di norma, attrezzata con n. 12 estensimetri da calcestruzzo.

Interpretazione e verifica in esercizio

L'interpretazione delle misure effettuate sui rivestimenti definitivi, in base al complesso delle prove eseguite, dovrà permettere di definire il campo tenso-deformativo esistente nella struttura stessa ed il più verosimile sistema di carichi esterni che lo determinano.



A tale scopo l'interpretazione si dovrà articolare come segue:

- determinazione dei legami funzionali tra i risultati di prova e lo stato tenso-deformativo nella struttura;
- determinazione dei legami funzionali tra situazione tenso-deformativa e carichi esterni, ipotizzando per il rivestimento un comportamento di tipo elastico lineare;
- analisi numerica dei risultati delle misure al fine di determinare la configurazione dei carichi esterni agenti sul rivestimento e il campo tenso-deformativo ad essa associato;
- valutazione delle condizioni di sicurezza della galleria.

Le procedure per le letture, la frequenza delle stazioni e le fasi operative per la migliore interpretazione dei dati, i cui livelli minimi sono comunque previsti nella Tabella 10-2.

Dovranno inoltre essere preventivamente definite le ulteriori verifiche necessarie e gli interventi successivi da eseguire nel caso dette sollecitazioni risultino incompatibili con i limiti indicati come sollecitazione ammissibile.

Tabella 10-2: Caratteristiche delle Stazioni

Stazione	Posizione	Letture (*)	Durata (*)
Imbocchi	Per ogni imbocco	Giornaliera	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali urbane	100 m o meno	Giornaliera o inferiore	Fino al collaudo
Gallerie superficiali extraurbane	250 m o meno	Giornaliera o inferiore	Fino al collaudo
Fondamentali	1000 m o meno	Giornaliera (se significativa)	Fino al collaudo
Principali	500 m o meno	Giornaliera	Fino al collaudo
Monitoraggio conci prefabbricati	100 m o meno	Giornaliera o inferiore	

(*) Letture da effettuare, dopo il collaudo, con frequenza semestrale o inferiore, per la vita dell'opera

10.4 MONITORAGGIO PER SCAVO MECCANIZZATO

La strumentazione da predisporre per il monitoraggio delle gallerie, durante le fasi di consolidamento e scavo, deve consentire la misura delle seguenti grandezze:

- stato tensionale e di deformazione delle strutture sotterranee in costruzione, seguendone l'evoluzione temporale in rapporto alle lavorazioni in galleria ed alla distanza della sezione monitorata dalla posizione del fronte di scavo;
- cedimenti a piano campagna, in funzione delle perdite di volume durante le fasi di scavo;



- controllo dei parametri operativi della macchina, con particolare riferimento alle quantità di materiale asportato dalla camera di scavo in relazione all'avanzamento;
- in caso di presenza di fabbricati interferenti con il campo di spostamenti indotto dal passaggio della TBM, andrà prevista l'installazione di appositi strumenti di misura sugli stessi (staffe livellometriche, capisaldi e/o mire, clinometri, eventuali fessurimetri, accelerometri, ecc...).

La strumentazione che si ritiene di disporre al fine di raccogliere tutte le informazioni necessarie sono: stazioni di convergenza, installate sull'anello appena montato all'interno dello scudo; barrette estensimetriche per la misura delle deformazioni/tensioni radiali, previste nel getto dei conci e fissate all'armatura; trasduttori di pressione che rilevano la pressione del betoncino sull'estradosso, posti con distribuzione regolare lungo la circonferenza. In superficie, capisaldi topografici per la misura dei cedimenti, piezometri per la registrazione dei livelli di falda ed estenso-inclinometri per rilevare gli spostamenti relativi di una serie di basi di misura.

L'impresa provvederà alla redazione, 2 mesi prima dell'arrivo del primo componente della fresa in cantiere, di un dettagliato elaborato con indicazione della posizione della strumentazione per il monitoraggio e la descrizione di ogni singola stazione di misura.

11 PROVE E CONTROLLI

11.1 DISPOSIZIONI GENERALI

La seguente specifica si applica ai vari tipi di lavorazione connessa con la costruzione di gallerie.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione della difficoltà e importanza dell'opera.

L'impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione dei materiali incontrati negli scavi.

11.2 SCAVI A CIELO APERTO



Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la D.L., in contraddittorio con l'Impresa, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

a) Prove di laboratorio

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

Terre:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale di acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

Rocce:

- resistenza a compressione monoassiale;

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue :

- ogni 500 mc di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni qualvolta richiesto dalla D.L..

b) Prove in sito

Terre :

si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Rocce :

si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni, nonché l'individuazione della orientazione e delle caratteristiche delle discontinuità presenti.



Per tali rilievi, si ritengono valide le indicazioni riportate nella sezione "sondaggi e prove in sito" del presente Capitolato. Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame. Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere supportate da apposito verbale e mediante l'ausilio di un opportuno rilievo lito-stratigrafico.

11.3 SCAVI A FORO CIECO

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la D.L., in contraddittorio con l'Impresa, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

Terre:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale di acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

Rocce:

- resistenza a compressione monoassiale;

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

In sito nel caso di terreni si dovrà procedere al rilievo dell'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Nel caso di ammassi rocciosi si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico del fronte, al fine di identificare la litologia presente e le reali situazioni incontrate mediante l'impiego di opportune classificazioni tecniche, là dove applicabili.

Per tali rilievi, si ritengono valide le indicazioni riportate nella sezione "sondaggi e prove in sito" del presente Capitolato.

Nel caso di ammassi a comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di un terreno, le suddette metodologie dovranno essere integrate.



Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere supportate da apposito verbale e mediante l'ausilio di un opportuno rilievo stratigrafico.

La frequenza delle prove e dei rilievi dovrà essere indicata in sede di apposito piano di monitoraggio in galleria.

Le prove dovranno comunque essere effettuate:

- all'inizio dei lavori da ciascun imbocco;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni campo di scavo;
- ogni qualvolta richiesto dalla D.L..

11.4 CENTINE METALLICHE, RETI DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTRISALDATE E SCALETTE DI RINFORZO

Ogni lotto di materiale impiegato dovrà essere accompagnato dai relativi certificati attestanti la conformità alla **normativa vigente**.

I materiali sprovvisti dei suddetti certificati non potranno essere posti in opera.

In corso d'opera si dovrà verificare il corretto posizionamento dell'armatura e la sua corrispondenza con i disegni di progetto, nonché la corretta esecuzione delle giunzioni.

La D.L. potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati.

Tali prove saranno a cura dell'Impresa.

11.5 ANCORAGGI

Per quanto concerne le prove e controlli sugli ancoraggi si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

11.6 CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO

Per quanto concerne le prove e controlli sui conglomerati spruzzati si faccia riferimento al Capitolato "Calcestruzzi e acciai per cemento armato"



Il conglomerato cementizio, dovrà comunque presentare una $R_{ck} \geq 30$ Mpa dopo 28 giorni, con una resistenza media a compressione monoassiale, dopo 48 ore dalla posa in opera, determinata su quattro campioni, che dovrà risultare non inferiore ai 13 Mpa.

11.7 CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO FIBRORINFORZATO

In corso d'opera si procederà al controllo della quantità di fibra immessa mediante prelievo alla bocca della betoniera di tre campioni di conglomerato di volume predeterminato da cui estrarre le fibre riportandone il peso effettivo a quello teorico.

Si dovrà verificare che le fibre soddisfino alle prescrizioni riportate nel punto 6.3.2 del presente Capitolato e che per ogni lotto di fibre, questo sia dotato dei corrispondenti certificati richiesti per il materiale costituente le fibre.

In caso contrario il materiale non potrà essere posto in opera.

Il contenuto di fibre nella miscela dovrà essere determinato dalla media dei valori ricavati sui tre campioni, mediante separazione per lavaggio.

Nel caso si verifichi uno scostamento medio rispetto al quantitativo teorico in meno, non superiore al 10%, verrà applicata una penale; qualora lo scostamento fosse superiore al 10% il conglomerato sarà considerato non rinforzato.

Si dovrà verificare che lo strato superficiale del conglomerato cementizio spruzzato, per uno spessore di 3 cm, dovrà essere steso senza impiego di fibre d'acciaio, nel caso di presenza di manto di impermeabilizzazione, allo scopo di evitare possibili danni alla guaina stessa.

Le caratteristiche del conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato, dovranno essere verificate attraverso le seguenti prove:

- - resistenza a compressione monoassiale;
- - prova di assorbimento di energia.

11.8 CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Il conglomerato cementizio gettato in opera dovrà soddisfare le prescrizioni ed i controlli previsti dalla normativa vigente per le opere di conglomerato cementizio e quanto riportate al punto 7.1 del presente Capitolato e nello specifico Capitolato "calcestruzzi e acciai per CA".

Saranno predisposti a cura e spese dell'impresa controlli preventivi dello spessore del rivestimento, mediante PCQ, corredati di rilievi topografici del profilo d'estradosso del rivestimento definitivo, il passo delle sezioni di controllo sarà indicato dalla D.L..



La D.L. potrà richiedere l'esecuzione di eventuali prove aggiuntive per verificare le caratteristiche del calcestruzzo posto in opera, tali prove sono a cura dell'Impresa.

11.9 CONCI PREFABBRICATI PER SCAVO MECCANIZZATO

In fase di pre-qualifica andranno effettuate (per ogni tipologia di concio prevista in progetto) a cura e onere dell'Impresa e su indicazione della Direzione Lavori le seguenti prove:

- prova a flessione sul singolo concio;
- prova simulante le spinte della TBM sul concio (giunto circonferenziale);
- prova sul giunto longitudinale;
- prova di infissione/estrazione di connettori eseguita sui conci o su opportuni blocchi di calcestruzzo;
- prova di taglio di connettori eseguita sui conci o su opportuni blocchi di calcestruzzo;
- prova di estrazione di bulloni eseguita sui conci o su opportuni blocchi di calcestruzzo;
- prova di tenuta idraulica della guarnizione;
- prova carico deformazione della guarnizione;
- prova al fuoco del concio sottoposto a carichi statici.

La prova al fuoco del concio, sottoposto a carichi statici, dovrà verificare dal vero le assunzioni progettuali relative alla riduzione di sezione a seguito di eventuali fenomeni di spalling.

11.9.1 PROVE DI QUALIFICA E NORME DI RIFERIMENTO

Nella tabella sottostante si riportano le prove di qualifica relative al calcestruzzo per i conci prefabbricati con le norme di riferimento, già elencate nei paragrafi precedenti.

Tabella 11-1: Prove di qualifica sul calcestruzzo per conci prefabbricati.

Tipi di prova	Norma di riferimento
Prove su Calcestruzzo fresco	
Consistenza 1/5 e 4/5	UNI EN 12350-2
Massa volumica cls fresco	UNI EN 12350-6
Contenuto d'aria	UNI EN 12350-7
Acqua essudata	UNI 7122
Composizione del cls fresco	UNI 6393
Prove su Calcestruzzo indurito	
Compressione 1,3,7,14 e 28 gg.	UNI EN 12390-3
Massa volumica	UNI 6394-2



Resistenza a trazione Indiretta	UNI EN 12390-6
Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione	UNI EN 12390-8

Tabella 11-2: Prove di qualifica aggregati e componenti per conci prefabbricati

Tipi di prova	Norma di riferimento
Prove su Aggregati	
Analisi granulometrica	UNI EN 933-1
Passante a 0,063mm	UNI EN 933-1
Descrizione petrografica	UNI EN 932-3
Indice di appiattimento e di forma	UNI EN 933-3 e 933-4
Resistenza all'usura e alla frammentazione	UNI EN 1097-2
Contenuto di argilla	UNI EN 1744-1
Sostanze organiche	UNI EN 1744-1
Degradabilità	UNI EN 1367-1 e 2
Contenuto in solfati e cloruri solubili in acqua	UNI EN 1744-1
Reattività agli alcali	UNI 8520-22
Equivalente in sabbia e valore di blu	UNI EN 933-8 e 933-9
Determinazione della massa volumica SSA e dell'assorbimento degli aggregati	UNI EN 1097-6
Prove sui componenti	
Acqua	UNI EN 1008
Cemento	UNI EN 197
Additivi	UNI EN 934-2

11.9.2 TOLLERANZE DIMENSIONALI

Le tolleranze dimensionali dei conci prefabbricati che devono essere rispettate dall'Impresa sono le seguenti:

- Raggio concio ± 1.0 mm
- Spessore concio ± 1.0 mm
- Planarità fasce di contatto ± 0.2 mm
- Profondità cava ± 0.3 mm – 0.0 mm
- Larghezza concio ± 0.5 mm
- Deviazione superficie interna ± 1.0 mm
- Sviluppo concio ± 0.5 mm
- Angoli $\pm 0.3^\circ$



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.18 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Gallerie

- Posizione dei fori Biblock ± 0.5 mm
- Posizione altri inserti ± 1.0 mm

Sistematici controlli dovranno essere condotti per le misure principali, con strumentazione avente precisione di 0.1 mm. Analoghi controlli dovranno essere effettuati sulle casseforme, provvedendo ad eventuali correzioni.

Anche con riferimento ai conci la Direzione Lavori, preposta alla verifica, nel caso in cui ravvisi delle difformità nei materiali utilizzati, dovrà redigere delle schede di controllo qualità sia dei manufatti che delle opere previste e, ove ne ricorrano i presupposti, un modulo di "Non Conformità". Di seguito sono riportati due esempi di schede di controllo che devono essere redatte da parte della Direzione Lavori/Alta Sorveglianza.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.18 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Gallerie



		SCHEDA DI CONTROLLO MANUFATTI				
		COD. APPALTO	WBS:	MACRO ATTIVITA'	OPERA	PARTE D'OPERA
		Produzione di conci prefabbricati di rivestimento Galleria xxxxxx				
Concio (A-B-C...)	Matricola (NNNNN)	Difetto (v. legenda)	Indicazione del/dei punto/i non conformi		Riparazione (eventuale)	
A	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		
B	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		
C	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		
D	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		
E	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		
F	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		
G	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		
H	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		
I	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		
L	<input type="text"/> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</div> <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 2px; margin-left: 10px;">NC</div>				Data _____	Esito _____
			DL _____	Impresa _____		

Legenda difetti :
 1 - Sbeccatura senza evidenza di ferri d'armatura
 2 - Sbeccatura con evidenza di ferri d'armatura
 3 - Fessurazioni superficiali
 4 - Fessurazioni profonde
 5 - Difetti sede alloggiamento guarnizione
 6 - Difetti di grandi dimensioni

Note:



Coordinamento Territoriale/Direzione
 CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
 Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
 IT.PRL.05.18 - Rev.1.0
 Opere d'arte maggiori Gallerie

SCHEDA DI CONTROLLO				
OPERAZIONI PRELIMINARI E GETTO				
	COD. APPALTO	WBS:	MACRO ATTIVITA'	OPERA
PARTE D'OPERA				
Produzione di conci prefabbricati di rivestimento Galleria xxxxxxxx				

CONTROLLI PRELIMINARI AL GETTO			
Controllo da eseguire	Conformità		Indicare il/i concio/i non conforme/i
<input type="checkbox"/> rispetto tolleranze dimensionali casseri (v. scheda xxxxxx)	C	NC	
<input type="checkbox"/> armatura longitudinale sup. e inf.: diametri, passo, distanziatori	C	NC	
<input type="checkbox"/> armatura di ripartizione: diametri, passo, distanziatori	C	NC	
<input type="checkbox"/> armatura di pelle (rete elettrosaldata), diametro, distanziatori	C	NC	
<input type="checkbox"/> presenza e posizionamento inserti, boccole, cuffie (con spirali)	C	NC	
<input type="checkbox"/> pulizia cassero e presenza disarmante	C	NC	

Indicare eventuali misurazioni a campione eseguite su diametri, interferri, copriferr:

Posiz. e batteria concio	Misura eseguita	Valore di riferimento
Posiz. e batteria concio	Misura eseguita	Valore di riferimento
Posiz. e batteria concio	Misura eseguita	Valore di riferimento
Posiz. e batteria concio	Misura eseguita	Valore di riferimento

Rck (MPa) : **50**

Cod. mix **R50xxxxxx-**

CONTROLLO OPERAZIONI DI GETTO											
Tipo concio (I-M)	Posiz. (A-B-C...)	Batteria (1-2-3-4)	Matric. (NNNNN)	DDT cls	Data getto (gg/mm/aa)	Ora iniz. getto (hh:mm)	Ora fine getto (hh:mm)	Verbale prelievo	Slump (cm)	n. provini	Ora scassero (hh:mm)
I	G										
I	C										
I	I										
I	D										
I	B										
I	H										
I	L										
I	F										
I	E										
I	A										

TEMPERATURA CLS:

Note:	<input type="checkbox"/> T1 (diam. 8-10-12-16-18-22) <input type="checkbox"/> T1A (diam. 8-10-12-16) <input type="checkbox"/> T1B (diam. 8-10-12-16) <input checked="" type="checkbox"/> T1C (diam. 8-10-12-16) <input type="checkbox"/> T2A (diam. 8-10-12-16)	DDT Acciaio per il presente anello: _____
Armatura:		

Compilare preferibilmente una scheda per anello. Indicare eventuali fermi o problemi riscontrati in fase di getto.

ESITO DEI CONTROLLI IN FASE DI ESECUZIONE		
<input type="checkbox"/> CONFORME	<input type="checkbox"/> NON CONFORME	<input type="checkbox"/> ACCETTATO CON RISERVA

DATA: _____

DIREZIONE LAVORI _____

IMPRESA _____



11.10 DRENAGGI

Si dovrà verificare che i materiali impiegati siano dotati dei certificati richiesti dal presente Capitolato, e che questi soddisfino le prescrizioni richieste.

Nel caso in cui i materiali non soddisfacessero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti.

Nel caso in cui questi siano già stati posti in opera, dovranno essere rimossi e sostituiti con altri idonei.

In corso d'opera si dovrà verificare il corretto posizionamento plano-altimetrico dei tubi costituenti le canalette di raccolta, con frequenza giornaliera, o ogni lotto di lavoro se di durata inferiore.

Si dovrà verificare che le dimensioni del diametro delle perforazioni dei tubi drenanti, sia quella prevista in progetto, così come la lunghezza della perforazione.

Si dovrà verificare che il foro sia perfettamente pulito, prima della posa in opera del tubo drenante.

Tali controlli dovranno essere effettuati ogni 50 tubi posti in opera.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i suddetti materiali, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

Tali controlli sono a cura dell'Impresa.

11.11 IMPERMEABILIZZAZIONE

Per quanto riguarda i materiali questi dovranno soddisfare i requisiti che sono riportati al punto 8.1 del presente Capitolato, per ogni lotto di fornitura.

Nel caso che i materiali non soddisfacessero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti.

Nel caso in cui questi siano già stati posti in opera, dovranno essere rimossi e sostituiti con altri idonei.

Il tutto a cura e spese dell'Impresa.

Per quanto riguarda i geotessili, si dovranno effettuare i controlli riportati nella Capitolato "Movimenti di Terra".

Si dovrà inoltre verificare che questi siano posti in opera correttamente secondo le prescrizioni riportate nel punto 8.1 del presente Capitolato.

Si dovrà verificare che le venute d'acqua più consistenti siano opportunamente convogliate.



Si dovrà verificare che le parti metalliche sporgenti, siano opportunamente ricoperte con betonci-proiettato.

Si dovrà inoltre verificare che le guaine in PVC siano poste in opera correttamente e con le volute sovrapposizioni secondo le prescrizioni riportate nel punto 8.1 del presente Capitolato.

I giunti di saldatura, realizzati mediante termosaldatura, dovranno essere verificati in ragione di almeno una prova ogni 10 giunti, o frazione di 10 e ciascuna prova dovrà essere verbalizzata.

Nel caso in cui la prova dia esito negativo, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, al rifacimento delle saldature difettose, eventualmente anche con sostituzione delle guaine compromesse.

Tuttavia, la D.L. potrà sottoporre a prove tutti i giunti, senza che per questo l'Impresa stessa possa reclamare alcun compenso.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i suddetti materiali, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

11.12 PRECONSOLIDAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

Per quanto riguarda il materiale questi dovranno soddisfare i requisiti che sono riportati nel punto 5.1 del presente Capitolato, che dovranno essere documentati da idonea certificazione del produttore per ogni lotto di materiale posto in opera.

Qualora i materiali non soddisfacessero i predetti requisiti, questi dovranno essere allontanati dal cantiere e sostituiti con altri aventi i predetti requisiti.

Il tutto a cura e spese dell'Impresa.

L'esecuzione di ogni trattamento di preconsolidamento con elementi di rinforzo in vetroresina, sarà documentato mediante compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la D.L., di una apposita scheda contenente le seguenti registrazioni:

- identificazione di ciascun tubo, con riferimento alla sezione tipo di progetto;
- data di esecuzione delle perforazioni e delle relative iniezioni;
- lunghezza di ciascun tubo;
- assorbimento di miscela nell'iniezione di ciascun tubo;
- eventuale additivo impiegato.

Durante il rilevamento si dovrà verificare che la posa in opera del trattamento sia tale da soddisfare le tolleranze prescritte da questo Capitolato, e la richiesta sovrapposizione prevista in progetto.



Nel corso delle operazioni di iniezione, si dovranno prelevare campioni della miscela di iniezione, almeno ogni 50 tubi posti in opera, e comunque con frequenza giornaliera, per eseguire le prove definite nello studio preliminare di qualificazione della stessa miscela. Per consentire l'effettuazione delle prove previste in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Impresa dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati, in cantiere e/o all'impianto di confezionamento.

Sulle armature poste in opera, dovranno essere effettuate delle prove di strappo, per verificare la validità delle prescrizioni progettuali e della bontà della posa in opera.

Tali prove, dovranno essere effettuate in numero minimo di una prova ogni 300 chiodi posti in opera, e comunque ogni 50 m di avanzamento dello scavo.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i materiali costituenti l'elemento di rinforzo, il tutto a cura dell'Impresa.

11.13 INIEZIONI

In sede di prequalifica, le miscele confezionate in cantiere dovranno essere sottoposte alle seguenti prove, ricavando 10 provini da tre impasti di prova consecutivi:

- composizione e rapporto acqua/cemento;
- peso specifico;
- viscosità Marsh;
- viscosità apparente (Rheometer);
- pressofiltrazione;
- tempo di presa;
- decantazione;
- dati per la identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di laboratorio (resistenza a compressione monoassiale, permeabilità).

I materiali dovranno soddisfare le indicazioni previste dal presente Capitolato, nonché essere compatibili con la situazione ambientale.

L'esecuzione dei trattamenti sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa, in contraddittorio con la D.L., di una apposita scheda sulla quale si registreranno i seguenti dati:

- progressiva del trattamento misurata dall'imbocco della galleria;
- individuazione di ciascun punto di iniezione;



- per ogni punto di iniezione:
 - data di inizio e termine della perforazione, nonché le sue modalità;
 - profondità di perforazione, lunghezza e lunghezza del tubo di iniezione e sue caratteristiche;
 - numero delle valvole di iniezione;
 - per ogni valvola di iniezione, i seguenti parametri di iniezione assegnati in sede progettuale:
 - volume massimo V_{max} (litri);
 - portata (litri/min);
 - eventuale pressione massima p_{max} .
- In relazione ai diversi tipi di comportamento del terreno:
 - pressione iniziale di rottura della valvola p_0 (bar);
 - pressione al termine dell'iniezione p_{fim} , p_{creack} , p_{rif} (bar);
 - assorbimento di miscela V_{in} (litri);
 - tempo di iniezione (t);
 - portata (litri/min) dell'eventuale iniezione di II^a fase;
 - pressione iniziale e finale dell'eventuale iniezione di II^a fase;
- tipi e quantità degli additivi acceleranti ed antiritiro impiegati;
- caratteristiche della miscela utilizzata:
 - composizione;
 - peso specifico;
 - viscosità Marsh;
 - decantazione;
 - dati per la identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di laboratorio (resistenza a compressione monoassiale).

Per ogni lotto di materiale impiegato (tubi a valvola e guaine), si dovranno verificare i certificati corrispondenti alle specifiche richieste al punto 5.5 del presente Capitolato.

In caso contrario il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere sostituito con materiale idoneo.



La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo i materiali impiegati, il tutto a cura dell'Impresa.

Si dovrà verificare che la posizione planimetrica delle perforazioni soddisfi le tolleranze richieste, nonché la avvenuta pulizia del foro da detriti.

In sede esecutiva, i controlli, a cura e spese dell'Impresa, eseguiti in contraddittorio con la Direzione Lavori e con la frequenza di seguito indicata, dovranno essere finalizzati a verificare le congruenze dei risultati conseguiti con le tolleranze ammesse e le soglie minime di resistenza.

Lo spessore dello strato di terreno consolidato, la sua resistenza a compressione e l'R.Q.D., dovranno essere accertati mediante carotaggi a rotazione continua con batteria di aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6S con corone diamantate di diametro nominale ≥ 100 mm, con la frequenza di almeno tre carotaggi per ogni 10 m di galleria preconsolidata.

I carotaggi dovranno essere eseguiti dopo l'applicazione del rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, posizionandoli nei Punti scelti dalla Direzione Lavori con andamento radiale rispetto all'asse della galleria e dovranno essere spinti per l'intero spessore dello strato di terreno consolidato fino a penetrare nel terreno naturale.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici.

In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza ≥ 100 mm:

$$R.Q.D. = \frac{\text{somma della lunghezza degli spezzoni} \geq 100}{\text{lunghezza perforata}} * 100$$

Da ogni carota verranno selezionati alcuni spezzoni da sottoporre a prove di resistenza a compressione semplice con rilievo della curva sforzi-deformazioni nei diversi tempi di maturazione, ed in particolare per i tempi di maturazione corrispondenti a quelli dell'effettivo utilizzo del lavoro, che dovranno comunque soddisfare le indicazioni riportate nel punto 5.5.

La resistenza a compressione monoassiale, verrà determinata come la media dei risultati ottenuti su quattro provini.

In alternativa alla realizzazione di perforazioni a carotaggio per il recupero del materiale ai fini delle determinazioni di cui sopra potranno essere utilizzati metodi basati su controlli indiretti mediante prove Cross-Hole o carotaggi sonici da effettuarsi prima e dopo il trattamento colonnare al fine di verificare il raggiungimento delle caratteristiche di progetto.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che si proceda ad ulteriori prove di controllo, il tutto a cura e spese dell'Impresa.



11.14 INFILAGGI

I materiali costituenti il singolo infilaggio dovranno essere certificati dal produttore, in modo da soddisfare le indicazioni riportate nel Punto 5.3 del presente Capitolato.

Nel caso in cui non siano dotati delle suddette certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda la miscela di iniezione si ritengono valide le indicazioni riportate nel punto 11.5 del presente Capitolato, valido per gli ancoraggi.

L'esecuzione di ogni singolo infilaggio sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- identificazione dell'infilaggio;
- data di inizio perforazione e termine iniezione, nonché sue modalità;
- profondità della perforazione, con inizio e fine tratto armato;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione e sue caratteristiche.

Si dovrà verificare che ogni singolo elemento posto in opera soddisfi le tolleranze richieste.

La D.L. potrà in ogni caso ordinare che vengano sottoposti ad ulteriori prove di controllo, per accertarne le loro caratteristiche e la validità della posa in opera.

11.15 JET – GROUTING

Per quanto concerne le prove e controlli sui trattamenti colonnari si faccia riferimento al Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

11.16 PRECONTENIMENTO MEDIANTE VOLTA CONTINUA IN ELEMENTI TRONCO-CONICI (PRETAGLIO)

I controlli sulla volta continua in elementi troncoconici, in conglomerato cementizio eventualmente fibrorinforzato, dovranno essere eseguiti a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della D.L..

Si dovrà verificare la congruenza dei risultati conseguiti in sede operativa, per quanto riguarda la geometria del trattamento, la continuità strutturale dello stesso nonché le soglie minime di resistenza dei materiali impiegati.

Le caratteristiche del conglomerato cementizio impiegato, saranno accertate, così come descritto nei punti 6.3, 5.6, 11.6 e 11.7 del presente Capitolato.



Parallelamente a queste indagini, si dovranno eseguire dei carotaggi delle volte realizzate con una frequenza, di almeno 5 carote ogni 50 m di galleria realizzata, per determinare le caratteristiche e gli spessori del conglomerato posto in opera.

12 NORME PER LA MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI

12.1 GENERALITÀ

La direzione dei lavori potrà procedere in qualunque momento all'accertamento ed alla misurazione delle opere compiute: l'Impresa metterà a disposizione tutto il personale, i materiali e le attrezzature necessarie per le operazioni di tracciamento e misura dei lavori, né potrà senza autorizzazione scritta della Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza distruggere o rimuovere capisaldi o eliminare le tracce delle operazioni effettuate, anche se terminate.

Ove l'Impresa non si prestasse a eseguire in contraddittorio tali operazioni, gli sarà assegnato un termine perentorio, scaduto il quale, i maggiori oneri che si dovranno per conseguenza sostenere gli verranno addebitati; in tal caso, inoltre, l'Impresa non potrà avanzare alcuna richiesta per eventuali ritardi nella contabilizzazione o nell'emissione dei certificati di pagamento.

Resta stabilito, che sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Impresa ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da tradurre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza per il necessario preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Impresa, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Si precisa che:

- i lavori compensati a "misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevato dalla Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza in contraddittorio con l'Impresa durante l'esecuzione dei lavori.



- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera, a discrezione della Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza attraverso le misure geometriche, a peso, a numero, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto d'Appalto, le determinazioni sopra riportate saranno messe in relazione con le aliquote riportate nella tabella di percentualizzazione delle opere a corpo, al fine di determinare l'aliquota di avanzamento.

Per la predisposizione degli Stati d'Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, oltre le prescritte trattenute di Legge e le relative risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Impresa, la Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza provvederà, con le modalità stabilite, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

12.2 SCAVI

Nel compenso dello scavo in galleria, da eseguirsi in base al tipo di sezione stabilito, tratto per tratto nei disegni esecutivi, sono compresi eventuali maggiori volumi dovuti ad irregolarità delle pareti di scavo, ovvero a cavità di qualunque specie, esistenti o formatesi durante la esecuzione dei lavori. In ogni caso la misurazione e la contabilizzazione dei volumi di scavo, sarà effettuata determinando le relative quantità teoriche desumibili dalle sezioni tipo di progetto, non saranno in nessun caso riconosciuti sovra scavi o fuori sagoma che dovessero eccedere il volume teorico della sezione tipo.

Lo sgombrò di materiale eventualmente franato verrà compensato a parte solo eccezionalmente, nel caso di franamenti o cedimenti non imputabili a deficienza di armature, e comunque non dovuti a negligenza od inesperienza dell'Impresa. Il prezzo dello scavo in galleria comprende, oltre agli oneri relativi agli scavi in genere, anche quelli inerenti allo specifico tipo di lavoro; tra questi, a titolo esemplificativo, si intendono compresi gli oneri per armature provvisorie di qualsiasi tipo recuperate o perse, per i provvedimenti conseguenti a venute di gas, per gli aggotamenti necessari, per la raccolta dietro le murature di rivestimento della calotta e dei piedritti delle acque di infiltrazione e di sorgenti incontrate nell'escavazione delle gallerie ed il loro convogliamento in apposite cunette, per eventuali trovanti rinvenuti in terreni sciolti, intendendo tale dizione generica comprensiva di tutto quanto necessario per rendere possibile la regolare esecuzione degli scavi in galleria anche in presenza di forti portate di acqua di filtrazione o provenienti dallo svuotamento di sacche. Con il prezzo dello scavo sono altresì compensati gli oneri connessi alla necessità di dover cambiare, durante la costruzione della galleria, i vari sistemi di scavo e l'impiego di specifiche



attrezzature in rapporto al mutare delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati e del loro comportamento in relazione alla decompressione dell'ammasso, nonché l'onere relativo alla esecuzione dello scavo ed alla presenza dell'arco rovescio, (compensato con altro prezzo), entro tre diametri, ovvero entro 1,5 diametri dal fronte di scavo.

Le centine metalliche, i relativi distanziatori e la rete di acciaio a maglie elettrosaldate saranno compensate con i relativi articoli di Elenco Prezzi ed il loro peso sarà determinato con le norme di cui all'articolo di riferimento. Overo determinando analiticamente il peso dei vari elementi prendendo a riferimento il peso specifico dell'acciaio pari a 7850 kg/mc, nel caso in cui il peso registrato nei verbali di pesatura eccedesse il peso teorico determinato analiticamente, sarà riconosciuta esclusivamente una maggiorazione per tolleranze di trafila, fino ad un massimo del 3% . I tiranti in roccia realizzati con barre d'acciaio o con aste in fibra sintetica in conformità alle prescrizioni del progetto ed agli ordini impartiti dalla D.L. saranno compensati con i relativi articoli di Elenco Prezzi. Come pure saranno compensate a parte con i relativi prezzi di elenco tutte le categorie di lavoro da adottare per conseguire il precontenimento del cavo ed il preconsolidamento del fronte di scavo

Si precisa che, nel caso di rescissione del contratto di appalto, tutte le armature in opera degli scavi rimarranno di proprietà dell' ANAS. e non potranno in alcun modo essere asportate.

L'Impresa non potrà pretendere per tali armature alcun compenso, oltre il pagamento dei materiali in base ai prezzi di Elenco a piè d'opera.

L'eventuale prezzo dello scavo in cunicolo con fresa integrale a testa rotante comprende e compensa l'onere della esecuzione, in avanzamento di 30-40 m rispetto alla testa della fresa, di un foro esplorativo del diametro non inferiore a cm 10.

Detto prezzo comprende infine tutti gli oneri e soggezioni derivanti da presenza o venuta d'acqua per una portata fino a 5 litri/sec. per le tratte in salita e 4 litri/sec. per quelle in discesa.

Per portate superiori, e per tratte in cui queste effettivamente si verificano, qualora l'onere corrispondente determinato sia superiore al 5% del compenso fissato per lo scavo della galleria verrà riconosciuto, a favore dell'Impresa, un equo compenso, nelle forme e nei modi stabiliti dal Codice Civile.

12.3 CALCESTRUZZO SPRUZZATO

La misurazione e contabilizzazione dei volumi di calcestruzzo spruzzato sia al contorno che sul fronte di scavo, sarà effettuata secondo gli spessori teorici indicati negli elaborati di progetto, o ordinati di volta in volta dalla Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza.

Nei prezzi di Elenco relativi, si intendono compresi e compensati gli eventuali maggiori oneri derivanti dal riempimento di irregolarità delle pareti di scavo oltre lo spessore teorico, intendendosi



che tale riempimento andrà eseguito con lo stesso materiale e la stessa modalità prevista per il rivestimento di calcestruzzo spruzzato. Si specifica che, in ogni caso, non saranno tollerate riduzioni di spessore, dovute a irregolarità delle pareti di scavo, di oltre un terzo dello spessore teorico, e solamente in corrispondenza di singole punte di parete maggiormente sporgente.

Nel solo caso di caverne o cavità causate da cedimenti o franamenti non imputabili a deficienza di armatura o, in generale, a negligenza dell'Impresa, sarà eseguito a tergo o al disotto dello spessore ordinato di calcestruzzo spruzzato, un riempimento con calcestruzzo normale che verrà compensato a parte.

Si intendono compresi e compensati con il prezzo d'Elenco tutti gli oneri e sfridi di qualsiasi entità conseguenti al sistema di lavoro.

Si precisa che i prezzi di elenco, relativi alle varie categorie di lavoro in galleria, vanno applicati qualunque sia la lunghezza della galleria e qualunque sia la distanza del fronte di scavo dall'imbocco o dagli imbocchi della galleria stessa.

12.4 CONGLOMERATO CEMENTIZIO GETTATO IN OPERA

Per quanto concerne la contabilizzazione del conglomerato gettato in opera si faccia riferimento al Capitolato "calcestruzzi e acciai per CA".

12.5 IMPERMEABILIZZAZIONE

L'impermeabilizzazione in sotterraneo con guaine in PVC verrà compensata per i tratti e le superfici ordinate dalla Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza, col corrispondente prezzo di Elenco.

La superficie da contabilizzare sarà ottenuta moltiplicando la lunghezza del tratto rivestito per lo sviluppo del rivestimento stesso, lungo la superficie di separazione fra il priverivestimento di calcestruzzo spruzzato e il rivestimento definitivo; il computo sarà effettuato secondo le dimensioni teoriche stabilite dal progetto esecutivo.

Tutti gli oneri connessi alla strumentazione e controllo tenso-deformativo nelle varie fasi realizzative della galleria, sono a totale carico dell'impresa esecutrice sulla base delle previsioni del progetto esecutivo, e delle determinazioni della D.L. sia in fase preventiva che in corso d'opera.

12.6 TIRANTI CHIODI E BULLONI

La misurazione corrisponderà alla lunghezza dell'ancoraggio introdotto, a partire dal filo esterno della piastra di ancoraggio.



12.7 DRENAGGI

Le profondità che daranno luogo alla applicazione dei prezzi, si misurerà dalla quota inferiore del foro fino alla quota di testa dreno.

12.8 INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Al fine di determinare gli assorbimenti di malta iniettata, i dispositivi di stoccaggio e iniezione dovranno essere dotati di apposito contalitri. Tali dispositivi dovranno essere dotati di specifico certificato di taratura in corso di validità.

La lettura delle misurazioni avverrà a cura dell'impresa con verifica da parte della Direzione dei Lavori e/o Alta Sorveglianza.

Le misure dovranno avvenire all'inizio e alla fine di ogni turno di lavoro e dovranno essere riportate su specifica scheda con riportato il nominativo e la firma dell'addetto che ha rilevato il dato.

In base ai risultati di tali letture, fermo restando il positivo esito delle verifiche sulla qualità del prodotto sopra indicate, in sede di contabilità verranno accreditate le relative quantità di miscele con le relative voci di elenco prezzi.

In ogni caso le stesse quantità dovranno essere comprovate dai documenti di trasporto delle singole partite di materiale pervenute in cantiere (cemento, malta espansiva, additivo).

In caso di eventuali incoerenze tra le quantità risultanti dai diversi controlli, verranno accreditate le quantità minori.

In nessun modo potranno essere accreditate quantità in assenza dei sopraindicati dati.

12.9 TRATTAMENTI COLONNARI

La misurazione corrisponderà all'effettiva lunghezza della colonna di terreno consolidata, in accordo con quanto stabilito nel Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"

12.10 INIEZIONI

La misurazione che darà luogo al compenso per gli interventi di iniezione o di impregnazione prenderà a riferimento i quintali di cemento normale iniettato e misurato a secco, in accordo con quanto stabilito nel Capitolato "Opere d'arte minori - Opere di consolidamenti, reti e Protezione"



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.18 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Gallerie

12.11 PERFORAZIONI

La misurazione corrisponderà alla effettiva lunghezza delle perforazioni effettuate

13 NON CONFORMITÀ E SANZIONI

14 COLLAUDO

15 MANUTENZIONE



16 APPENDICE

16.1 1 – PRESCRIZIONI PER LO SCAVO IN TERRENI GRISUTOSI

La classificazione della Galleria, ai fini del rischio di manifestazioni di grisù, attribuita in sede di progetto, deve essere verificata durante l'esecuzione dei lavori in funzione degli esiti del monitoraggio gas, dal Tecnico Specialista, coadiuvato dal Responsabile di Monitoraggio Gas.

Il Tecnico Specialista, laureato in ingegneria o in scienze geologiche, deve possedere esperienza documentata nella valutazione delle possibilità che gli ammassi liberino grisù nell'atmosfera della galleria in corso di realizzazione.

Entrambi sono preferibilmente nominati dalla Società Appaltante e non appartengono all'impresa appaltatrice dei lavori.

Al Responsabile di Monitoraggio Gas, è imputato:

- l'organizzazione e la direzione delle rilevazioni di Gas;
- la conduzione dei sistemi di monitoraggio;
- l'analisi e l'elaborazione dei dati inerenti lo stato fisico dell'aria e la composizione dell'atmosfera in galleria;
- la progettazione ed il controllo dei circuiti di ventilazione;
- la cooperazione con la direzione di cantiere per i casi in cui le emissioni di gas comportino la sospensione delle lavorazioni e/o l'evacuazione del cantiere.

16.1.1 SCAVO A FORO CIECO IN AMBIENTI GRISUTOSI

La galleria deve essere distinta in tratti. Ogni tratto deve poter essere considerato una sorgente di gas omogenea in termini di: portate di flusso, pressione del gas sull'ammasso, modalità di manifestazione delle emissioni, caratteristiche meccaniche e geostrutturali. Ogni tratto viene classificato mediante l'attribuzione di una delle seguenti classi di rischio:

Classe 0

Riferita a gallerie/tratti per le quali tutti gli elementi oggettivi e documentati di valutazione portano ad escludere che la realizzazione dell'opera possa indurre flussi di grisù dagli ammassi attraversati dall'opera oppure da quelli lontani ma connessi idraulicamente alla galleria.

Classe 1a



Riferita a gallerie/tratti per le quali tutti gli elementi portano a prevedere come remota la possibilità di flussi di grisù, in base all'assenza di indizi derivanti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi), alle informazioni ottenute nello scavo della porzione d'opera già realizzata, alle considerazioni geologiche e strutturali.

Classe 1b

Riferita a gallerie/tratti per le quali l'analisi geologica strutturale porta a prevedere flussi di grisù, ma non ci sono elementi di riscontro desunti dalle indagini preliminari (studi e ricerche, analisi della storicità, sondaggi) effettuate in fase di progetto e dalla porzione d'opera già realizzata. In definitiva le manifestazioni gassose sono possibili ma con portate prevedibilmente modeste o con modalità che si ritiene non portino a condizioni di rischio.

Classe 1c

Riferita a gallerie/tratti per le quali le indagini bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e degli interventi industriali per la produzione di idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere, ecc.) e le indagini sperimentali di superficie e profonde (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.) fanno presumere che i lavori di scavo possano indurre flussi di grisù discontinui e poco frequenti e quindi tali da far ritenere l'emissione eccezionale. Situazioni del genere sono tipiche di serbatoi di idrocarburi isolati e di dimensioni limitate in collegamento idraulico con l'opera. Tali serbatoi hanno forma e dimensioni molto varie e distribuzione spaziale casuale ed imprevedibile e possono far affluire gas in galleria con portate molto varie non escluse quelle a carattere massivo.

Classe 2

Riferita a gallerie/tratti per le quali le indagini bibliografiche, storiche (storicità delle manifestazioni spontanee e degli interventi industriali per la produzione di idrocarburi, dei fenomeni registrati nell'esecuzione di altre opere) e le indagini sperimentali di superficie e profonde (sondaggi, pozzi, cunicoli, indagini geofisiche, ecc.), fanno ritenere che, a causa della realizzazione degli scavi, siano probabili afflussi significativi di grisù in galleria in corrispondenza di strutture geologiche, tecnicamente note come potenziali trappole di idrocarburi (anticlinali, fasce di intensa fratturazione in corrispondenza delle zone di accavallamento tettonico, ecc.). Attraversando le trappole, o comunque a causa del collegamento idraulico con esse realizzato a seguito dello scavo, sono da attendersi flussi di grisù continui oppure discontinui ma con frequenza tale da non farli ritenere un evento eccezionale.



16.1.2 LAVORAZIONI DI MONITORAGGIO GAS E VENTILAZIONE IN CONDIZIONI DI SCAVO A FO-RO CIECO IN AMBIENTI GRISUTOSI

Le lavorazioni di Monitoraggio Gas e Ventilazione, per ciascuna classe di rischio di manifestazioni di gas, si devono eseguire secondo le seguenti modalità:

Classe 0

Assenti.

Classe 1a

Il Responsabile del Monitoraggio deve:

- scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di grisù in aria. La registrazione deve essere quanto meno locale. L'impianto deve essere associato ad un sistema ottico – acustico locale correlato alle concentrazioni limite di gas;
- eseguire il monitoraggio manuale con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (*apparecchiature idonee a operare in gallerie grisutuose, dotate di sistema di protezione molto elevata*);
- redigere un verbale per ogni turno di lavoro, recante per ogni misura e/o per ogni prelievo d'acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas;
- analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza;
- stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera.

Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas

Il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito dal Responsabile del Monitoraggio e dagli Addetti al Monitoraggio, i quali devono garantire la presenza in cantiere per ogni turno di lavoro. Gli Addetti al Monitoraggio sono preferibilmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio, ma possono anche fare parte del personale dell'impresa appaltatrice, non dedicato esclusivamente al monitoraggio. In quest'ultimo caso: essi sono funzionalmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio; durante le azioni connesse al monitoraggio gas, sono svincolati dalle attività di produzione; devono essere preventivamente accettati dal Responsabile del Monitoraggio, che per iscritto attesta le capacità tecniche in relazione alle mansioni da svolgere.



Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria

- Il controllo dell'atmosfera in prossimità del fronte di avanzamento è eseguito per mezzo di un impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori di gas di tipo locale, costituito da una stazione di misura con almeno 2 rilevatori. Tali rilevatori devono essere ubicati a debita distanza ortogonale dal tubo di ventilazione, in modo da essere esterni alle traiettorie dirette e indirette delle correnti di aria fresca proveniente dall'esterno.
- Il monitoraggio manuale deve essere eseguito con frequenza non inferiore a quella indicata dal Tecnico Specialista. Quest'ultimo si pronuncia elaborando i dati provenienti dall'avanzamento dello scavo (*ad esempio la frequenza dei controlli deve essere aumentata in prossimità di strutture tettoniche e, più in generale, in prossimità di discontinuità importanti, in corrispondenza di un aumento del grado di fratturazione del massiccio e di zone instabili e/o franose*).
- Il controllo deve essere integrato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto.

Ventilazione

Si deve:

- poter regolare in modo automatico il flusso d'aria in funzione delle misure di portata e prevalenza, le quali devono essere eseguite selezionando la frequenza con registrazione dei dati di misura;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, al fine di erogare una portata d'aria tale da consentire la realizzazione dei lavori di scavo in sicurezza per gli operatori di galleria;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, cosicché l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva capace di fronteggiare le irruzioni di gas;
- eseguire le misure di prevalenza e di portata nella sezione iniziale del condotto di ventilazione;
- eseguire la sola misura di portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione;
- eseguire misure manuali in sezioni di riflusso significative.

Qualora si riscontrino condizioni di ventilazione carente, per problematiche connesse al rischio grisù, o per l'arresto dei ventilatori, è obbligo del Responsabile del Monitoraggio prescrivere specifiche procedure di sicurezza suppletive idonee a ristabilire le condizioni di sicurezza.



Classe 1b

Il Responsabile del Monitoraggio deve:

- scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di grisù in aria. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel paragrafo *"Stati di allarme e abbandono in gallerie grisutuose"*. L'impianto di registrazione deve essere collocato in una sala di controllo posta all'esterno della galleria;
- eseguire il monitoraggio manuale integrativo con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (*apparecchiature idonee a operare in gallerie grisutuose, dotate di sistema di protezione molto elevata*). Altresì, devono essere eseguiti prelievi di acqua per la misura del grisù disciolto;
- per ogni turno di lavoro, redigere un verbale recante, per ogni misura e/o per ogni prelievo d'acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas;
- analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza;
- stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel paragrafo *"Ispezione e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera"*.

Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas

Il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito dal Responsabile del Monitoraggio e dagli Addetti al Monitoraggio, i quali devono garantire la presenza in cantiere per ogni turno di lavoro. Gli Addetti al Monitoraggio sono preferibilmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio, ma possono anche fare parte del personale dell'impresa appaltatrice, non dedicato esclusivamente al monitoraggio. In quest'ultimo caso: essi sono funzionalmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio; durante le azioni connesse al monitoraggio gas, sono svincolati dalle attività di produzione; devono essere preventivamente accettati dal Responsabile del Monitoraggio, che per iscritto attesta le capacità tecniche in relazione alle mansioni da svolgere.

Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria

- Il controllo dell'atmosfera in prossimità del fronte di avanzamento è eseguito per mezzo di un impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori di gas di



tipo locale, costituito da una stazione di misura con almeno 3 rilevatori. Due di questi devono essere posti sui paramenti destro e sinistro ed il terzo in calotta; tutti devono essere ubicati a debita distanza ortogonale dal tubo di ventilazione, ed in modo da essere esterni alle traiettorie dirette e indirette delle correnti di aria fresca proveniente dall'esterno.

- Il monitoraggio manuale deve essere eseguito con frequenza non inferiore a quella indicata dal Tecnico Specialista, il quale si pronuncia elaborando i dati provenienti dall'avanzamento dello scavo (*ad esempio la frequenza dei controlli deve essere aumentata in prossimità di strutture tettoniche e, più in generale, in prossimità di discontinuità importanti, in corrispondenza di un aumento del grado di fratturazione del massiccio e di zone instabili e/o franose*).
- Il controllo deve essere completato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto.

Ventilazione

Si deve:

- poter regolare in modo automatico il flusso d'aria in funzione delle misure di portata e prevalenza, le quali devono essere eseguite selezionando la frequenza con registrazione dei dati di misura;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, al fine di erogare una portata d'aria tale da consentire la realizzazione dei lavori di scavo in sicurezza per gli operatori di galleria;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, cosicché l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva capace di fronteggiare le irruzioni di gas;
- eseguire le misure di prevalenza e di portata nella sezione iniziale del condotto di ventilazione;
- eseguire la sola misura di portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione;
- eseguire misure manuali in sezioni di riflusso significative.

Qualora si riscontrino condizioni di ventilazione carente, per problematiche connesse al rischio grisù, o per l'arresto dei ventilatori, è obbligo del Responsabile del Monitoraggio prescrivere specifiche procedure di sicurezza suppletive idonee a ristabilire le condizioni di sicurezza.

Classe 1c

Il Responsabile del Monitoraggio deve:



- scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di metano in aria. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel paragrafo "*Stati di allarme e abbandono in gallerie grisutuose*". L'impianto di registrazione deve essere collocato in una sala di controllo posta all'esterno della galleria;
- integrare il monitoraggio automatico con misure e controlli sistematici eseguiti con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (*apparecchiature idonee a operare in gallerie grisutuose, dotate di sistema di protezione molto elevata*) e con prelievi di acqua per la misura del grisù disciolto;
- redigere, per ogni turno di lavoro, un verbale recante, per ogni misura o per ogni prelievo di acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas;
- eseguire misure di tenore di gas a boccaforo ed all'interno dei sondaggi esplorativi realizzati sul fronte di scavo per la preventiva ricerca del gas;
- analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza;
- stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel paragrafo "*Ispezione e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera*".

Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas

Il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito dal Responsabile del Monitoraggio e dagli Addetti al Monitoraggio, i quali devono garantire la presenza in cantiere per ogni turno di lavoro. Gli Addetti al Monitoraggio sono preferibilmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio, ma possono anche fare parte del personale dell'impresa appaltatrice, non dedicato esclusivamente al monitoraggio. In quest'ultimo caso: essi sono funzionalmente dipendenti dal Responsabile del Monitoraggio; durante le azioni connesse al monitoraggio gas, sono svincolati dalle attività di produzione; devono essere preventivamente accettati dal Responsabile del Monitoraggio, che per iscritto attesta le capacità tecniche in relazione alle mansioni da svolgere.

Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria

- Il controllo dell'atmosfera in galleria è eseguito per mezzo di un impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori di gas di tipo locale, costituito da una stazione di misura con almeno 5 rilevatori. Tre di questi costituiscono la stazione di misura prossima al fronte, per la cui ubicazione si veda il caso della classe 1b, mentre i restanti



due devono essere installati in calotta, ad una distanza di 200 m tra loro e dalla stazione di misura prossima al fronte;

- Il monitoraggio manuale, sia in ambiente sia all'interno di fori di prospezione in avanzamento, deve essere eseguito con frequenza non inferiore a quella indicata dal Tecnico Specialista, il quale si pronuncia elaborando i dati provenienti dall'avanzamento dello scavo (*ad esempio la frequenza dei controlli deve essere aumentata in prossimità di strutture tettoniche e, più in generale, in prossimità di discontinuità importanti, in corrispondenza di un aumento del grado di fratturazione del massiccio e di zone instabili e/o franose*). Altresì, il Tecnico specialista determina le caratteristiche dei fori (numero, lunghezza, orientazione spaziale, lunghezza della sovrapposizione tra 2 campi successivi di perforazione) sulla base delle sue valutazioni, debitamente documentate, dei rischi che l'ammasso presenta;
- nel caso i terreni siano tali da richiedere interventi di consolidamento del fronte mediante infilaggi o altre perforazioni, successivamente alla fase di prospezione, è d'obbligo il controllo manuale dell'atmosfera in prossimità dei boccafori durante tutta la successiva fase di perforazione.
- Il controllo deve essere completato con prelievi di acqua per la ricerca del gas disciolto.

Ventilazione

Si deve:

- poter regolare in modo automatico il flusso d'aria in funzione delle misure di portata e prevalenza, le quali devono essere eseguite selezionando la frequenza con registrazione dei dati di misura;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, al fine di erogare una portata d'aria tale da consentire la realizzazione dei lavori di scavo in sicurezza per gli operatori di galleria;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, cosicché l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva capace di fronteggiare le irruzioni di gas;
- eseguire le misure di prevalenza e di portata nella sezione iniziale del condotto di ventilazione;
- eseguire la sola misura di portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione;
- eseguire misure manuali in sezioni di riflusso significative.



Qualora si riscontrino condizioni di ventilazione insufficiente per fronteggiare il rischio grisù, o per l'arresto dei ventilatori, è obbligo del Responsabile del Monitoraggio prescrivere specifiche procedure suppletive, idonee a ristabilire le condizioni di sicurezza.

Classe 2

Il Responsabile del Monitoraggio deve:

- scegliere la dislocazione dei sensori dell'impianto di monitoraggio automatico con registrazione continua delle concentrazioni di metano in aria. L'impianto deve governare i sistemi di allarme associati alle concentrazioni limite di gas definite nel paragrafo "*Stati di allarme e abbandono in gallerie grisutuose*". L'impianto di registrazione deve essere collocato in una sala di controllo posta all'esterno della galleria;
- integrare il monitoraggio automatico con misure e controlli sistematici eseguiti con strumentazione portatile idonea a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù (*apparecchiature idonee a operare in gallerie grisutuose, dotate di sistema di protezione molto elevata*) e con prelievi di acqua per la misura del grisù disciolto;
- redigere, per ogni turno di lavoro, un verbale recante, per ogni misura o per ogni prelievo di acqua: l'ora, il luogo della misura e/o del prelievo, le modalità ed i valori di tenore in gas;
- eseguire misure di tenore di gas a boccaforo ed all'interno dei sondaggi esplorativi realizzati sul fronte di scavo per la preventiva ricerca del gas;
- analizzare i valori del monitoraggio automatico e manuale. Tale analisi deve essere comunicata al Tecnico Specialista che, se lo ritiene opportuno, rielabora il modello di flusso del gas e fornisce al cantiere nuove soluzioni tecniche di sicurezza;
- stabilire un programma di verifica e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera secondo quanto indicato nel paragrafo "*Ispezione e manutenzione dei sistemi di controllo dell'esplosività dell'atmosfera*".

Organizzazione del servizio di Monitoraggio gas

Il servizio di Monitoraggio gas deve essere costituito da un Responsabile del Monitoraggio e da Addetti al Monitoraggio. Stante le concentrazioni di gas, il gruppo di Addetti deve essere costituito da personale non appartenente all'impresa appaltatrice e funzionalmente dipendente dal Responsabile del Monitoraggio. Il numero di addetti deve essere sufficiente alla copertura di tutti i turni di lavoro.

Controllo delle concentrazioni di grisù nell'atmosfera della galleria



- il controllo dell'atmosfera in galleria è eseguito per mezzo di un impianto di monitoraggio automatico, con registrazione continua dei tenori di gas di tipo locale, costituito da una stazione di misura con almeno 6 rilevatori. Tre di questi costituiscono la stazione di misura prossima al fronte, per la cui ubicazione si veda il caso della classe 1b, mentre i restanti due devono essere installati in calotta, ad una distanza di 200 m tra loro e dalla stazione di misura prossima al fronte; il sesto da ubicare a giudizio del Responsabile del Monitoraggio Gas;
- il Responsabile del Monitoraggio Gas a seguito di uno studio specifico, i cui risultati devono essere formalizzati con relazione tecnica, prescrive l'installazione (dettagliando l'ubicazione) di ulteriori rilevatori tra il fronte e l'imbocco per rilevare il movimento del "tappo" di gas;
- ulteriori sensori sono d'obbligo all'imbocco della galleria e negli incroci con gli innesti;
- il monitoraggio manuale integrativo di quello automatico, eseguito in continuo, indaga zone non coperte dai sensori fissi e zone di possibile accumulo;

Ventilazione

Si deve:

- poter regolare in modo automatico il flusso d'aria in funzione delle misure di portata e prevalenza, le quali devono essere eseguite selezionando la frequenza con registrazione dei dati di misura;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, al fine di erogare una portata d'aria tale da consentire la realizzazione dei lavori di scavo in sicurezza per gli operatori coinvolti;
- calcolare la potenza complessiva delle macchine impegnate, cosicché l'impianto sia in grado di erogare una portata suppletiva capace di fronteggiare le irruzioni di gas;
- eseguire le misure di prevalenza e di portata nella sezione iniziale del condotto di ventilazione;
- eseguire la sola misura di portata nella sezione terminale del tubo di ventilazione;
- eseguire misure manuali in sezioni di riflusso significative.

Qualora si riscontrino condizioni di ventilazione insufficiente per fronteggiare il rischio grisù, o per l'arresto dei ventilatori, è obbligo del Responsabile del Monitoraggio prescrivere specifiche procedure suppletive, idonee a ristabilire le condizioni di sicurezza.

16.1.3 SCAVO MECCANIZZATO IN AMBIENTI GRISUTUOSI



Sistema di rimozione del materiale di scavo

Il sistema di allontanamento, del materiale di scavo dalla camera di lavoro, dovrà essere avvolto, incluse le estremità, all'interno di un idoneo tubo, al fine di contenere eventuali fuoriuscite di gas eventualmente presente nel materiale di scavo. Il tubo deve essere strumentato con sensori di misura del gas e munito di un sistema di ventilazione dimensionato (e monitorato) in modo tale da mantenere la concentrazione del gas entro i limiti di sicurezza prefissati.

Sistema di tenuta (tra scudo e conci)

La progettazione della guarnizione interposta tra i conci dovrà considerare la possibile presenza di gas nelle formazioni attraversate dalla galleria. In particolare, dovranno essere considerati con attenzione i seguenti aspetti:

- garanzia di completa chiusura dell'interfaccia concio/coda;
- facile manutenzione anche in considerazione della specifica criticità legata al gas;
- monitoraggio continuo e lungo tutta la circonferenza per l'individuazione di eventuali infiltrazioni di gas.

Sistema per le iniezioni di riempimento

La progettazione dell'impianto di iniezione per il riempimento del volume tra i conci e il profilo di scavo, incluse le relative Procedure di Manutenzione, dovrà includere misure di sicurezza contro la possibile presenza di gas nei siti attraversati dalla galleria.

Sistema di prospezione geognostica e consolidamento in avanzamento

La progettazione dell'attrezzatura di perforazione in avanzamento della TBM, per consentire sia prospezioni geognostiche sia consolidamenti, nonché le relative Procedure di Esecuzione dei Fori, dovranno tenere in conto anche la possibile presenza di gas nei contesti geologici attraversati dal tracciato in galleria.

Sistema di prospezione geognostica per individuazione sacche di Gas

La TBM dovrà essere dotata di attrezzature di perforazione che consentano, in qualsiasi posizione del tracciato, la realizzazione di fori per prospezioni in avanzamento per l'individuazione di eventuali sacche di gas in pressione nell'ammasso roccioso. Pertanto, il mantello nella semicirconferenza superiore in prossimità della testa, dovrà prevedere un numero opportuno di fori di uscita (non meno di 18 posizioni) ed eventualmente anche sulla testa stessa (almeno 6 posizioni). Tali



fori dovranno essere attrezzati per permettere perforazioni di almeno 30 - 35 m di lunghezza senza provocare infiltrazioni nella macchina stessa (uso del preventer). Durante tali operazioni saranno predisposti speciali circuiti di ventilazione, per la diluizione delle eventuali infiltrazioni.

L'Impresa appaltatrice redigerà uno specifico progetto per la realizzazione di questa attività di prospezione in avanzamento e le relative Procedure Operative di Esecuzione.

La TBM sarà dotata permanentemente di un'attrezzatura di perforazione in avanzamento montata su apposita struttura rotante per permettere la perforazione attraverso le aperture previste nello scudo. La progettazione di questa attrezzatura e le relative Procedure di Esecuzione dei Fori dovranno tenere in conto anche lo specifico problema della potenziale presenza di gas nelle formazioni attraversate dalla galleria.

Ulteriore predisposizione per l'individuazione di sacche di Gas e/o disomogeneità dell'ammasso potrà essere costituita dal sistema tipo BEAM o equivalente.

Sistema di guida e di registrazione dei dati

Nel sistema di acquisizione e registrazione dei dati, necessario per il controllo dell'attività di scavo devono essere inclusi i parametri lettura dei misuratori di presenza gas. La frequenza di acquisizione dovrà essere non inferiore ad una lettura ogni 10 secondi.

Il sistema di acquisizione dati dovrà rendere disponibile, in tempo reale, il pacchetto completo dei dati acquisiti alla D.L e all'A.S. per le necessarie azioni di sorveglianza. La D.L. installerà un proprio sistema di gestione dei dati TBM (hardware e software) che riceverà il pacchetto dai dati TBM direttamente dal sistema di acquisizione dati.

Sistemi di sicurezza

L'apparecchiatura per lo scavo sarà dotata di tutti i sistemi di protezione e sicurezza previsti dalle Normative vigenti. La TBM e le relative attrezzature dovranno essere marcate secondo la Normativa Europea in materia di sicurezza delle macchine e impianti. Con particolare riferimento alla potenziale presenza di gas nei contesti geologici attraversati dai tracciati di progetto in galleria, la TBM dovrà essere realizzata e condotta, garantendo al minimo i seguenti requisiti, pena la mancata autorizzazione all'esecuzione dello scavo:

- isolamento del nastro a bordo macchina;
- controllo riempimento camera di scavo;
- dimensionamento della ventilazione (a doppio sistema);
- monitoraggio continuo del gas;
- definizione dei livelli di allerta, allarme e emergenza e relative procedure;



- definizione delle zone lungo la TBM e relativa classificazione.

La TBM dovrà essere equipaggiata con un'Arca di Salvataggio dimensionata per la permanenza di almeno 20 persone per un tempo non inferiore alle 4 ore.

Procedure di Scavo

Tra le Procedure Operative di Scavo concernenti le diverse fasi di produzione, le fasi di manutenzione ordinaria e straordinaria, le attività di prospezione in avanzamento e i diversi scenari di emergenza da considerare in relazione alle criticità del progetto, è obbligo di includere anche le attività necessarie a garantire l'isolamento dal gas.

Requisiti della Galleria Finita

Tra i requisiti della galleria finita è da considerare imprescindibile l'impermeabilità per l'isolamento da potenziali venute di gas presente nei siti attraversati dalla galleria.

2 Stati di allarme e abbandono in gallerie grisutuose

Gallerie in Classe 1b - Gallerie in Classe 1c

Il sistema di allarme che segnala la presenza di gas, è acustico e luminoso ed è direttamente collegato ai rilevatori, che, in posizione fissa, controllano con continuità il tenore di gas nell'atmosfera della galleria. Il sistema deve poter entrare in funzione:

- automaticamente, quando uno qualsiasi dei rilevatori suddetti misura i valori limite delle concentrazioni di gas in atmosfera sotto indicati;
- manualmente, quando tali concentrazioni vengono rilevate con strumentazione portatile.

Il sistema di allarme deve essere articolato su due livelli di concentrazione in volume di gas:

- 0,15 % concentrazione di preallarme;
- 0,35 % concentrazione di abbandono della galleria.

Il raggiungimento di questi limiti deve dare inizio alle rispettive procedure di sicurezza:

1. Se i tenori di gas in atmosfera raggiungono la concentrazione di preallarme (0,15 % in volume) si devono mettere in atto le seguenti azioni:



- verificare immediatamente l'affidabilità della misura;
 - avvertire il Responsabile del Monitoraggio;
 - verificare le dimensioni del fenomeno;
 - dare attuazione alle specifiche procedure stabilite dal Responsabile del Monitoraggio.
2. Per le concentrazioni maggiori o uguali al valore 0,35 % si deve dare corso alle procedure per l'abbandono del sotterraneo.

E' obbligo del Responsabile del Monitoraggio definire le procedure da adottare al raggiungimento della concentrazione di abbandono. Tali procedure devono garantire la sicurezza del personale e l'inibizione di ogni potenziale sorgente di innesco.

Inoltre, l'attivazione del sistema di allarme deve essere portata a conoscenza di tutto il personale che si trova all'interno della galleria e deve essere segnalata all'esterno secondo le seguenti modalità:

- un semaforo ubicato all'imbocco della galleria sia illuminato con colori diversi, ognuno corrispondente ai tre limiti inferiori di concentrazione del gas misurati in galleria e pari a: 0 %, 0,15 % e 0,35 %;
- la corrispondenza tra il colore del semaforo e la relativa concentrazione del gas, sia chiaramente espressa con una tabella disposta in prossimità del semaforo;
- un allarme acustico annunci la condizione di abbandono della galleria (in occasione del raggiungimento della soglia dello 0,35 %);

i suddetti segnali acustico e ottico, limitatamente ai valori soglia dello 0 % e dello 0,35%, devono essere propagatati lungo lo sviluppo della galleria, tramite dei ripetitori ubicati, in posizione fissa, ad intervalli di 500 m.

Gallerie in Classe 2

Il sistema di allarme che segnala la presenza di gas, è acustico e luminoso ed è direttamente collegato ai rilevatori, che, in posizione fissa, controllano con continuità il tenore di gas nell'atmosfera della galleria. Il sistema deve poter entrare in funzione:

- automaticamente, quando uno qualsiasi dei rilevatori suddetti misura i valori limite delle concentrazioni di gas in atmosfera sotto indicati;



- manualmente, quando tali concentrazioni vengono rilevate con strumentazione portatile.

Il sistema di allarme deve essere articolato su tre livelli di concentrazione in volume di gas:

- 0,3 % concentrazione di attenzione;
- 0,7 % concentrazione di preallarme;
- 1,0 % concentrazione di abbandono della galleria.

Il raggiungimento di questi limiti deve dare inizio alle rispettive procedure di sicurezza.

Se i tenori di gas in atmosfera raggiungono la concentrazione di preallarme (0,7 % in volume) si devono mettere in atto le seguenti azioni:

- verificare immediatamente l'affidabilità della misura;
- avvertire il Responsabile del Monitoraggio;
- verificare le dimensioni del fenomeno;
- dare attuazione alle specifiche procedure stabilite dal Responsabile del Monitoraggio.

Se il tenore di gas raggiunge la concentrazione di abbandono della galleria (1,0 %) deve essere allontanato tutto il personale dal sotterraneo.

Le procedure da adottare al raggiungimento della concentrazione di abbandono devono essere definite dal Responsabile del Monitoraggio. Tali procedure devono garantire la sicurezza del personale e l'inibizione di ogni potenziale sorgente di innesco.

Inoltre, l'attivazione del sistema di allarme deve essere portata a conoscenza di tutto il personale che si trova all'interno della galleria e deve essere segnalata all'esterno secondo le seguenti modalità:

- un semaforo ubicato all'imbocco della galleria sia illuminato con colori diversi, ognuno corrispondente ai quattro limiti inferiori di concentrazione del gas misurati in galleria e pari a: 0 %, 0,3 %, 0,7% e 1,0 %;
- la corrispondenza tra il colore del semaforo e la relativa concentrazione del gas, sia chiaramente espressa con una tabella disposta in prossimità del semaforo;



- un allarme acustico annunci la condizione di abbandono della galleria (in occasione del raggiungimento della soglia dello 1,0 %);

i suddetti segnali acustico e ottico, limitatamente ai valori soglia dello 0%, dello 0,7% e dell'1,0%, devono essere propagatati lungo lo sviluppo della galleria, tramite dei ripetitori ubicati, in posizione fissa, ad intervalli di 500 m.

16.2 ISPEZIONE E MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI CONTROLLO DELL'ESPLOSIVITÀ DELL'ATMOSFERA

I sistemi di rilevazione di concentrazione del metano e di allarme devono essere sottoposti ad interventi di manutenzione per garantire nel tempo l'efficienza con periodicità dipendente dal tipo di intervento come di seguito specificato:

- ispezione (ovvero esame visivo ed eventuale esecuzione di prove): interventi quotidiani eseguiti dall'Addetto al Monitoraggio o da personale adeguatamente addestrato;
- controllo e manutenzione preventiva (ovvero periodico accertamento della completa e corretta funzionalità del sistema ed esecuzione dei necessari interventi): interventi settimanali a cura dell'Addetto al Monitoraggio. Tali interventi sono eseguiti sulla base delle istruzioni del costruttore, dei fattori che possono determinare il deterioramento del sistema (*umidità, polvere, vibrazioni, urti, ecc.*) e dei risultati dei controlli precedenti. Ogni intervento deve essere registrato su apposito foglio di lavoro a cura dell'Addetto al Monitoraggio e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio di lavoro deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, il componente del sistema di controllo interessato dall'intervento e il tipo di intervento eseguito;
- manutenzione per guasto (ovvero insieme di operazioni messe in atto a seguito del rilevamento di un guasto ed eseguite al fine di ripristinare la corretta funzionalità del sistema): interventi eseguiti quando necessario da personale tecnicamente specializzato con la supervisione dell'Addetto al Monitoraggio. Ogni intervento deve essere registrato su apposito foglio di lavoro a cura dell'Addetto al Monitoraggio e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio di lavoro deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, il componente del sistema di controllo interessato dall'intervento, il guasto rilevato e gli esiti dell'intervento.

In caso di necessità le azioni devono essere integrate da interventi della Società che ha fornito il sistema e ne ha curato l'installazione; anche in tal caso deve essere predisposta idonea documentazione che garantisca la tracciabilità degli interventi.



Taratura dei sensori

I sensori del sistema di rilevazione di concentrazione del metano devono essere sottoposti ad operazioni di taratura (calibrazione dei sensori) per garantire nel tempo l'efficienza. La periodicità di tali operazioni è trimestrale, salvo periodicità più frequenti stabilita dal costruttore o resasi necessaria in funzione dei risultati degli interventi precedenti. L'operazione di taratura deve essere curata dal Responsabile del Monitoraggio e deve essere registrata su apposito foglio di lavoro per garantirne la tracciabilità. In caso di necessità, la taratura deve essere integrata da interventi della Società che ha fornito il sistema e ne ha curato l'installazione; anche in tal caso deve essere predisposta idonea documentazione che garantisca la tracciabilità degli interventi.

Verifica della corrispondenza tra le concentrazioni rilevate e le azioni del sistema. Prove periodiche di messa fuori tensione dell'impianto elettrico

Il sistema di controllo dell'esplosività è sottoposto a verifica di efficienza controllando tutti i componenti, fra cui: sensori di rilevamento gas, linee di trasmissione dati, computer di acquisizione ed elaborazione dati, gruppo di segnalazione allarmi, circuito di comando dello sgancio dell'impianto elettrico.

Le prove di sgancio automatiche e manuali devono riguardare:

- gli impianti elettrici ordinari nei casi delle gallerie di classe 1a, 1b, 1c in cui è previsto lo sgancio degli impianti elettrici non idonei ad operare in presenza di grisù al superamento della concentrazione di abbandono della galleria;
- apparecchi per atmosfere potenzialmente esplosive che utilizzano il modo di protezione a sovrappressione interna;
- locali pressurizzati;
- gli impianti elettrici idonei a funzionare in atmosfera potenzialmente esplosiva costituita dalla miscela aria-grisù.

La periodicità delle prove deve essere la seguente:

- prove di sgancio periodiche, prove con periodicità trimestrale a cura del Responsabile degli impianti elettrici del cantiere in collaborazione con il Responsabile del Monitoraggio. La prova di sgancio deve essere registrata su apposito foglio di lavoro, firmato dal Responsabile degli impianti elettrici e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio deve contenere gli estremi utili per individuare la data, l'elemento del sistema di sgancio verificato e il tipo di prova eseguita.

In caso di esito negativo, la prova deve essere eseguita nuovamente subito dopo il ripristino della funzionalità del sistema, annotando l'evento sul foglio di lavoro.



Prove straordinarie di messa fuori tensione degli impianti elettrici

In occasione di modifiche significative degli impianti elettrici quali gli interventi sulla dorsale MT, le modifiche rilevanti della rete di distribuzione e le modifiche degli impianti di sicurezza (*sistema di rilevazione gas, sistema di comunicazione e allarme, ecc.*) deve essere eseguita una prova integrativa di verifica dello sgancio dell'impianto elettrico. La periodicità delle prove deve essere la seguente:

- prove di sgancio straordinarie, prove in occasione di modifiche significative apportate agli impianti elettrici eseguite a cura del Responsabile degli impianti elettrici del cantiere in collaborazione con il Responsabile del Monitoraggio. La prova deve essere registrata su apposito foglio di lavoro, firmato dal Responsabile degli impianti elettrici e vistato dal Responsabile del Monitoraggio. Il foglio deve contenere tutti gli estremi utili per individuare la data, l'elemento del sistema di sgancio verificato e il tipo di prova eseguita.

In caso di esito negativo, la prova deve essere eseguita nuovamente subito dopo il ripristino della funzionalità del sistema, annotando quanto accaduto sul foglio di lavoro.



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Struttura Territoriale/Direzione



CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto - Parte 2



IT.PRL.05.21 - Rev. 4.0

Pavimentazioni stradali

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzioni Servizi alla produzione - Tecnica - Operativa	
Verifica	Direzioni Tecnica – Operativa – Investimenti e Realizzazione – Servizi alla produzione	
Approvazione	Direzione Tecnica	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016
2.0	Seconda emissione	FEB. 2020
3.0	Revisione	LUG. 2021
4.0	Revisione	DIC. 2022

INDICE

1	MISTO GRANULARE STABILIZZATO GRANULOMETRICAMENTE PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE	16
1.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	16
1.2	STUDIO PRELIMINARE	17
1.3	MODALITÀ ESECUTIVE	17
1.4	PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA DINAMICA TIPO LWD	18
2	FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE	19
2.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	19
2.1.1	AGGREGATI LAPIDEI	19
2.1.2	LEGANTE	20
2.1.3	ACQUA	20
2.2	STUDIO DELLA MISCELA	20
2.3	MODALITÀ ESECUTIVE	21
3	FONDAZIONE CON MATERIALI STABILIZZATI A CEMENTO E/O CALCE E CEMENTO, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO	23
3.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	24
3.1.1	AGGREGATI LAPIDEI	24
3.1.2	LEGANTE	25
3.1.3	ACQUA	25
3.2	STUDIO DELLA MISCELA	25
3.3	MODALITÀ ESECUTIVE	27
4	FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN SITO	28
4.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	29
4.2	STUDIO DELLA MISCELA	30
4.3	MODALITÀ ESECUTIVE	31
5	FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN IMPIANTO	33
5.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	33
5.2	STUDIO DELLA MISCELA	34

5.3	MODALITÀ ESECUTIVE	35
6	FONDAZIONE STABILIZZATA CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA	36
6.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	37
6.1.1	AGGREGATI LAPIDEI	37
6.1.2	EMULSIONE BITUMINOSA	39
6.1.3	CEMENTO	40
6.1.4	ACQUA	40
6.2	STUDIO DELLA MISCELA	40
6.3	CONFEZIONE E POSA IN OPERA DELLE MISCELE	42
6.4	CONTROLLO SULLA QUALITÀ DELLA LAVORAZIONE	43
7	LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICATI	45
7.1	LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI	45
7.1.1	BITUMI DI BASE	45
7.1.2	BITUMI MODIFICATI	47
7.1.3	BITUME PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO MEDIANTE TECNICA DELLO SCHIUMATO	48
7.2	EMULSIONI BITUMINOSE	49
7.2.1	EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ATTACCO	49
7.2.2	EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ANCORAGGIO (C55B4)	51
7.2.3	EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) SOVRASTABILIZZATE (C60B10)	51
7.2.4	EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER MANO DI ATTACCO (C69BP3)	52
7.2.5	EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE E SOVRASTABILIZZATE PER STRATI DI BASE RICICLATE A FREDDO (C60BP10)	54
7.3	ADDITIVI RIGENERANTI/FLUIDIFICANTI	55
7.4	ATTIVANTI DI ADESIONE (DOPES, DP)	55
7.5	FIBRE PER IL RINFORZO STRUTTURALE DEL BITUME (FB)	56
7.6	TABELLA SINOTTICA DEI MATERIALI LEGANTI E LORO ADDITIVI	57

7.7	TABELLA SINOTTICA DELLE MANI D'ATTACCO/ANCORAGGIO	58
7.8	NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI	58
8	CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO	59
8.1	CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BASEBINDER, BINDER, USURA	59
8.1.1	DESCRIZIONE	59
8.1.2	BITUME	60
8.1.3	AGGREGATI	60
8.1.4	AGGREGATO GROSSO (PEZZATURE DA 4 A 31,5 mm)	60
8.1.4.1	STRATO DI BASE	60
8.1.4.2	STRATO DI BASEBINDER	60
8.1.4.3	STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	61
8.1.4.4	STRATO DI USURA	61
8.1.5	AGGREGATO FINO (PEZZATURE INFERIORI A 4 mm)	61
8.1.6	ADDITIVI	62
8.1.7	MISCELE	62
8.1.7.1	BASE CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	62
8.1.7.2	BASEBINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	63
8.1.7.3	BINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	63
8.1.7.4	USURA TIPO "A" E "B" CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	64
8.1.7.5	USURA A CON ARGILLA ESPANSA CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	64
8.1.7.6	CONGLOMERATI BITUMINOSI MIGLIORATI MEDIANTE L'ADDITIVAZIONE DI COMPOUND POLIMERICI	65
8.1.7.7	USURA TIPO "A" E "B" A BASSA LEVIGABILITÀ (ELEVATA ADERENZA)	69
8.1.7.8	USURA TIPO SMA (Splitt mastix asphalt)	69
8.1.8	REQUISITI DI ACCETTAZIONE	71
8.1.8.1	STRATO DI BASE E BASEBINDER	72
8.1.8.2	STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	72
8.1.8.3	STRATO DI USURA	73
8.1.8.4	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	74

8.1.8.5	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	75
8.1.8.6	POSA IN OPERA	76
8.1.8.7	CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO (FRESATO) – MODALITA' DI REIMPIEGO	78
8.2	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA DRENANTE E DRENANTE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA	79
8.2.1	AGGREGATI LAPIDEI	80
8.2.2	MISCELA	81
8.2.3	REQUISITI DI ACCETTAZIONE	82
8.2.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	83
8.2.5	POSA IN OPERA DELLE MISCELE	83
8.3	CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA COMPATTAZIONE DELLE MISCELE	84
8.4	REQUISITI DI LABORATORIO SOTTOPOSTI A DETRAZIONE	85
9	STRATO DI BASE RICICLATO A FREDDO	87
9.1	AGGREGATI LAPIDEI	88
9.2	LEGANTE E ADDITIVI	88
9.3	STUDIO DELLA MISCELA	89
9.4	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	90
9.5	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	91
9.6	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	91
10	TRATTAMENTI SUPERFICIALI	92
10.1	CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO PER RISAGOMATURE PER PAVIMENTAZIONI	92
10.1.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	92
10.1.2	POSA IN OPERA	92
10.1.3	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI (VOLUMETRICHE E MECCANICHE)	93
10.1.3.1	DATI VOLUMETRICI	93
10.1.3.2	DATI MECCANICI	94
10.2	TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI	94
10.2.1	IRRUVIDIMENTO PER MIGLIORARE L'ADERENZA	94

10.2.1.1	IRRUVIDIMENTO MEDIANTE PALLINATURA	95
10.2.2	IRRUVIDIMENTO PER VARIARE LA RUMOROSITÀ'	95
10.3	MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)	95
10.3.1	DESCRIZIONE	95
10.3.2	AGGREGATI LAPIDEI	96
10.3.3	ADDITIVI	96
10.3.4	MISCELE	96
10.3.5	MALTA BITUMINOSA	97
10.3.6	COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA	97
10.3.7	ACQUA	98
10.3.8	CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA	98
11	CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	100
11.1	PREMESSE	100
11.2	ADERENZA E TESSITURA	101
11.3	REGOLARITÀ	105
11.4	PORTANZA	106
11.5	VALUTAZIONE DEGLI SPESSORI DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE	110
11.5	BIS PENALI PER INCONGRUENZE RELATIVE ALLA % DI VUOTI E ALLA RESISTENZA A TRAZIONE	110
11.5	TER ANCORAGGIO DEGLI STRATI DI PAVIMENTAZIONE	111
12	DRENAGGI	112
12.1	DRENAGGI TRADIZIONALI (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE)	112
12.2	DRENAGGI CON FILTRO IN "NON TESSUTO" (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE O EFFETTUATI PRIMA DI STENDERE LE PAVIMENTAZIONI)	113
12.3	DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO (PER DRENARE ZONE GIA' PAVIMENTATE)	113
13	SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA	114
13.1	SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA	115

13.2	SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLE PAVIMENTAZIONI ESEGUITA CON NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO E AUTOADESIVO	115
13.3	SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA	116
14	ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE E GESTIONE DEGLI SCAVI PER SOTTOSERVIZI	116
14.1	DESCRIZIONE	116
14.2	CASO DEL GIUNTO LONGITUDINALE	117
14.3	CHIUSURA DEGLI SCAVI RISULTANTI DA INTERVENTI PER SOTTOSERVIZI.	117
14.3.1	CHIUSURA DELLO SCAVO TEMPORANEO PER LA SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE STRADALE	118
14.3.2	CHIUSURA DEFINITIVA CON REINTEGRO DELLE CONDIZIONI ORIGINALI DELLA SEDE STRADALE	118
14.3.3	CASO DEL GIUNTO TRASVERSALE (INIZIO E FINE LAVORAZIONI DI PAVIMENTAZIONI NUOVE IN CONTINUAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI)	118
15	RIPARAZIONE SUPERFICI DEGRADATE DI LIMITATA ESTENSIONE	119
15.1	CASO DEI RAPPEZZI LOCALIZZATI	119
15.1.1	CASO DI DEGRADO DIFFUSO CON BUCHE GIÀ PRESENTI NON CONTIGUE E NON DIFFUSE	119
15.1.2	CASO DI DEGRADO DIFFUSO MA CON BUCHE GIÀ PRESENTI CONTIGUE E/O DIFFUSE	119
16	TRATTAMENTO FUNZIONALE DELLE BUCHE (INTERVENTI PUNTUALI)	120
17	APPENDICE	121
17.1	RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO (RSS)	121
17.2	TRATTAMENTI SUPERFICIALI (TS)	122
17.3	RISANAMENTI SUPERFICIALI (RS)	123
17.4	RISANAMENTI PROFONDI (RP)	123
17.5	PAVIMENTAZIONI NUOVE COSTRUZIONI (NC)	127

PREMESSA

Le presenti Norme Tecniche si riferiscono all'esecuzione di lavori per la sovrastruttura stradale denominata nel seguito pavimentazione; i lavori da svolgere con i materiali descritti nel seguito potranno essere di tre tipi diversi:

- Lavori per interventi su pavimentazioni esistenti al fine della ordinaria manutenzione delle medesime, definiti **MO, MANUTENZIONE ORDINARIA** quali

1. Trattamento superficiale di sigillatura ed irruvidimento tipo slurry-seal (macro-seal)
2. Sigillatura di fessure superficiali
3. Rappezzi preceduti da riquadratura della zona degradata
4. Irruvidimento meccanico di zone potenzialmente scivolose
5. Riparazioni superficiali di soccorso con fresatura e ricostruzione.

- Lavori per interventi su pavimentazioni esistenti al fine della loro ricostituzione e/o rafforzamento definiti **MS, MANUTENZIONE STRAORDINARIA**.

I lavori di tipo MS consisteranno in interventi di miglioramento e rafforzamento delle caratteristiche originali delle pavimentazioni tramite interventi estesi quali

- Risanamento superficiale
- Risanamento profondo

- Lavori per pavimentazioni di nuove costruzioni o adeguamenti di strade esistenti, definiti **NC, NUOVE COSTRUZIONI**.

La natura dei lavori da eseguire sarà definita nell'Appalto a cui sono annesse le presenti Norme Tecniche ed ai suoi elaborati a cui si rimanda per la definizione del dettaglio delle lavorazioni, della loro quantità ed ubicazione.

ANAS redige la perizia o il progetto delle pavimentazioni dell'intervento sulla scorta delle verifiche che ritiene opportune e sufficienti (verifiche di portanza, regolarità, aderenza ed ammaloramento superficiale delle pavimentazioni, natura e composizione dei materiali da sottoporre a recupero e valutati con carotaggi) per la scelta del tipo di soluzione da eseguire e dei materiali con cui realizzarla.

Dette soluzioni saranno primariamente quelle indicate nelle istruzioni tecniche in appendice, definite nei requisiti e nelle prestazioni, comprese le relative curve di accettazione. Soluzioni diverse, dettate da casi particolari, devono comunque essere corredate da motivazioni tecniche e relazioni di calcolo specifiche che riportino l'indicazione di tutti i parametri tecnici dedotti dal presente documento, necessari alla definizione delle miscele e delle loro prestazioni; le curve di accettazione corrispondenti saranno definite dal CSS.

Materiali

I materiali dovranno corrispondere a quanto stabilito dalla normativa di settore e dal presente documento.

I materiali dovranno provenire da località o siti di produzione che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti del presente documento.

In ogni caso i materiali e le loro miscele prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori, sia per i lavori prescritzionali, che per quelli prestazionali.

Caratteristiche dei materiali

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati.

Per ciò che riguarda le loro miscele, e lavorazioni, valgono le prescrizioni e le indicazioni riportate negli appositi articoli.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra i diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta, nei casi non definiti inequivocabilmente dalle presenti norme, in base al giudizio della Direzione dei Lavori.


N° di identificazione dell'ente notificato
SOCIETA'
08
n.certificato

EN 13108-1		
Conglomerato Bituminoso per strade, piste aeroportuali e altre aree trafficate		
CB 12,5 USURA BM 50/70		
Contenuto dei vuoti dopo 10 rotazioni	V10	G _{min}
11%		
Temperatura della miscela a 180°C	da	140°C
Granulometria		
(passante al setaccio mm)	16	100%
	12,5	95%
	8	80%
	4	49%
	2	31%
	0,5	15%
	0,25	12%
	0,063	8%
Contenuto di legante	B _{min}	4,6%

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE sopra un esempio).

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

- Contenuto dei vuoti a 10 rotazioni (categoria e valore reale);
- Temperatura della miscela alla produzione e alla consegna (valori di soglia);
- Composizione granulometrica (valore %);
- Contenuto minimo di legante (categoria e valore reale).

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nelle presenti norme, oltre alle altre qui richieste, ma non facenti parte della marcatura CE.

Generalità per l'esecuzione dei lavori - Autocontrollo dell'Impresa

L'autocontrollo da parte dell'Impresa esecutrice consiste nella verifica diretta dei materiali delle miscele e delle lavorazioni finalizzate all'ottenimento delle prestazioni richieste, quindi deve prevedere le seguenti modalità per ciascuna fase delle lavorazioni:

- prima dell'esecuzione dei lavori
- durante l'esecuzione dei lavori
- al termine dei lavori eseguiti

A- Prima dell'esecuzione dei lavori

L'Impresa è tenuta, a propria cura e spese, a formulare gli studi delle miscele completi delle prove di laboratorio **riguardanti i lavori**, che tengano conto della disponibilità dei materiali, delle specificità degli impianti di fabbricazione e del cantiere di stesa, per la definizione delle miscele da porre in opera ed il mix design, valutato in conformità alle presenti Norme Tecniche, è impegnativo per l'Impresa.

Gli studi dovranno essere presentati alla Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL. E dovranno contenere:

- tipo di miscela, sito di applicazione (strada, carreggiata, corsia, quantità ecc) impianto di produzione;
- aggregati: provenienza, granulometrie, PSV, percentuali di impiego, fresato compreso;
- caratteristiche volumetriche (% vuoti, pesi di volume) e meccaniche (resistenza a trazione indiretta, coefficiente di trazione indiretta e resistenza a compressione);
- percentuale di legante (bitume o emulsione), tipo, fornitore, dati e scheda tecnica relativa;
- eventuale impiego di additivi (con indicate le percentuali di progetto);
- descrizione degli impianti e delle attrezzature utilizzate per produrre le miscele e per applicarle definiti in tipologia, caratteristiche e modalità operative.

Tutte le curve di progetto per le miscele contenenti bitume e/o cemento devono essere verificate mediante l'impiego della apparecchiatura "Pressa Giratoria".

Entro 15 gg dalla presentazione degli studi, il Committente si riserva la facoltà di rifiutare gli studi proposti, chiedendone il rifacimento.

L'accettazione delle miscele da parte della DL, che potrà effettuare controlli con i Laboratori descritti in seguito, non solleva l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati finali prescritti.

L'utilizzo dei Laboratori esterni, che potranno provvedere anche alle misure ad alto rendimento eseguite ai fini dei controlli prestazionali, sono possibili, purché i loro processi siano accreditati ISO9001; in questo caso le loro attrezzature dovranno essere verificate su piste di taratura prestabilite definite dal CSS, a meno che non siano accreditate ISO17025.

Il CSS è autorizzato comunque ad eseguire controlli a campione sulle zone testate da detti laboratori e qualsiasi altra operazione di verifica.

B- Autocontrollo durante l'esecuzione dei lavori

Durante l'esecuzione dei lavori il controllo basato sulle presenti Norme Tecniche andrà esercitato in modo continuo dai Laboratori dell'Impresa che a questo fine dovrà disporre di attrezzature e personale dedicato.

La DL si riserva la facoltà di verificare la sufficienza di dette prove, qualora le ritenga non adeguate per i controlli di produzione.

Il Committente potrà comunque effettuare controlli tramite i suoi Laboratori ai fini del rilievo del modus operandi delle Imprese in corso d'opera e al fine della verifica di congruità tra il progetto presentato e il lavoro in esecuzione.

In tale ambito potrà richiedere documentazione (schede tecniche, bolle di accompagnamento ecc.) atte a facilitare la verifica di idoneità delle lavorazioni in oggetto.

Tutti i prelievi dei materiali devono essere effettuati in contraddittorio con l'Impresa.

In caso di lavorazioni di particolare rilevanza e complessità, come i riciclaggi in sito, va prevista l'effettuazione di una serie di verifiche in corso d'opera, considerando la possibile variabilità del materiale da stabilizzare per cui potrebbe essere insufficiente l'effettuazione di un solo studio (mix design) per ottimizzare la lavorazione.

Tali attività di autocontrollo durante l'esecuzione dei lavori, necessarie per la corretta esecuzione delle lavorazioni, sono obbligatorie e a carico dell'Impresa.

Resta a carico di ANAS l'onere delle verifiche sui materiali e relative certificazioni ai sensi della normativa vigente.

C- Controlli al termine dei lavori eseguiti

Ai fini dell'attività di verifica finale, saranno eseguiti i controlli e le prove disposte per l'accertamento dei requisiti e delle prestazioni nel rispetto delle presenti NT (Art.11.1), che saranno a cura e spese di ANAS secondo quanto previsto dal vigente Regolamento.

Ulteriori controlli disposti dall'organo di collaudo saranno a cura e spese dell'Impresa.

Le tariffe applicate per l'esecuzione delle prove inerenti i requisiti di idoneità (miscele, aggregati, bitumi, ecc.), eventuale verifica dei lavori in sito e prove di alto rendimento, saranno secondo quanto riportato dal tariffario di riferimento.

Prescrizioni generali per le attività di verifica

Per le attività di verifica di cui ai punti A B e C, l'Impresa sarà comunque obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, l'invio di campioni ad ogni Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

Quando la Direzione dei Lavori rifiutasse una qualsiasi provvista come non idonea all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita prestazione delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

Norme di misurazione

Tutte le lavorazioni verranno valutate in base alla superficie ordinata, secondo le larghezze e con gli spessori finiti prescritti.

Nei relativi prezzi sono compresi tutti gli oneri per le forniture degli inerti e del legante secondo le formule accettate e/o prescritte dalla Direzione Lavori, la fornitura e la stesa del legante per mano di attacco e di ancoraggio (laddove inclusa nella corrispondente voce di elenco prezzi), il nolo dei macchinari funzionanti per la confezione, il trasporto, la stesa e la compattazione dei materiali, la manodopera, l'attrezzatura e quanto altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

In particolare, si intendono compensati con i relativi prezzi anche tutti gli oneri relativi alla stesa a mano dei conglomerati nelle zone inaccessibili alle macchine, quali ad esempio quelle tra le barriere di sicurezza.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, avrà la facoltà di tollerare localmente, ed in via del tutto eccezionale, valori degli indicatori di controllo dei requisiti difformi rispetto ai valori stabiliti.

Nel caso di esecuzione di ricariche su avvallamenti del piano viabile, e di stesa di microtappeti per la risagomatura di ormaie, le quantità di conglomerato impiegato verranno contabilizzate a volume compattato.

Si stabilisce che i conglomerati bituminosi e in genere i materiali legati a bitume e/o cemento (schiumati) dovranno essere approvvigionati da impianti ubicati di norma a distanza non superiore ai 70 km dai luoghi di impiego.

Demolizione delle pavimentazioni

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore, o parte di esso, dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Tutte le attrezzature dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla DL; dovranno inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo per lo stoccaggio e il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati.

Il materiale fresato resta di proprietà dell'Impresa che deve essere dotata delle necessarie autorizzazioni allo stoccaggio e al reimpiego come disciplinato dalle norme di settore, e secondo le previsioni del progetto, del Contratto, del CSA e dell'EP.

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi strati da porre in opera. Non saranno tollerate scanalature provocate da tamburi ed utensili inadeguati o difformemente usurati che presentino una profondità misurata, tra cresta e gola, superiore a 0,5 cm.

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione previsti nel progetto e definiti dalla DL. Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi per difetto o per eccesso, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori che potrà autorizzare la modifica delle quote di scarifica. Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

La demolizione degli strati bituminosi potrà essere effettuata con uno o più passaggi di fresa, secondo quanto previsto dal progetto o prescritto dalla DL; nei casi in cui si debbano effettuare più passaggi, si avrà cura di ridurre la sezione del cassonetto inferiore formando un gradino tra uno strato demolito ed il successivo di almeno 20 cm di base per ciascun lato.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o sub-corticali dovrà essere eseguita con attrezzature approvate dalla DL munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

Le pareti dei giunti, sia longitudinali sia trasversali, dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento privo di sgretolature.

Sia la superficie risultante dalla fresatura, che le pareti del cavo, dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

Non è ammessa la demolizione dell'intera sovrastruttura con escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. se non espressamente previsto nel progetto o autorizzata.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire dovranno essere riparati a cura e spese dell'Impresa.

L'impresa prima dell'inizio delle demolizioni dovrà accertarsi della presenza nelle pavimentazioni di sensori per la misura del traffico (spire induttive, sensori piezoelettrici ecc.).

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sui sensori dovranno essere riparati a cura e spese dell'impresa.

1 MISTO GRANULARE STABILIZZATO GRANULOMETRICAMENTE PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE

D.01.001 "Fondazione stradale in misto granulare stabilizzato"

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di aggregati stabilizzati granulometricamente (i.e. granulometria controllata), priva di leganti aggiunti, impiegata per la costruzione di strati di fondazione e/o sottofondazione; gli aggregati possono essere costituiti da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla DL.

Questa lavorazione si applica per strati di fondazione nelle Manutenzioni Straordinarie (MS) o Nuove Costruzioni (NC) esclusivamente nei casi di strade di minore rilevanza e può essere impiegata anche per lavori di sottofondazione come primo strato del pacchetto della sovrastruttura stradale.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato progettualmente e verificato dalla DL.

1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- a) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	84-100
setaccio 20	70-92
setaccio 14	60-85
setaccio 8	46-72
setaccio 4	30-56
setaccio 2	24-44

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	6-12

- c) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso;
- d) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 4 compreso tra 40 e 80 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 80 potrà essere modificato dalla DL in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 40 e 60 la DL richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma.

Indice di portanza C.B.R. (CNR UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50, per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a, b, c, d, salvo nel caso citato al comma d) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

1.2 STUDIO PRELIMINARE

L'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla DL mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno per la loro valutazione prima dell'inizio delle lavorazioni.

I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della DL in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

1.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo non idoneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 30 cm e non inferiore a 20 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati (ferro-gomma), tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla DL con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento), tali da portare alla eventuale taratura dei mezzi costipanti.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 97% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (EN 13286-2:2005) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4".

La portanza dello strato dovrà essere rilevata mediante LWD (Light Weight Deflectometer) con valore minimo di 80 MPa secondo procedura di prova descritta all'art 1.4.

La DL effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

1.4 PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA DINAMICA TIPO LWD

Le prove LWD devono rispettare le Norme ASTM E2583-07 "Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)" e andranno eseguite applicando uno sforzo di sollecitazione pari a circa 70 kPa mentre la durata dell'impulso di carico sarà pari a circa 30 msec.

Tale configurazione si ottiene utilizzando il carico da 10 kg con una altezza di caduta (distanza tra terreno e base del carico) pari a 100 cm.

Le battute del LWD, secondo quanto indicato nella Norma, dovranno essere ripetute fino ad ammettere uno scarto tra le deflessioni a centro piastra $\leq 3\%$; pur nel rispetto del limite di modulo elastico richiesto, se non viene raggiunto il limite dello scarto tra due deflessioni consecutive dopo 4 ripetizioni per più di 5 punti di misura distanziati almeno 5 metri tra loro lo strato andrà riaddegnato.

Le prove eseguite, salvabili su file informatico, devono registrare almeno la pressione effettivamente applicata, il tempo di applicazione del carico, la deflessione al centro piastra ed il modulo elastico che dovrà essere calcolato con la seguente espressione $E=f \cdot (1-\eta^2) \cdot \sigma \cdot r/d_0$ con $f = 2$, $\eta = 0,35$, σ = sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 kPa), $r = 150$ mm (raggio della piastra), e d_0 = deflessione misurata al centro piastra.

2 FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE

D.01.003 "Fondazione stradale in misto cementato"

Il misto cementato per fondazione sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato dello spessore finito di norma di 20 cm e comunque variabile secondo le indicazioni della DL.

2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

2.1.1 AGGREGATI LAPIDEI

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva maggiore del 60% in peso sul totale degli inerti.

In ogni caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 giorni prescritte nel seguito.

L'aggregato non dovrà essere di dimensioni superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare.

La granulometria dovrà essere compresa nel seguente fuso ed avere andamento continuo ed uniforme.

Setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
Setaccio 40	100-100
Setaccio 31,5	90-100
Setaccio 20	70-90
Setaccio 14	58-78
Setaccio 8	43-61
Setaccio 4	28-44
Setaccio 2	18-32
Setaccio 0,4	9-20
Setaccio 0,125	6-13
Setaccio 0,063	5-10

- Perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 933-1) non superiore al 30% in peso.

- Equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) compreso fra 30 e 60.
- Indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico).

2.1.2 LEGANTE

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4% sul peso degli inerti asciutti.

2.1.3 ACQUA

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (rilevabile con lo studio con pressa giratoria) con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

2.2 STUDIO DELLA MISCELA

L'Impresa dovrà proporre alla DL la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini realizzati mediante 180 giri di pressa giratoria con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600 + 3
Angolo di rotazione	1,25 + 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	7 gg	Dimensioni provini
R _t 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,30 – 0,50	0,32-0,60	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,4 – 3,6	2,5 – 5,5	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

I parametri sopra descritti devono essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali del cemento e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire la curva ottimale.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria (vedi modalità descritte sopra), secondo il seguente schema (indicativo):

Cemento (%)	2			3			4			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela degli aggregati
acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento e l'acqua.

I suddetti valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa + 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo.

Per particolari casi è facoltà della DL accettare valori di resistenza a compressione anche fino a 5,0 MPa a 3gg e 7,0 MPa a 7gg.

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità (misurabile sui provini confezionati con pressa giratoria a 180 giri) e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

2.3 MODALITA' ESECUTIVE

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate.

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti comunque dei tipi approvati dalla DL in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento sia longitudinale che trasversale.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

rullo a due ruote vibranti da 10 tonnellate per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate;

rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 tonnellate.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli combinati (ferro-gomma), comunque tutti approvati dalla DL, rispondenti alle caratteristiche sopra riportate.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e superiori a 25°C e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a discrezione della DL, potrà essere consentita la stesa a temperature diverse, mai superiori a 35 °C.

Nel caso di stesa tra 25°C e 35°C sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine, le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 18°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati e previa verifica che il transito non danneggi lo strato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10 – vedi art 7.2.3) in ragione di 1,5 - 2kg/m², in relazione alla capacità di assorbimento dello strato, oltre che al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto, e successivo spargimento di sabbia.

A discrezione della Direzione dei Lavori verrà verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di ± 5 punti percentuali fino al passante al setaccio 4 e di ± 2 punti percentuali per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

La rispondenza delle caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio eseguite per la loro qualifica in cantiere mediante laboratorio mobile. La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 97% della densità dei provini confezionati con 180 giri di pressa giratoria nel 100% delle misure effettuate.

La DL effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

Lo spessore stabilito non dovrà avere tolleranze in difetto superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario sia per la planarità che per le zone omogenee con spessore in difetto sarà obbligo dell'Appaltatore a sua cura e spesa compensare gli spessori carenti incrementando in egual misura lo spessore in conglomerato bituminoso sovrastante.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	60
24 ore	200-600

3 FONDAZIONE CON MATERIALI STABILIZZATI A CEMENTO E/O CALCE E CEMENTO, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO

D.01.002 "Stabilizzazione di esistente fondazione a cemento (D.01.002.b) o calce e cemento (D.01.002.c)"

Il misto cementato per strati di fondazione con miscelazione in sito è inerente esclusivamente i lavori di **manutenzione straordinaria (MS)** sarà costituito da una miscela di aggregati derivanti dalla preesistente fondazione in misto granulare da miscelare in sito, mediante pulvimixer, dopo aggiunta di cemento ed acqua, per uno spessore di norma di 20-30 cm e variabile secondo le indicazioni della DL (ma comunque non superiore a 35 cm).

Nei casi in cui lo strato di fondazione da stabilizzare presenti indice di plasticità $IP > 6$ (CNR UNI 10014:1964) deve essere operato un pretrattamento con calce (vedi voce D.01.002.c).

Qualora nello strato di sottofondazione al di sotto dello strato da stabilizzare si trovi localmente materiale argilloso molto plastico, lo stesso andrà opportunamente trattato con calce (vedi voce Elenco Prezzi A.02.020.b) prima della stabilizzazione dello strato sovrastante.

Altri spessori potranno essere richiesti secondo le caratteristiche progettuali.

3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1.1 AGGREGATI LAPIDEI

Nel caso di miscelazione della preesistente fondazione in misto granulare, occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille), in presenza delle quali comunque l'indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) dovrà essere inferiore a 6.

La granulometria (UNI EN 933-1) dovrà rientrare nel fuso seguente:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	86-100
setaccio 20	70-96
setaccio 14	62-90
setaccio 8	48-76
setaccio 4	30-58
setaccio 2	20-42
setaccio 0,25	7-20
setaccio 0,063	5-12

Qualora le caratteristiche del misto non rispondessero a tali indicazioni la DL potrà permetterne la correzione mediante aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto e per un massimo del 20% in peso del totale della miscela.

Nel caso di impiego totale di misto granulare nuovo di apporto la curva granulometrica dovrà essere sempre continua ed uniforme e rispettare i limiti del fuso di seguito riportato; gli inerti non dovranno avere forma allungata o lenticolare e la perdita in peso Los Angeles (UNI-EN1097-2) non superiore a 30% in peso; il materiale dovrà risultare non plastico (N.P.).

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	84-100
setaccio 20	68-90
setaccio 14	58-82
setaccio 8	44-70
setaccio 4	28-54
setaccio 2	22-42
setaccio 0,25	8-20
setaccio 0,063	6-12

3.1.2 LEGANTE

Nel caso di trattamento con solo cemento verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4% sul peso degli inerti asciutti.

Nel caso di trattamento con calce e cemento, nel pretrattamento con calce dovrà essere utilizzata calce idrata costituita prevalentemente da idrossido di calcio.

A titolo indicativo, nelle stabilizzazioni con calce e cemento, la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,0% e il 3,0%, la percentuale di calce sarà compresa tra l'1,5% e il 2,0%, in entrambi i casi in peso rispetto agli aggregati asciutti.

3.1.3 ACQUA

Dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche.

L'umidità potrà essere controllata in cantiere con sistemi rapidi.

Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno riumidificare il misto miscelato, prima della rullatura.

3.2 STUDIO DELLA MISCELA

Prima delle lavorazioni si deve prevedere un saggio di almeno 150 kg su cui effettuare uno studio da realizzare con pressa giratoria per stabilire le percentuali di cemento/calce e acqua ottime ed eventuali integrazioni.

Ai fini della determinazione della percentuale di cemento e umidità ottima si dovranno realizzare provini con 180 giri di pressa giratoria con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600 + 3
Angolo di rotazione	1,25 + 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	7 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10-3)	0,20 – 0,45	0,25-0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10-3)	1,3 – 3,5	2,0 – 5,0	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostatati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali del cemento e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria (vedi modalità descritte sopra), secondo il seguente schema (indicativo):

Cemento (%)	2			3			4			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela degli aggregati
acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta a 3 o 7 gg

Dallo studio si potrà evidenziare anche la necessità di integrare la miscela da riciclare con eventuali aggregati di integrazione.

3.3 MODALITÀ ESECUTIVE

La demolizione degli strati legati a bitume dovrà interessare la corsia da sistemare per una larghezza che sarà di volta in volta indicata dalla DL e che comunque non dovrà essere inferiore, là dove possibile, a 4,5 m alla base dello scavo.

Si dovranno comunque comprendere nella superficie da demolire anche i giunti di strisciata dei vari strati, gradonando la sezione di scavo dalla quota superiore a quella inferiore in modo che la larghezza dello strato da miscelare non sia inferiore a 4,0 m.

Nel caso di fondazioni in macadam o scapoli di pietrame e di fondazioni in misto granulare o stabilizzato molto compromesse per la presenza di sostanze argillose od altro, si procederà, dietro preciso ordine della DL alla loro demolizione ed asportazione; la ricostruzione dello strato sarà effettuata mediante la stabilizzazione a cemento con aggregati interamente di integrazione.

Il cemento verrà distribuito sul materiale da stabilizzare in modo uniforme su tutta la superficie rimossa mediante idonei spargitori.

La miscelazione, preceduta da umidificazione il cui grado sarà definito in funzione della percentuale di umidità presente nel materiale da trattare e dalle condizioni ambientali, sarà realizzata con idonea attrezzatura approvata dalla DL in grado di rimuovere e mescolare uniformemente uno spessore minimo di 20 cm.

La miscelazione dovrà interessare tutta la superficie in modo uniforme comprese le fasce adiacenti alle pareti verticali dello scavo. La miscelazione non dovrà mai essere eseguita in condizioni ambientali e atmosferiche avverse quali pioggia o temperatura ambiente non comprese tra 5°C e 35°C.

Le condizioni ambientali ottimali si verificano con temperature intorno a 18°C e con tasso di umidità di circa il 50%; con temperature superiori l'umidità dovrà risultare anch'essa crescente. Con temperature inferiori il tasso di umidità non dovrà essere inferiore al 15%.

Completata l'operazione di miscelazione si dovrà provvedere al regolare ripristino dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura secondo le quote e le disposizioni della DL.

Il materiale dovrà presentare in ogni suo punto uniformità granulometrica e giusto dosaggio di cemento.

Le operazioni di costipamento e la successiva stesa dello strato di protezione dovranno essere eseguite immediatamente dopo le operazioni di miscelazione e di risagomatura; dovranno comunque essere ultimate entro tre ore dalla stesa del cemento.

L'addensamento dello strato che potrà essere preceduto, a discrezione della DL, da una eventuale ulteriore umidificazione e dovrà essere realizzato in ordine con le seguenti attrezzature:

rullo a due ruote vibranti da 10 tonnellate per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate;

rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 tonnellate.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli combinati (ferro-gomma), comunque tutti approvati dalla DL, rispondenti alle caratteristiche sopra riportate.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (vedi art. 7.2.37.2) in

ragione di 1,5 ÷ 2,0 Kg/m², in relazione alla capacità di assorbimento dello strato, oltre che al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto, e successivo spargimento di sabbia.

Considerata la complessità dell'effettuazione di uno studio completo che segua lavorazioni di notevole rilevanza e anche l'estrema variabilità potenziale del materiale da stabilizzare che potrebbe vanificare l'effettuazione di un solo studio su un solo prelievo per ottimizzare la lavorazione, si dovrà effettuare una serie di verifiche durante l'esecuzione dei lavori secondo la metodologia descritta di seguito.

Ogni 500 m circa di lavorazione dovranno essere effettuate le seguenti valutazioni:

- verifica della granulometria
- verifica della % di umidità;
- verifica della % di cemento che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità

Indicativamente considerando una lavorazione di 25 cm, si fornisce la seguente tabella per l'impiego di cemento in funzione del contenuto d'acqua.

Contenuto d'acqua totale	Cemento	kg cemento/calce a m ² su 25 cm di lavorazione.
5-6%	2,5 %	12,5
6-7%	3,0 %	15,0
7-10%	3,5 %	17,5

- formazione di provini giratoria per la verifica delle resistenze e densità.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (MPa)
4 ore	60
24 ore	180-600

4 FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN SITO

- **D.01.004.a** "Riciclaggio a freddo di pavimentazione stradale con la tecnica del bitume schiumato"

La lavorazione dello schiumato permette di riciclare in sito vecchie fondazioni (misti cementati ammalorati, misti stabilizzati da "potenziare" (manutenzione straordinaria) o per realizzare la fondazione o sottofondazione (Nuove Costruzioni) con la posa in opera e la lavorazione di materiale idoneo, vergine o proveniente da fresature o rimozioni di pacchetti stradali ammalorati, previa autorizzazione della DL.

Questa lavorazione si può impiegare nelle Manutenzioni Straordinarie e nelle Nuove Costruzioni (MS, NC).

Nella manutenzione straordinaria la lavorazione consiste nella rimozione e miscelazione (mediante idonee riciclatrici), e successiva compattazione, di strati profondi ammalorati (stabilizzati, cementati ecc.) compresa (se necessario) una parte di conglomerato bituminoso (per spessori max di 4-10 cm) compatibilmente con la macchina riciclatrice impiegata e lo stato del conglomerato residuo. L'opportunità di fresare in anticipo questi strati verrà decisa di volta in volta in accordo con la DL.

Il bitume viene immesso nella camera di mescolazione della riciclatrice (insieme all'acqua), mentre il cemento viene in genere steso prima anteriormente al treno di riciclaggio.

Le attuali tecnologie permettono di "trattare" spessori massimi di 25-27 cm compattati.

Prima di iniziare la lavorazione, al fine di verificare gli spessori, vanno eseguiti 2-3 carotaggi per km, mentre per la caratterizzazione del materiale da riciclare va eseguito minimo un saggio di almeno 150 kg; lo scopo è quello di ottenere il raggiungimento delle resistenze indicate rispettando i parametri fondamentali su miscele addensate con pressa giratoria.

Nel caso non si possa effettuare uno studio preventivo completo per l'ottimizzazione dei parametri della lavorazione (cemento, bitume, eventuali integrazioni, eventuale acqua di aggiunta ecc), si potrà iniziare la lavorazione ed analizzare quindi il materiale del saggio per valutare, in corso d'opera, i parametri fondamentali che seguono.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto (Nuove Costruzioni) idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato progettualmente e verificato dalla DL.

L'Impresa dovrà proporre alla DL la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

4.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- granulometria compresa nel seguente fuso (post estrazione se compresa di conglomerato bituminoso) e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	86-100
setaccio 20	70-95
setaccio 14	62-90
setaccio 8	48-75
setaccio 4	30-56
setaccio 2	20-40
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	5-10

- i bitumi da impiegare dovranno essere saranno quelli descritti all'art. 7.1.3 e andranno impiegati orientativamente al 3% in peso sulla miscela, salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della DL.

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325 in percentuale connessa al contenuto d'acqua del materiale da riciclare (ricavato dal saggio effettuato) e alle resistenze da ottenere.

4.2 STUDIO DELLA MISCELA

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento, bitume e umidità ottima si dovranno realizzare provini con 180 giri di pressa giratoria aventi le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600 ± 3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,32 – 0,55	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
CTI 25°C (GPa x 10 ⁻³)	≥ 50	
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,0 – 3,0	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

Per la corretta esecuzione della lavorazione deve essere sempre effettuata un'integrazione di materiale in sito con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4 (circa 2,5 cm di spessore da stendere con finitrice) a meno di riciclare strati con notevole contenuto di fino.

Potrà essere prevista anche l'integrazione di una graniglia di integrazione (max 15%) che potrà variare avere dimensione massima 30 mm a seconda della tipologia e della granulometria del materiale da riciclare.

Sarà la DL a stabilire le modalità di procedere, valutando se è necessaria l'integrazione del materiale in sito.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali dei leganti (cemento e bitume) e dell'acqua di compattazione, oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria (punto d) secondo il seguente schema (indicativo):

Cemento (%)	2			3			4			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
Bitume schiumato (%)	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta

4.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il materiale verrà steso in strati di spessore (compattato) non superiore a 28 cm e non inferiore a 18 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato riciclato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti a pioggia o gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati un rullo monotamburo vibrante di almeno 18 tonnellate preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 24 tonnellate.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Il materiale dopo il passaggio della riciclatrice dovrà presentarsi omogeneo e con il bitume ben disperso (senza la presenza di grumi).

Va sempre effettuata una sovrapposizione delle strisciate di 15-30 cm in relazione alla larghezza del "tamburo" della stabilizzatrice che dovrà essere scelto di dimensioni adeguate alla larghezza dell'intervento da realizzare.

E' da evitare la stesa in condizioni di pioggia e con temperature inferiori a 10 °C.

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

Particolare attenzione va posta nel controllo della umidità che dovrà rimanere nei limiti indicati per non compromettere l'esito della lavorazione.

Per quanto riguarda il controllo delle lavorazioni considerata la complessità dell'effettuazione di uno studio completo che segua lavorazioni di notevole rilevanza e anche l'estrema variabilità potenziale del materiale da stabilizzare che potrebbe vanificare l'effettuazione di un solo studio su un solo prelievo per ottimizzare la lavorazione, si dovrà effettuare una serie di verifiche durante l'esecuzione dei lavori secondo la metodologia descritta di seguito.

Ogni 500 m circa di lavorazione dovranno essere effettuate le seguenti valutazioni:

- verifica della granulometria (post estrazione) con % di bitume risultante nella miscela presente che deve essere compreso tra 3,0 e 4,5%;
- verifica della % di umidità;
- prelievo di materiale su cui effettuare test a resistenza diametrale, vedi art. 4.2
- verifica della temperatura del bitume in fase di schiumaggio che deve essere sempre >160 °C (alla autobotte 165 °C).
- verifica della % di cemento che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità; nel caso ci sia una variazione di umidità la quantità di cemento per i tratti successivi al prelievo va adeguata secondo quanto prescritto nella tabella di seguito.

Indicativamente considerando una lavorazione di 25 cm, si fornisce la tabella per l'impiego di cemento in funzione del contenuto d'acqua:

Contenuto d'acqua totale	Cemento	Kg cemento a m ² su 25cm di lavorazione.
5-6%	2 %	10
6-8%	2,5 %	12,5
8-10%	3 %	15
10-12%	3,5 %	17,5

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (MPa)
4 ore	>60
24 ore	180-600

Nota

Nel caso i materiali da stabilizzare con tecnica del bitume schiumato rilevati nei saggi esplorativi presentino caratteristiche plastiche (IP > 6) la DL potrà valutare, nella fase di esecuzione, la sostituzione del materiale o un pretrattamento a calce.

5 FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN IMPIANTO

La tecnologia dello schiumato in impianto va applicata per reimpiegare materiali fresati o vergini, stoccati in cumuli, lavorandoli con opportuni impianti in aree adiacenti il tratto da risanare o realizzare o a fianco degli impianti a caldo; il materiale a cui sono aggiunti i leganti e l'acqua dovrà essere steso con finitrice e compattato.

Gli impianti devono prevedere la possibilità di caricare direttamente il materiale sui camion per il trasporto in sito e la stesa (opzione preferibile); è possibile stoccare in cumuli il materiale già "schiumato" per 1 o 2 ore, ma è preferibile stenderlo e compattarlo subito e comunque il conglomerato schiumato in impianto dovrà essere steso e compattato entro 4 ore dall'uscita dall'impianto.

Nella miscela è possibile impiegare vecchie fondazioni o pavimentazioni (misti cementati ammalorati, misti stabilizzati da riciclare, fresati di conglomerati bituminosi), materiali vergini, purché opportunamente frantumati e rispondenti alle caratteristiche in seguito illustrate e ritenuti comunque idonei dalla DL.

5.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Il materiale in opera risponderà alle caratteristiche seguenti:

- granulometria compresa nel seguente fuso (post estrazione se compresa di conglomerato bituminoso) e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
Setaccio 63	100-100
setaccio 40	94-100
setaccio 20	88-100
setaccio 14	62-88
setaccio 8	44-72
setaccio 4	28-54
setaccio 2	22-40
setaccio 0.25	5-18
Setaccio 0.063	4-10

- i bitumi da impiegare dovranno essere quelli descritti all'art. 7.1.3 e andranno impiegati orientativamente al 3,0 % in peso sulla miscela, salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della DL;
- verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325 in percentuale circa del 2% in peso sulla miscela ed acqua di compattazione variabile tra 5 e 7% in peso sulla miscela salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della DL;

5.2 STUDIO DELLA MISCELA

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento, bitume e umidità ottima si dovranno realizzare provini con pressa giratoria a n° giri 180 con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

Pressione verticale kPa	600 ± 3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,30 – 0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
CTI 25°C (GPa x 10 ⁻³)	≥ 40	
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,0 – 2,5	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

Nel caso si impieghi solo materiale proveniente dalla fresatura di conglomerati bituminosi per la corretta esecuzione della lavorazione è bene integrare il materiale con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4 e 15- 20 % di graniglia.

Sarà la DL a stabilire le modalità di procedere valutando se è necessario integrare con materiale di pezzature diverse.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione del materiale da impiegare, delle percentuali ottimali dei leganti (cemento e bitume) e dell'acqua di compattazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria secondo il seguente schema (indicativo):

Cemento (%)	1,5			2,0			2,5			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
Bitume schiumato (%)	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta.

5.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 15 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

È possibile, per spessori superiori a 20 cm, dividere la lavorazione in due strati.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato riciclato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti alla pioggia o gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati un rullo monotamburo vibrante di almeno 19 tonnellate preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 tonnellate.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

La DL effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

Il materiale dopo la stesa con vibrofinitrice dovrà presentarsi omogeneo e con bitume ben disperso (senza la presenza di grumi).

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

Particolare attenzione va posta nel controllo della umidità e dei leganti per non compromettere l'esito della lavorazione.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	> 60
24 ore	180-600

6 FONDAZIONE STABILIZZATA CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA

- **D.01.004.b** "Riciclaggio a freddo di pavimentazione stradale con cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata"

Le miscele stabilizzate con cemento ed emulsione bituminosa, da impiegare negli strati di fondazione, sono costituite da aggregati vergini ovvero da materiali di riciclo della vecchia pavimentazione con quantità variabili di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) che possono arrivare fino al 100%.

Queste miscele trovano impiego sia nella costruzione di nuove infrastrutture stradali, sia negli interventi di manutenzione di pavimentazioni stradali ed aeroportuali.

6.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

6.1.1 AGGREGATI LAPIDEI

Sono in generale costituiti da materiali di riciclo di pavimentazioni stradali esistenti: conglomerato bituminoso di recupero (fresato), misto cementato, misto granulare tout venant, eventualmente integrati con aggregati vergini (di primo impiego). Non è escluso l'impiego di soli aggregati di primo impiego. Qualora i materiali di riciclo della vecchia pavimentazione contengano frazioni limo-argillose ($IP > 6$), queste devono essere eliminate (sostituite con materiali idonei) ovvero preventivamente trattate con calce.

Il conglomerato bituminoso di recupero (fresato), nei casi in cui la miscelazione sia prevista in impianto (fisso o mobile) deve essere vagliato prima del suo reimpiego per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori a 31,5 mm. Tale operazione non è necessaria quando è prevista la miscelazione in sito mediante pulvimixer.

La granulometria degli aggregati, compreso il fresato, deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo la vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer quando sia prevista la miscelazione in sito.

Qualora la granulometria degli aggregati di riciclo si discosti dal fuso indicato nella sottostante tabella, la Direzione Lavori potrà ordinarne l'integrazione mediante l'aggiunta di aggregati di primo impiego di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso previsto.

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
Setaccio 40	100
Setaccio 31,5	80-100
Setaccio 16	58-92
Setaccio 8	42-76
Setaccio 4	30-56
Setaccio 2	18-40
Setaccio 0,5	9-25
Setaccio 0,063	3-8

Gli aggregati di primo impiego sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali: rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi.

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati e i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell'aggregato grosso deve essere eseguita mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso e l'aggregato fine possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, siano soddisfatti i requisiti indicati nelle tabelle sottostanti.

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{NR/70}
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA24	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥60	-
Quantità di frantumato			%	100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12			NP	-
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12		%	≤25	

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle sopra riportate viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori indicati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli

aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore.

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano.

6.1.2 EMULSIONE BITUMINOSA

Il legante bituminoso viene inserito sotto forma di emulsione bituminosa. Tale emulsione deve essere specificatamente formulata, cioè di bitume distillato, sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10), con le caratteristiche riportate nella sottostante.

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429	-	%	<0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	<10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Miscelazione con legante idraulico	UNI EN 12848	-	%	< 2	10

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa riportati nella tabella sovrastante viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

6.1.3 CEMENTO

I cementi impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders).

È preferibile usare legante idraulici resistente ai solfati (SR 0) e a basso calore d'idratazione, il suo dosaggio deve essere determinato con specifici studi di laboratorio.

6.1.4 ACQUA

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

6.2 STUDIO DELLA MISCELA

Le percentuali ottimali di cemento, acqua ed emulsione bituminosa e dell'eventuale integrazione di inerti sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio.

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente nel tronco stradale interessato dal trattamento devono essere eseguiti prelievi ogni 500 m, eventualmente intensificati in caso di disomogeneità.

Nel caso sia prevista la miscelazione con pulvimixer i campioni degli aggregati per lo studio della miscela devono essere prelevati in cantiere, subito dopo un passaggio di pulvimixer senza la stesa dei leganti.

Sui campioni prelevati devono essere eseguiti analisi granulometriche per via umida (UNI EN 933-1) ed indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) per stabilire la necessità di trattamento con calce e l'integrazione degli inerti.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni riportate nella tabella sottostante.

I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31) nelle seguenti condizioni di prova:

Tipo di fustella: NON drenata

Angolo di rotazione: $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$

Velocità di rotazione: 30 rotazioni al minuto

Pressione verticale: 600kPa

Dimensioni provino: 150 mm

n° giri: 100

Peso campione: 2800 g (comprensivi di cemento e acqua)

Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

Cemento [%]	2,0					
Acqua[%]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Provini [n°]	3	3	3	3	3	3

Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a peso costante in stufa a 40°C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento e di emulsione bituminosa, come indicato nella tabella sottostante.

Acqua [%]	Contenuto ottimo								
Cemento [%]	1,5			2,0			2,5		
Emulsione bituminosa [%]	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5	2,5	3,0	3,5
Provini [n°]	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela bisogna considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a 25 °C. Tali provini devono fornire resistenza a trazione diametrale $R_t > 0,35$ MPa.

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di resistenza a trazione indiretta, maturati per 72 ore a 40 °C, si devono determinare:

- modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (spostamento orizzontale imposto $5 \pm 0,2$ μ m) secondo la Norma UNI EN 12697/26;
- perdita di resistenza dopo imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio;

- perdita di resistenza dopo saturazione in acqua (per il tempo necessario al raggiungimento del peso costante) e 15 cicli gelo – disgelo (-20°C/+20°C).

La miscela ottima di progetto è quella che fornisce il modulo di rigidezza a 20 °C più piccolo tra quelli che risultano maggiori di 3000 MPa e resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 70% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua, resistenza a trazione indiretta e resistenza a compressione dopo cicli gelo – disgelo maggiore del 50% di quella ottenuta su provini non trattati.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica a 100 giri di pressa giratoria che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di +/- 10 per gli aggregati riciclati, di +/- 5 per gli aggregati di integrazione. Per la percentuale di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di +/- 0,25.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

6.3 CONFEZIONE E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La stabilizzazione con cemento ed emulsione bituminosa può essere realizzata mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (pulvimixer tale da frantumare i grumi del conglomerato fresato e miscelare omogeneamente cemento ed emulsione), autobotte per il legante bituminoso, autobotte per l'acqua, livellatrice e almeno 2 rulli.

Subito dopo la miscelazione si deve procedere al livellamento della miscela ed alla compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione e di un rullo gommato di carico statico non inferiore a 24 tonnellate.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

In alternativa al "treno" di riciclaggio, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. In questo caso la stesa viene effettuata con macchina vibrofinitrice cui segue la compattazione come nel caso del treno di riciclaggio.

Il trattamento di stabilizzazione deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 10°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause, devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

La superficie finita, controllata a mezzo di un regolo di 4,00 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 10 mm e tale scostamento non può essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito "correggere" il difetto con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale (anche se costituita dalla stessa miscela). Si suggerisce pertanto di realizzare lo strato con spessore in eccesso di 10 - 15 mm e di risagomare il piano finito, a costipamento ultimato, con macchina fresatrice.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare per qualche giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere coperto. Quando invece è prevista pioggia lo strato deve essere immediatamente protetto. In entrambi i casi viene utilizzata emulsione sovra stabilizzata (tipo C60B10), la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di circa 1,5 kg/m², e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

6.4 CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA LAVORAZIONE

Il controllo della qualità degli strati stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

La frequenza dei controlli sarà di norma ogni 5000 m² di superficie realizzata (trattata). La Direzione Lavori potrà variare in più o in meno il numero di controlli riguardo all'andamento dei lavori e/o a specifiche problematiche di cantiere.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. La granulometria della miscela di aggregati deve essere verificata su campioni prelevati prima dell'aggiunta dei leganti, all'impianto di produzione oppure in situ, dopo un passaggio della macchina riciclatrice (pulvimixer).

Sulla miscela con i leganti vengono determinate: la percentuale di bitume (per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) e la percentuale d'acqua. Su provini confezionati con pressa giratoria vengono eseguite le prove di resistenza a trazione indiretta ed il modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta.

Dopo 90 giorni dal trattamento vengono eseguite prove per la determinazione del modulo elastico dinamico mediante deflettometro a massa battente (Falling Weight Deflectometer - FWD). Sulle carote prelevate vengono determinati il peso di volume e lo spessore. Potranno inoltre, a discrezione della Direzione Lavori, essere determinati lo spessore, il peso di volume la resistenza a trazione indiretta R_t (UNI EN 12697-23) (UNI EN 13286-42) e il modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C).

A compattazione ultimata la densità secca in situ (γ_{situ}), nel 95% dei punti controllati (con prelievo di carote), non deve essere inferiore al 97% del valore di riferimento ($\gamma_{\text{laboratorio}}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Quando possibile il valore di riferimento deve essere costituito dall'addensamento ottenuto sulla miscela effettivamente utilizzata in quel punto, costipata direttamente in cantiere con pressa

giratoria collocata su un laboratorio mobile. Il campione, costituito da circa 2800 g di miscela (comprensiva di cemento e acqua) deve essere costipato con 100 giri di pressa giratoria.

Le misure della massa volumica su provini asciutti sono effettuate secondo la norma (UNI EN 12697-6/procedura D).

Nella prova di trazione indiretta (UNI EN 12697-23) eseguita su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione o su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40 °C e successivamente, condizionati per 4 ore a 25 °C, la Resistenza a Trazione Indiretta R_t non deve essere inferiore a 0,35 MPa.

Il modulo di rigidezza alla temperatura di 20°C determinato in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26) con deformazione imposta di $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione e su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria a densità di progetto (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40°C oppure dopo 28 giorni di maturazione a 20°C, nel 95% dei campioni, non deve essere inferiore a 3000 MPa. Sugli stessi provini e con gli stessi diametri di misura, il modulo di rigidezza alla temperatura di 40°C deve essere minore del 75% del valore ottenuto a 20°C.

Il modulo elastico, rilevato dopo 90 giorni dal trattamento con Falling Weight Deflectometer, e riferito alla temperatura di 20°C, al 15° percentile non deve essere inferiore a 3,0 GPa.

Per valori del modulo elastico (15 percentile) compresi tra 1,5 e 3,0 GPa viene applicata allo strato di fondazione una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 10s + 5s^2$$

dove s è la differenza tra 3 GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Valori del modulo elastico inferiori a 1,5 GPa comportano la demolizione ed il rifacimento dello strato di fondazione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

In alternativa la Direzione Lavori può indicare l'esecuzione di interventi compensativi della carenza rilevata che consentono di raggiungere la vita utile della pavimentazione prevista dal progetto.

Nel caso non vengano eseguite prove FWD l'accettazione della lavorazione o l'eventuale calcolo delle detrazioni viene eseguito con riferimento al modulo di rigidezza determinato sulle carote in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26), applicando lo stesso criterio previsto per il modulo elastico.

A integrazione dei controlli precedenti possono essere eseguite prove con piastra dinamica leggera (dynamic plate-load test). Il modulo dinamico E_{vd} dopo la compattazione non deve essere inferiore a 70 MPa nel 90% dei punti analizzati. Le misure di modulo dinamico sono riportate alla temperatura di riferimento (25°C) applicando correzioni di un punto percentuale ogni grado centigrado di scostamento, incrementando il valore del modulo nel caso di misure effettuate a temperature maggiori di 25°C, diminuendolo nel caso di misure effettuate a temperature minori di 25°C. L'attrezzatura impiegata deve essere equipaggiata con una massa battente da 10 kg che genera una forza d'impatto di 7,07 kN con una durata dell'impulso di 18 ms su una piastra di diametro di 300 mm.

La procedura di prova prevede l'applicazione di tre colpi successivi di cui vengono acquisite le deformazioni e, nota la tensione di carico applicata, la macchina restituisce automaticamente il risultato (modulo dinamico) definito come la media delle tre misurazioni. I tre colpi di prova devono essere preceduti da altri tre colpi in modo tale da ottenere un buon contatto tra il piatto di carico ed il suolo. La piastra di carico deve essere sistemata su un piano adeguatamente liscio con l'eventuale disposizione di sabbia mono - granulare per livellare la superficie. Nei casi in cui non si realizzi un buon contattato tra piastra e pavimentazione, oppure l'inclinazione del piano sia eccessiva (maggiore del 6%), si possono verificare degli spostamenti laterali che inficiano i risultati.

7 LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICATI

7.1 LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI

Per leganti bituminosi semisolidi si intendono i bitumi per uso stradale costituiti sia da bitumi di base che da bitumi modificati.

7.1.1 BITUMI DI BASE

I bitumi di base per uso stradale sono quelli con le caratteristiche indicate in tab. 7.A impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi di cui all'art. 8. Le tabelle seguenti si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne (stoccaggi), nella seconda parte al prodotto sottoposto all'invecchiamento artificiale; la non rispondenza del legante alle caratteristiche richieste comporta l'applicazione delle detrazioni di cui all'art. 8.4, qualora il materiale sia accettato dalla DL.

TABELLA 7.A		Bitume 50/70	Bitume 70/100
caratteristiche	U.M.	Valore	
PRIMA PARTE			
penetrazione a 25° C	dmm	50-70	70-100
punto di rammollimento	° C	45-60	40-60
punto di rottura Fraass, min.	° C	≤-6	≤-8
ritorno elastico a 25° C	%	-	-
stabilità allo stoccaggio tube test	°C	-	-
viscosità dinamica 160°C (Shear rate 5*10 ² s ⁻¹)	Pa x s	0,03-0,15	0,02-0,15
viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm)			
SECONDA PARTE - valori dopo RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test)			

incremento del punto di rammollimento	°C	≤ 9	≤ 9
penetrazione residua	%	≥ 40	≥ 50

I leganti bituminosi per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE, i requisiti **obbligatori** richiesti sono:

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA' 09 n.certificato	
EN 12591:09 Bitume per applicazioni stradali: 50/70 Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426)... . 50-70 x 0,1 mm Punto di rammollimento (UNI EN 1427) ...46-54 °C	

- Penetrazione a 25°C
- Punto di rammollimento

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

7.1.2 BITUMI MODIFICATI

I bitumi di base di tipo 70-100 potranno essere modificati in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante l'aggiunta di polimeri (elastomeri e loro combinazioni) effettuata con idonei dispositivi di miscelazione al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele in modo hard HD (modifica forte) con le caratteristiche riportate nella tabella 7.B.

TABELLA 7.B - BITUMI MODIFICATI CON AGGIUNTA DI POLIMERI		
caratteristiche	U.M.	Hard 4%-6% HD (°)
penetrazione a 25° C	dmm	50-70
punto di rammollimento	° C	70-90
punto di rottura Fraass	° C	≤ -12
ritorno elastico a 25° C	%	≥ 80
viscosità dinamica 160°C (Shear rate 5*10 ² s ⁻¹)	Pa x s	0,15-0,55
viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm)		
Stabilità allo stoccaggio tube test	°C	≤ 3 ^(°)
valori dopo RTFOT - Rolling Thin Film Oven Test		
penetrazione residua a 25° C	%	≥ 40
Incremento del punto di rammollimento	° C	≤ 5

(°) le percentuali indicate si riferiscono alla quantità di polimero impiegata

(°°) entrambi i valori del punto di rammollimento ottenuti per il tube test non devono differire dal valore di rammollimento di riferimento di più di 5°C

Il bitume modificato Hard può anche essere utilizzato per realizzare mani d'attacco da applicare tra base, basebinder, binder e usure di qualsiasi tipologia. Esso deve possedere le caratteristiche riportate nella tabella 7.C sottostante.

TABELLA 7.C - BITUMI MODIFICATI PER MANI D'ATTACCO		
<i>BITUME HARD</i>		
caratteristiche	U.M.	valori
penetrazione a 25° C	dmm	50-70
punto di rammollimento	° C	60-90
punto di rottura Fraass	° C	≤ -10
viscosità dinamica a 160° C (Shear rate 5*10 ² s ⁻¹)	Pa x s	0,10-0,55

I leganti bituminosi modificati per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE.

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

- Penetrazione a 25°C
- Punto di rammollimento
- Ritorno elastico a 25°C

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA' 10 n.certificato	
EN 14023:10 Bitume modificati con polimeri per applicazioni stradali: 25-55/70 Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426).....25-55 x 0,1 mm Punto di rammollimento (UNI EN 1427)≥70°C Ritorno elastico a 25°C (UNI EN 13398).....≥70%	

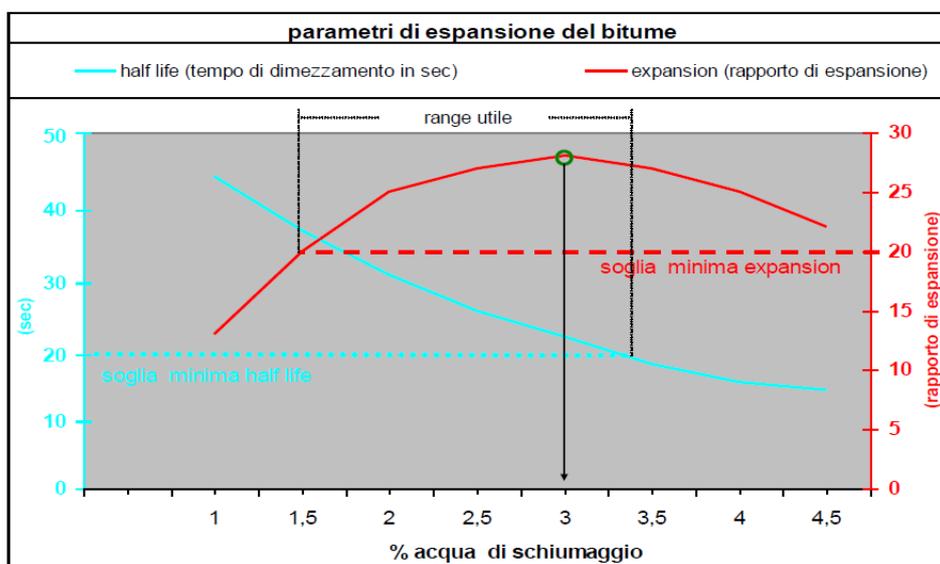
7.1.3 BITUME PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO MEDIANTE TECNICA DELLO SCHIUMATO

Per utilizzare la tecnologia del riciclaggio a freddo mediante bitume schiumato si dovrà usare un legante TQ adatto alla "schiumatura"; con le seguenti caratteristiche:

Palla e anello (°C)	40-60	-
Penetrazione (dmm)	80-100	-
Rapporto di espansione	> 20	Rapporto tra volume schiuma e volume liquido
Tempo di dimezzamento (half life) - sec	> 15	Tempo per dimezzare il volume di schiuma
Velocità di espansione - sec	< 5	Tempo per arrivare al massimo volume

La “velocità di espansione” è il tempo necessario al bitume per raggiungere il massimo volume di schiumaggio alla prescelta quantità di acqua a partire dalla fine della fase di spruzzaggio. Ai fini della scelta della percentuale di acqua ottima (acqua di schiumaggio), nel range di accettabilità, è da preferire il valore che produce il max volume di schiumaggio, ferma restando la condizione di non superare mai il 4,5 % di acqua.

NB: le curve della figura sono esemplificative e non prescrittive



7.2 EMULSIONI BITUMINOSE

7.2.1 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ATTACCO

Per mano di attacco si intende una emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche non modificate solo tra base e basebinder, binder e usure chiuse nel caso si tratti di conglomerati realizzati con bitume tal quale. In tutti gli altri casi, fatta eccezione per le usure aperte, per le quali deve essere utilizzato bitume modificato hard, si usa bitume o emulsione affine con i conglomerati da realizzare.

TABELLA 7.D - EMULSIONI BITUMINOSE (cationiche non modificate) per mano di attacco			
caratteristiche	unità di misura	Emulsioni a rapida rottura	Emulsioni a media velocità di rottura
contenuto d'acqua	% in peso	≤40	≤45
contenuto di bitume	% in peso	≥ 60	≥ 55
grado di acidità (pH)		2-5	2-5
polarità delle particelle		positiva (cationiche) o negativa (anioniche)	

caratteristiche del bitume estratto			
penetrazione a 25° C	dmm	50-120	100-150
punto di rammollimento	° C	≥ 40	≥ 40
punto di rottura Fraass	° C	≤ -8	≤ -8

Le emulsioni cationiche bituminose per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotate obbligatoriamente di marcatura CE.

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA'	
13	
n.certificato	
Emulsioni cationiche bituminose per applicazioni stradali: C69 B 2	
pH (UNI EN 12850).....2-5	
Contenuto di bitume (UNI EN 1428).....67-71%	
Polarità particelle bitume (UNI EN 1430).....positiva	
<i>CARATTERISTICHE DEL LEGANTE:</i>	
Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426)..... ≤(150) x 0,1 mm	
Punto di rammollimento (UNI EN 1427).....≥43 °C	

- pH
- Contenuto di acqua
- Polarità particelle bitume

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

7.2.2 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ANCORAGGIO (C55B4)

Per mano di ancoraggio si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale e, al contempo, fornendo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,3 kg/m².

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 4					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Polarità	UNI EN 1430	-		Positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4

7.2.3 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) SOVRASTABILIZZATE (C60B10)

Le emulsioni bituminose di bitume distillato (non modificato) sovrastabilizzate sono emulsioni cationiche a rottura molto lenta (non rompono immediatamente a contatto con il cemento) con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

Le emulsioni sovrastabilizzate vengono impiegate per la realizzazione di strati di fondazione legate o non legate stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa. Le stesse emulsioni devono essere impiegate a protezione di strati finiti di miscele stabilizzate con cemento, con calce e cemento, con

cemento e bitume schiumato, con cemento ed emulsione bituminosa e a protezione del misto cementato.

Tali emulsioni devono avere le caratteristiche riportate nella tabella sottostante.

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429	-	%	≤ 0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Miscelazione con legante idraulico	UNI EN 12848	-	%	< 2	10
Caratteristiche bitume estratto	UNI EN 1431				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	P	0,1mm	50 - 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	T	°C	35 - 56	8
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	T	°C	< -8	6

7.2.4 EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER MANO DI ATTACCO (C69BP3)

La mano d'attacco può anche essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure, come già introdotto nel paragrafo 7.1.2, con bitume modificato con polimeri steso a caldo nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione, per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa o del bitume spruzzato a caldo e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o del bitume modificato con polimeri spruzzato a caldo, deve essere pari a 0,40 kg/m² nel caso di stesa della base su pavimentazione precedentemente fresata, di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di base su pavimentazione preesistente), di 0,30 kg/m² nel caso di interfaccia tra due strati di base stesi separatamente (base stesa in due passate).

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate nella tabella 7.C riportata nell'art. 7.1.2.

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	RE	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm2	≥ 2.0	6

7.2.5 EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE E SOVRASTABILIZZATE PER STRATI DI BASE RICICLATE A FREDDO (C60BP10)

L'emulsione per strati di base riciclate a freddo deve essere un'emulsione cationica sovra stabilizzata a rottura lenta (non devono rompere immediatamente a contatto con il cemento) con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C60BP10) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO C60BP10					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	r	%	60+/-1	6
Contenuto flussante	UNI EN 1431	-	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2 - 4	-
Miscelazione con cemento	UNI EN 12848		%	< 2	10
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 60	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -13	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	RE	%	≥50	5

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

7.3 ADDITIVI RIGENERANTI/FLUIDIFICANTI

Gli additivi rigeneranti/fluidificanti sono composti chimici da utilizzare sempre nelle lavorazioni in cui si reimpiegano materiali fresati nella produzione di conglomerati bituminosi a caldo.

Essi devono avere caratteristiche tali da modificare e migliorare le proprietà di adesione, suscettibilità termica, coesione, viscosità e resistenza all'invecchiamento del legante totale (vecchio + nuovo).

Il dosaggio sarà indicativamente dello 0,2%-0,8% in peso rispetto al legante totale, secondo indicazioni della DL ed in accordo con i Laboratori accreditati o con il CSS; a seconda dell'impiego l'additivo può essere disperso nell'acqua o nel legante di aggiunta (bitume od emulsione). Può anche essere aggiunto nel fresato, durante la fresatura, nel caso di impiego diretto.

I prodotti devono essere approvati dalla DL sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati valutandone il dosaggio e l'efficacia, eventualmente con metodologie concordate e/o definite da CSS per la relativa accettazione.

Inoltre i prodotti devono essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano caratteristiche, sicurezza e modalità di impiego, che potranno essere verificati anche con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle effettive quantità impiegate, vanno fornite in copia alla DL le bolle di consegna.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati specifici per il riciclaggio del conglomerato.

7.4 ATTIVANTI DI ADESIONE (DOPES, DP)

Gli attivanti di adesione hanno la funzione di aumentare l'adesione inerte/bitume.

Gli attivanti di adesione debbono essere impiegati nel caso si utilizzino aggregati ad elevato tenore in silice come quarziti, graniti ecc (per esempio porfido).

In generale gli attivanti di adesione danno vantaggi anche nel caso di lavorazioni eseguite in condizioni meteorologiche non favorevoli, con aggregati umidi, per pavimentazioni esposte a condizioni severe (temperature basse, frequente spargimento di sali fondenti ecc.).

Indicativamente si impiegano in ragione di 0,3 - 0,6 % in peso sul bitume a seconda della natura mineralogica dell'inerte, delle caratteristiche del legante (viscosità) e della miscela da realizzare.

In linea generale vanno aumentati per miscele aperte e/o bitumi a bassa viscosità e viceversa.

Gli attivanti devono essere dispersi nel bitume.

I prodotti devono essere approvati dalla DL sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati valutandone il dosaggio e l'efficacia, eventualmente con metodologie concordate e/o definite da CSS per la relativa accettazione.

Inoltre i prodotti devono essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano caratteristiche, sicurezza e modalità di impiego, che potranno essere verificati anche con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle effettive quantità impiegate, vanno fornite in copia alla DL le bolle di consegna.

La sensibilità all'acqua del conglomerato bituminoso di usura va dichiarata nello studio della miscela e nella DoP.

La verifica alla sensibilità all'acqua, a discrezione della DL, sarà eseguita secondo la UNI EN 12697-12.

7.5 FIBRE PER IL RINFORZO STRUTTURALE DEL BITUME (FB)

Sono prodotti che migliorano le caratteristiche strutturali del conglomerato bituminoso, aumentando i valori di resistenza a trazione e le caratteristiche di fatica, diminuendo la suscettibilità termica.

Possono essere impiegate per conglomerati bituminosi con % di vuoti > 15% (a n° giri medio N2 alla giratoria) per aumentarne la stabilità nel tempo.

Danno inoltre vantaggi sulle lavorazioni aumentando lo spessore della pellicola del legante e diminuendo problemi di colaggio del bitume, soprattutto in stagioni calde e per cantieri lontani dagli impianti.

L'elemento fibroso rinforzante può essere di natura minerale o sintetica; si possono usare soluzioni miste tramite l'aggiunta di prodotti cellulósici o anche polimerici (es polietilene ecc).

In ogni caso le fibre o la loro miscela dovranno essere in formato tale da impedire la dispersione in aria delle parti volatili durante la movimentazione e tutto l'arco temporale dell'impiego (ad es. pellets realizzati con elementi agglomeranti tipo cellulosa).

L'elemento rinforzante principale deve essere contenuto almeno al 70%, mentre le percentuali di impiego della fibra o delle sue miscele sono indicativamente 0,05% - 0,5% in peso sugli aggregati a seconda della tipologia di fibra impiegata o della presenza o meno delle miscele.

L'impiego delle fibre richiede l'utilizzo di macchinari per la corretta dosatura, disgregazione e dispersione nel conglomerato, oltreché per evitare fenomeni di dispersione in aria.

Le fibre o le loro miscele dovranno avere caratteristiche tali da disperdersi in modo capillare nel conglomerato.

Le dimensioni (diametro e lunghezza) delle fibre o delle loro miscele, dovranno essere tali da non risultare pericolose per inalazione e in generale non pericolose per il personale operante.

Le fibre rinforzanti, devono avere le seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche:

Tabella fibre rinforzanti

Lunghezza (μm)	200 - 6000
Diametro (μm)	8 - 20
Resistenza alla trazione (GPa)	1,5 - 3
Allungamento massimo (%)	1 - 3
Punto di fusione ($^{\circ}\text{C}$)	> 300 $^{\circ}\text{C}$

La validità delle fibre o delle loro miscele, dovrà esser verificata con le prove prestazionali del legante completo, ottenuto operando con le miscele drenanti standard di riferimento approvate dal CSS realizzando provini con e senza fibre valutandone l'efficacia in termini di resistenze a trazione diametrale.

Tutti i prodotti devono essere approvati sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati se non già preventivamente approvati dal CSS e devono essere accompagnati da scheda tecnica e di sicurezza.

7.6 TABELLA SINOTTICA DEI MATERIALI LEGANTI E LORO ADDITIVI

Le lavorazioni previste devono essere eseguite impiegando i leganti bituminosi adeguati:

Lavorazioni	Leganti			Additivi		
	TQ	HD		rigenerante	DP	
Usure A e B (D.01.021, D.01.024, D.01.027)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Usura B con compound polimerici (D.01.023)	TQ			rigenerante	DP	
Usura A con compound polimerici (D.01.028)	TQ			rigenerante	DP	
Usura drenante (D.01.036)		HD			DP	FB
Usura tipo dense graded confezionata a tiepido (D.01.039)	TQ				DP	
Usura a bassa emissione sonora (D.01.040)		HD		rigenerante	DP	
Usura con scorie d'acciaieria (D.01.042)		HD		rigenerante	DP	
Microtappeto di usura (D.01.048)			C60BP10			
Rappezzi localizzati (D.01.050)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Pavimentazione di marciapiedi (D.01.047)	TQ					
Binder (D.01.017)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Binder con compound polimerici (D.01.019)	TQ			rigenerante	DP	
Base (D.01.005)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Base con compound polimerici (D.01.006)	TQ			rigenerante	DP	
Basebinder (D.01.011)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Basebinder con compound polimerici (D.01.013)	TQ			rigenerante	DP	
Risagomature (D.01.008)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Risagomature con compound polimerici (D.01.007)	TQ			rigenerante	DP	

Lavorazioni	Leganti			Additivi		
Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione (D.01.010)			C60BP10	rigenerante		
Riciclaggio con bitume schiumato in sito (D.01.004.a)	TQ			rigenerante		
Riciclaggio a freddo di fondazione stradale con emulsione in sito (D.01.004.b)			C60B10	rigenerante		

Additivi rigeneranti/fluidificanti, DP e FB vanno utilizzati su indicazioni della DL.

7.7 TABELLA SINOTTICA DELLE MANI D'ATTACCO/ANCORAGGIO

Le lavorazioni previste devono essere eseguite applicando al di sopra degli strati compattati le mani d'attacco/ancoraggio adeguate come indicato nella tabella sottostante:

Lavorazioni	Mano d'attacco/ancoraggio					
Binder*	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Base*	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Basebinder*	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Risagomature	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione in sito				C60BP10		
Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione in impianto				C60BP10		
Riciclaggio con bitume schiumato in sito					C60B10	
Riciclaggio a freddo di fondazione stradale con emulsione in sito					C60B10	
Misto cementato					C60B10	
Misto granulare						C55B4

*Qualora l'usura da stendere al di sopra dello strato di binder sia di tipo aperto e nello specifico caso dei risanamenti superficiali, la mano d'attacco da applicare dovrà essere necessariamente realizzata con bitume modificato Hard (Vedi art. 7.1.2)

7.8 NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI

Bitumi semisolidi

Penetrazione	Normativa UNI EN 1426
Punto di rammollimento	Normativa UNI EN 1427
Punto di rottura Fraass	Normativa UNI EN 12593
Ritorno elastico	Normativa UNI EN 13398
Stabilità allo stoccaggio tube test	Normativa UNI EN 13399
Viscosità dinamica (metodo cono-piatto)	Normativa UNI EN 13702
Viscosità dinamica (cilindri coassiali)	Normativa UNI EN 13302
Perdita per riscaldamento in strato sottile (RTFOT)	Normativa UNI EN 12607-1

Emulsioni bituminose

Contenuto di bitume (residuo per distillazione)	Normativa UNI EN 1431
Contenuto d'acqua	Normativa UNI EN 1428
Grado di acidità	Normativa UNI EN 12850
Polarità delle particelle	Normativa UNI EN 1430
Recupero del legante	Normativa UNI EN 13074
Sedimentazione	Normativa UNI EN 12847

8 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

8.1 CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BASEBINDER, BINDER, USURA

Queste miscele possono essere impiegate per tutte le tipologie di lavorazione, **Manutenzione Ordinaria (MO)**, **Manutenzione Straordinaria (MS)** e **Nuove Costruzioni (NC)**, con l'eccezione della Base che dovrebbe essere impiegata per MO solo in casi di lavorazioni di piccole entità ed improrogabili.

8.1.1 DESCRIZIONE

Il conglomerato è costituito da una miscela di aggregati lapidei naturali (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi), e/o artificiali (argilla espansa, scoria di acciaieria, etc...), e/o in parte riciclati (provenienti da conglomerato bituminoso di recupero) impastata a caldo con bitume semisolido di cui

all'art. 7.1 di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Il conglomerato per i vari strati (base, basebinder, binder, usura) è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere marcatura CE relativamente alle grandezze indicate in premessa.

8.1.2 BITUME

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 7, i conglomerati di base, basebinder, binder e usura potranno essere realizzati con bitumi di base oppure con bitumi modificati.

8.1.3 AGGREGATI

Gli aggregati possono essere lapidei o di natura artificiale. In ogni caso dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043; i granuli non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli aggregati è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente (almeno) ai requisiti richiesti

8.1.4 AGGREGATO GROSSO (PEZZATURE DA 4 A 31,5 MM)

L'aggregato grosso sarà costituito da frantumati, ghiaie, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura diversa (anche di origine artificiale), purché alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare risponda ai seguenti requisiti.

8.1.4.1 STRATO DI BASE

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati aggregati lapidei frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 70% in peso. La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la Norma UNI EN 1097-2 dovrà essere inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

8.1.4.2 STRATO DI BASEBINDER

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati aggregati lapidei frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 80% in peso. La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la Norma UNI EN 1097-2 dovrà essere inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

8.1.4.3 STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)

Per questo strato dovranno essere impiegati esclusivamente aggregati lapidei frantumati (privi di facce tonde), con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

8.1.4.4 STRATO DI USURA

Dovranno essere impiegati frantumati di cava con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole classi granulometriche (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore o uguale a 20% ovvero, in percentuali ridotte, aggregati artificiali (argilla espansa, scorie di acciaieria ecc.), in questo caso sarà la DL a decidere, di volta in volta, l'idoneità dei materiali e le percentuali di impiego.

Poiché tali materiali possono avere pesi di volume notevolmente diversi dagli aggregati lapidei usuali, nella formulazione della granulometria degli aggregati e della percentuale di bitume si devono apportare adeguate correzioni per tenere conto delle diverse masse volumiche.

Gli aggregati dovranno poi rispondere ai seguenti requisiti:

- coefficiente di appiattimento minore o uguale a 15% (UNI EN 933-3);
- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) per singola tipologia di aggregato maggiore o uguale a 46 (UNI EN 1097-8);
- resistenza al gelo/disgelo minore o uguale all' 1% (UNI EN 1367-1).

E' facoltà di ANAS accettare l'impiego di aggregati "alluvionali", cioè provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti; in questo caso (fermo restando i requisiti richiesti), la percentuale di impiego di questi ultimi, sul totale degli aggregati, non deve essere superiore al 50%.

Gli aggregati alluvionali dovranno provenire dalla frantumazione di elementi sufficientemente grandi da essere formati da elementi completamente frantumati (privi di facce tonde) in percentuale (in peso) $\geq 80\%$; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

È inoltre facoltà di ANAS S.p.A. non accettare materiali che in precedenti esperienze abbiano provocato nel conglomerato finito inconvenienti (es.: rapidi decadimenti del CAT, scadente omogeneità nell'impasto per la loro insufficiente affinità con il bitume, ecc.) anche se rispondenti ai limiti sopraindicati.

I valori idonei di PSV non assicurano il raggiungimento dei prescritti valori di CAT in quanto sull'aderenza incidono anche altri fattori quali, ad esempio, la natura litologica della sabbia.

8.1.5 AGGREGATO FINO (PEZZATURE INFERIORI A 4 MM)

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione.

L'equivalente in sabbia determinato secondo la UNI EN 933-8 dovrà essere superiore od uguale a 75 nel caso di impiego in strati di usura, ovvero superiore o uguale a 60 negli altri casi.

8.1.6 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
 - setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%
 - setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%
 - setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12): NP
- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1): $\Delta_{R\&B} > 5\%$

8.1.7 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base+2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sottoindicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

8.1.7.1 BASE CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- **D.01.005** "conglomerato bituminoso per strato di Base"

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
Setaccio 31.5	100
setaccio 20	68-88
setaccio 16	55-78
setaccio 8	36-60
setaccio 4	25-48
Setaccio 2	18-38
Setaccio 0,5	8-21
setaccio 0,25	5-16
setaccio 0,063	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 3,8%-5,2% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 8 e 15 cm.

8.1.7.2 BASEBINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.011 "strato di Basebinder"

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
Setaccio 31.5	100
setaccio 20	78-100
setaccio 16	66-86
setaccio 8	42-62
setaccio 4	30-50
Setaccio 2	20-38
Setaccio 0,5	8-21
setaccio 0,25	5-16
setaccio 0,063	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,0%-5,3% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 7 e 12 cm.

8.1.7.3 BINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.017 "conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder)"

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
setaccio 20	100
setaccio 16	90-100
setaccio 12,5	66-86
setaccio 8	52-72
setaccio 4	34-54
Setaccio 2	25-40
Setaccio 0,5	10-22

setaccio 0,25	6-16
setaccio 0,063	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,1%-5,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 8 cm.

8.1.7.4 USURA TIPO "A" E "B" CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

Tipo "A"

- D.01.024 "strato di usura tipo A (4-6cm)"

Tipo "B"

- D.01.021 "strato di usura tipo B "

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %	passante totale in peso %
	FUSO A	FUSO B
setaccio 16	100	-
setaccio 12,5	90-100	100
setaccio 8	70-88	90-100
setaccio 4	40-58	44-64
Setaccio 2	25-38	28-42
Setaccio 0,5	10-20	12-24
setaccio 0,25	8-16	8-18
setaccio 0,063	6-10	6-10

Bitume, riferito alla miscela, 4,5%-6,1% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 6 cm per l'usura tipo A e 3 cm per il tipo B.

La DL si riserva la facoltà di decidere di volta in volta quale sarà il fuso di riferimento da adottare.

8.1.7.5 USURA A CON ARGILLA ESPANSA CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.027 "strato di usura tipo A (4-6 cm) con impiego di argilla espansa"

Ai fini di realizzare tratti con elevate caratteristiche di resistenza alla "lucidatura" è possibile impiegare nella miscela di usura "A" l'inerte artificiale argilla espansa; inoltre è possibile l'impiego di tale

materiale in aree dove mancano aggregati di adeguate prestazioni per la realizzazione delle miscele superficiali.

Gli aggregati dovranno avere resistenza alla levigabilità PSV ≥ 46 .

Per la realizzazione della usura A con argilla espansa valgono le stesse prescrizioni valide per l'usura tipo A con l'aggiunta delle seguenti condizioni per l'argilla espansa:

- l'argilla espansa dovrà essere di tipo resistente o strutturale con pezzatura 4/10mm
- la resistenza dei granuli allo schiacciamento ≥ 27 daN/cm²
- l'argilla dovrà essere impiegata in percentuali comprese tra 10 e 12 % in peso sulla miscela degli aggregati

La percentuale di bitume riferita alla miscela, deve essere compresa tra 5,4% e 6,8%.

Ai fini della lavorazione l'argilla espansa dovrà essere stoccata in cantiere in idonei siti per evitare che venga a contatto con pioggia o acqua in generale.

L'impiego di argilla espansa può essere esteso anche al binder con le stesse caratteristiche e modalità di impiego.

L'impiego della miscela di binder alleggerita (insieme all'usura) può essere prevista nel caso si voglia ridurre il peso proprio dell'impalcato nel caso di uso sui ponti o viadotti, consentendo imbottiture, impiego di barriere più pesanti, ampliamenti ecc.

8.1.7.6 CONGLOMERATI BITUMINOSI MIGLIORATI MEDIANTE L'ADDITIVAZIONE DI COMPOUND POLIMERICI

- **D.01.006** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di base"
- **D.01.013** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato basebinder"
- **D.01.019** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di collegamento (binder)"
- **D.01.023** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di usura tipo B"
- **D.01.028** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di usura tipo A (4-6 cm)"

Ai fini di elevare la resistenza meccanica (cioè la capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli) e la vita utile dei conglomerati bituminosi

chiusi con bitume Tal Quale 50/70 (tab 7.A) è possibile prevedere l'utilizzo di compound polimerici nelle miscele, appositamente studiati per tali scopi.

Tali prodotti, di norma, sono impiegati per lavorazioni su strade soggette a carichi pesanti o dove risulta difficoltoso reperire bitumi modificati.

Le formulazioni delle miscele in riferimento alla percentuale di legante, aggregati, curva granulometrica restano le medesime dei conglomerati tradizionali descritti nei paragrafi precedenti, così come le modalità di messa in opera.

La percentuale di impiego del compound dovrà essere compresa nell'intervallo 3%-5% rispetto al peso del bitume, e lo stesso dovrà essere aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto con l'utilizzo di una macchina pneumatica dosatrice dotata di bilancia e controllo delle quantità immesse.

Inoltre la quantità di impiego del compound dovrà essere dinamicamente correlata alla quantità di bitume immesso mediante l'interfacciamento della macchina dosatrice con l'impianto di produzione.

L'immissione deve avvenire subito dopo lo scarico degli aggregati e prima del bitume.

Il fornitore del compound dovrà assicurare la necessaria assistenza ai fini di garantire la giusta modalità di applicazione in impianto e durante la stesa del prodotto stesso.

Poiché la funzione principale di questa tipologia di prodotti è quella di aumentare la rigidità e la vita utile dei conglomerati, è estremamente importante effettuare gli studi di prequalifica per determinare i corretti dosaggi in funzione delle prestazioni da ottenere.

Ai fini della verifica delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dovranno essere realizzati provini con pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

	Usura A e B	Binder	Base e basebinder
Pressione verticale kPa	600 ± 3		
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02		
Velocità di rotazione (giri/min)	30		
Diametro provino (mm)	100	100	150
Numero di giri totali (N3)	210	180	180

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura A e B	Binder, Basebinder, Base	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	10	11-15
N2	120	100	3-6
N3	210	180	>2

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C e 40 °C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	T = 25°C	T = 40°C
Trazione indiretta		
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,90 - 2,2	0,55 - 1,00
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 90	≥ 55

In aggiunta ai controlli tradizionali in opera vanno eseguite sui carotaggi anche le prove di modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C) che dovranno rispettare i seguenti requisiti:

Modulo di rigidezza (MPa)	Usura A e B, Binder, Basebinder, Base
Temperatura di prova 20 °C	3000 - 8000
Temperatura di prova 40 °C	500 - 1000

(*) I provini ricavati dalle carote dovranno avere spessori compresi tra 30 mm e 75 mm

Caratteristiche dei polimeri impiegabili

L'impiego di tali prodotti dovrà essere approvato dalla DL, inoltre tali prodotti devono essere accompagnati da scheda di sicurezza e scheda tecnica (redatta secondo le indicazioni riportate nel CSA) dove sono indicate caratteristiche, modalità di impiego e provenienza.

Il compound dovrà essere formato da granuli semisolidi a basso peso molecolare dalle seguenti caratteristiche:

Compound polimerico			
caratteristiche	norma	unità di misura	valori
Composizione (polimero sia vergine che riciclato)	ISO 11357 (analisi DSC) e 11348 (analisi TGA)	% in peso	Polipropilene (PP) 60÷70 Polietilene (LDPE e HDPE) 16÷30
Aspetto	-	-	Granuli di forma omogenea
Odore	-	-	Inodore
Dimensioni	-	mm	2-4
Umidità	ISO 15512 (Karl Fischer)	%	< 1
Densità	ISO 1183-1 (metodo per immersione)	g/cm ³	0,70-1,34
Ceneri	UNI ISO 3451-1	%	10÷14
Volatile matter	ASTM D5668 (1 ora a 120°C)	%	0,5 - 0,9
Indice di fluidità	ISO 1133	cc/10'	230°C / 2,16 kg MVR: 10 - 40 190 °C / 5 kg MVR: 3,5 - 4,5
Indice di fluidità	ISO 1133	g/10'	230°C / 2,16 kg MVR: 7,5 - 34,5 190 °C / 5 kg MVR: 3,2 - 4,2

Il fornitore deve consegnare documentazione (test di cessione, emissioni in atmosfera, ecc) attestante la sicurezza del prodotto che non dovrà rilasciare sostanze pericolose sia a caldo (per le temperature di stesa previste dal CSA) che a freddo (temperature di esercizio delle pavimentazioni);

- essere conforme al regolamento REACH;
- essere dotato di marchio "Plastica Seconda Vita" o analogo.

8.1.7.7 USURA TIPO "A" E "B" A BASSA LEVIGABILITÀ (ELEVATA ADERENZA)

- **D.01.042** "conglomerato bituminoso per tappeto d'usura con inerte con scorie di acciaieria"

Ai fini di realizzare tratti con elevate caratteristiche di aderenza è possibile impiegare nella miscela di usura inerti artificiali; inoltre è possibile l'impiego di tale materiale in aree dove mancano aggregati di adeguate prestazioni per la realizzazione delle miscele superficiali.

Per la realizzazione della usura con scorie di acciaieria valgono le stesse prescrizioni indicate per l'usura tipo A e B.

Poiché l'inerte artificiale può avere pesi di volume notevolmente diversi dagli aggregati lapidei usuali, nella formulazione della granulometria degli aggregati e della percentuale di bitume si devono apportare adeguate correzioni per tenere conto delle diverse masse volumiche. Nel mix design vanno obbligatoriamente indicate le percentuali di impiego delle singole frazioni granulometriche e del bitume sia riferite al peso che al volume della miscela.

Il fuso granulometrico dovrà essere rispettato impiegando una percentuale in peso da un minimo del 20% a un massimo del 30% di aggregato artificiale costituito da scorie di acciaieria.

Bitume modificato hard, riferito alla miscela, 4,5%-5,7% (UNI EN 12697-1 e 39).

Gli aggregati artificiali costituiti da scorie di acciaieria dovranno avere resistenza alla levigabilità $PSV \geq 50$ e una perdita in peso alla prova Los Angeles (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore al 20%.

8.1.7.8 USURA TIPO SMA (SPLITT MASTIX ASPHALT)

- **D.01.035** "conglomerato bituminoso per tappeto d'usura tipo SMA (Splitt Mastix Asphalt) ad elevata rugosità superficiale"

Lo splittmastix è una miscela a granulometria discontinua, con elevata percentuale di bitume modificato HD (art. 7.2.1) e filler, con additivi stabilizzanti ed è a basso tenore di vuoti.

Lo SMA viene realizzato nell'obiettivo di incrementare le caratteristiche di durabilità, resistenza alle deformazioni, rugosità superficiale (macrorugosità) ed impermeabilità verso gli strati inferiori.

Gli aggregati dovranno essere tutti di frantumazione, naturali e rispondere ai seguenti requisiti:

- coefficiente di appiattimento minore o uguale a 15% (UNI EN 933-3);
- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) per singola tipologia di aggregato maggiore o uguale a 46 (UNI EN 1097-8);
- perdita in peso alla prova Los Angeles (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore al 20%.
- resistenza al gelo/disgelo minore o uguale all' 1% (UNI EN 1367-1).

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
	FUSO
setaccio 16	100
setaccio 12,5	90-100
setaccio 8	50-70
setaccio 4	28-44
Setaccio 2	20-31
Setaccio 0,5	13-22
setaccio 0,25	10-18
setaccio 0,063	8-12

Bitume modificato HD, riferito alla miscela, 6,0%-7,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 3,5 e 5 cm.

Ai fini della verifica delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dovranno essere realizzati provini con pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 ± 3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	100
Numero di giri totali (N3)	180

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	SMA	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	8-13
N2	100	2-4
N3	180	≥ 1

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume HD
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,95 - 1,70*
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

È previsto l'impiego di fibre addensanti/stabilizzanti di cellulosa, minerali o sintetiche (o miste) ai fini di stabilizzare il mastice di bitume nella percentuale indicativa 0,2%-0,4% in peso sugli inerti.

Nella miscela di progetto dovrà essere specificata la tipologia di fibre impiegate e la loro idoneità all'uso comprese le caratteristiche di sicurezza richiamate al punto 7.5 "Fibre per il rinforzo del bitume".

Particolare attenzione dovrà essere posta alle temperature di produzione e stesa ed alle modalità di messa in opera in relazione alla presenza dell'elevato tenore di bitume e filler che insieme alle fibre compongono il "mastice".

Sono da evitare gli impieghi dei rulli gommati (o misti acciaio gomma).

Le restanti caratteristiche e requisiti richiesti della miscela non specificati fanno riferimento ai requisiti richiesti per l'usura tipo A.

8.1.8 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I conglomerati dovranno avere ciascuno i requisiti descritti nei punti a cui si riferiscono.

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 ± 3	
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02	
Velocità di rotazione (giri/min)	30	
Diametro provino (mm)	150	Per base e basebinder
Diametro provino (mm)	100	Per usura A ,B e binder

8.1.8.1 STRATO DI BASE E BASEBINDER

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque eventuale assestamento del sottofondo anche a lunga scadenza.

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia dalla miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Base e basebinder		% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	HD	
N1	10	10	11-15
N2	100	120	3-6
N3	180	200	≥ 2

Le miscele studiate in laboratorio e quelle prodotte in impianto e prelevate alla stesa, compattate mediante pressa giratoria a N3, dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con bitume HD
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,72 – 1,40*	0,95 – 1,70*
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 60	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

8.1.8.2 STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli. I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia dalla miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	binder		% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	HD	
N1	10	10	11-15
N2	100	120	3-6
N3	180	200	≥ 2

Le miscele studiate in laboratorio e quelle prodotte in impianto e prelevate alla stesa, compattate mediante pressa giratoria a N3, dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C. I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con e HD
Rt (GPa x 10-3)	0,72 – 1,40*	0,95 – 1,70*
CTI (GPa x 10-3)	≥ 60	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

8.1.8.3 STRATO DI USURA

Elevata resistenza meccanica e rugosità superficiale.

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura A e B		% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	HD	
N1	10	10	11-15
N2	120	140	3-6
N3	210	230	≥ 2

Le miscele studiate in laboratorio e quelle prodotte in impianto e prelevate alla stesa, compattate mediante pressa giratoria a N3, dovranno essere testate a trazione diametrica a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con bitume HD
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,72 – 1,40*	0,95 – 1,70*
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 60	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

8.1.8.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le seguenti attività di controllo, di tipo prescrittivo, si applicano sempre ai lavori di Manutenzione Ordinaria (MO), ai lavori di Manutenzione Straordinaria (MS) e Nuove Costruzioni (NC) secondo quanto indicato nella premessa e riportato nell'art. 11.1.

L'Impresa è poi tenuta a provvedere con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, alla composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali delle miscele (mix design).

Una volta accettata dalla DL la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Le tolleranze ammesse relative alla granulometria risultante rispetto alla miscela ottimale approvata sono:

Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	5%
Aggregato fino (passante setaccio al 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	3%
Additivi Filler (passante al setaccio 0,063mm)	1,5%

Per la percentuale di bitume non sarà accettato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,3\%$ e sempre contenuta nei limiti indicati per ciascuna miscela. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate in stesa, all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Dovranno essere effettuati i seguenti controlli:

- 1) la verifica granulometrica dei singoli aggregati prelevati in impianto;
- 2) la verifica della composizione del conglomerato andrà effettuata mediante estrazione del legante con ignizione o sistemi a solvente dalla quale verrà ricavata la granulometria e la percentuale di legante, prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o dietro finitrice;
- 3) sui prelievi di conglomerato andranno inoltre realizzati provini giratoria per il controllo della percentuale dei vuoti e delle resistenze diametrali che dovranno rispettare gli intervalli espressi (art. 8.1.8);
- 4) i controlli 2 e 3 saranno effettuati ogni 400 tonnellate per base e basebinder e ogni 200 tonnellate per binder e usura. Per piccole stese (<300mt) almeno n.1 prelievo a lavorazione per ciascuno strato. Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

In particolare la verifica delle caratteristiche del **bitume** dovrà essere fatta almeno ogni 500 m³ di conglomerato (per ciascun strato) con prelievi a norma UNI EN 58 sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto.

Per lavorazioni di estensione inferiori a 500mt è sufficiente un prelievo per strato

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la DL effettuerà a sua discrezione tutte le verifiche, prove e controlli che riterrà necessari atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

8.1.8.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicurino una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La DL potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammanimento degli aggregati lapidei sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati lapidei con il legante.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160° e 180°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della DL in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

8.1.8.6 POSA IN OPERA

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla DL in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La DL si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa per mano di attacco per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti di inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma ecc) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e /o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

L'impianto di confezionamento del conglomerato dovrà essere collocato di norma entro un raggio di 70 chilometri dalla zona di stesa.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 160°C per conglomerati con bitume modificato e 140°C per conglomerati con bitumi normali.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento di norma dovrà essere realizzato con rulli dei seguenti tipi:

- strato di base, basebinder e binder - rullo tandem vibrante più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 14 tonnellate, oppure rullo combinato ferro-gomma;
- strato di usura - rullo tandem vibrante con peso di almeno 10 tonnellate, oppure combinato ferro-gomma.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 tonnellate per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4,00 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; sarà tollerato uno scostamento di 5 mm. Inoltre l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto nell'art. 11. Per lo strato di base la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto granulare dovrà essere realizzata una mano di ancoraggio con emulsione a lenta rottura (vedi art. 7.2.2) coperta con sabbia fine o filler al fine di evitare l'asportazione da parte dei mezzi d'opera. L'eventuale materiale in eccesso non trattenuto dall'emulsione bituminosa deve essere rimosso prima della stesa del conglomerato bituminoso.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato per garantirne l'ancoraggio dovrà essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo la stesa in doppio strato i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere eventualmente interposta una mano d'attacco di emulsione bituminosa o bitume preferibilmente modificato in ragione di 0,6-1,2 kg/m².

Nel caso di risanamenti superficiali l'uso del bitume modificato Hard come mano di attacco è d'obbligo.

Tra i vari strati deve comunque essere sempre prevista la mano di attacco.

8.1.8.7 CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO (FRESATO) – MODALITA' DI REIMPIEGO

In caso di utilizzo di materiale bituminoso di recupero (fresato), la classificazione del materiale andrà fatta secondo la UNI EN 13108/8.

I conglomerati bituminosi di recupero delle pavimentazioni, per brevità chiamati nel seguito "fresati", sono materiali provenienti da fresature dirette, a freddo, o da demolizioni a blocchi di pavimentazioni preesistenti sottoposte a successiva frantumazione. Essi possono essere utilizzati nei conglomerati bituminosi a caldo, nel riciclaggio a freddo oppure nella formazione dei rilevati fino a un massimo del 30% della miscela degli aggregati.

Il fresato non può essere impiegato negli strati di fondazione e sottofondazione in misto granulare (senza leganti aggiunti) e nei misti cementati.

L'impiego del fresato deve rispondere a quanto prescritto dal TU Ambientale 152/06 e successive integrazioni. In particolare, la messa in riserva e l'impiego di fresato per gli usi sopra descritti, al di fuori dei conglomerati bituminosi, è subordinato all'esecuzione del "test di cessione" sul rifiuto eseguito sul materiale tal quale, secondo il metodo riportato in allegato n° 3 al Decreto Ministeriale del Ministero dell'Ambiente n° 72 del 5 febbraio 1998 (Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del DL n° 22 del 5 febbraio 1997).

I materiali risultanti positivi o vengono inertizzati prima dell'uso (per lavaggio o per rivestimento con calce) o devono essere inviati a discarica autorizzata.

Ai fini del massimo reimpiego nelle miscele a caldo di conglomerati bituminosi fresati, si danno qui di seguito le indicazioni necessarie al corretto utilizzo.

Per gli strati di base basebinder e binder si possono usare fresati di qualsiasi provenienza, mentre per le miscele da impiegare negli strati di usura va usato solo fresato proveniente da strati di usura aperte o chiuse purché le caratteristiche dell'aggregato grosso siano conformi a quelle previste per gli aggregati di primo impiego.

Tutto il fresato prima dell'impiego va "vagliato" al 30 mm, per gli strati di base e basebinder, e al 20 mm per gli strati di binder e usura; ciò al fine di evitare di comprendere elementi grossolani e per ridurre la "variabilità" della miscela.

L'impiego dei fresati comporta l'impiego di rigeneranti (0,2 – 0,5% in peso sul bitume totale) per il vecchio bitume; tali rigeneranti devono essere approvati come indicato all'art 7.3 e vanno impiegati in particolari zone (es. zone ad elevato traffico) e sempre su indicazione della DL.

In caso di impiego di fresato le percentuali minime di bitume totale salgono di 0,2% per tutte le miscele (vedi punti 8.1.7e 8.1.8) considerando nella miscela totale anche il bitume contenuto nel fresato.

Il controllo della percentuale di fresato da parte della DL potrà essere effettuato direttamente in impianto.

Ai fini del reimpiego (in base alla disponibilità e alla tipologia dell'impianto) e possibile impiegare le seguenti percentuali di fresato:

% di impiego di fresato				
Conglomerato	Usura A e B	Binder	Basebinder	Base
% di fresato	≤15	≤20	≤20	≤25
% di rigenerante sul bitume	0,2	0,2	0,3	0,3
	0,4	0,4	0,5	0,5

L'Impresa che si avvale di impianti di produzione moderni per la gestione di elevati quantità di fresato, può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una maggiore quantità di fresato (fino al 40% per strati di base, fino al 35% per strati di collegamento e fino al 25% per strati di usura chiusa, escluso il drenante) a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal conglomerato bituminoso di recupero.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) - contenente un accertamento delle prestazioni/caratteristiche meccaniche che devono risultare del tutto simili a quelle del conglomerato bituminoso senza fresato - che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, ha facoltà di accettare o meno la proposta.

8.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA DRENANTE E DRENANTE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA

- **D.01.036** "Strato di usura drenante"

Il conglomerato bituminoso per usura drenante è costituito da una miscela di pietrischetti frantumati, possibilmente di origine effusiva, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con bitume modificato.

Queste miscele possono essere previste per tutte le tipologie di lavorazione, **Manutenzione Ordinaria (MO) Manutenzione Straordinaria (MS) e Nuove Costruzioni (NC)**.

Dovranno essere impiegate prevalentemente con le seguenti finalità:

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale soprattutto nelle zone con ridotta pendenza di smaltimento (zone di transizione rettifilo-clotoide, rettifilo-curva).

- abbattimento del rumore di rotolamento (elevata fonoassorbenza)

Gli aggregati dovranno essere stoccati in appositi siti, ben separati fra le varie pezzature e in zone prive di ristagni d'acqua o di terreni argillosi.

I leganti bituminosi devono essere stoccati in idonee cisterne con controllo delle temperature.

Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere marcatura CE relativamente alle grandezze indicate in premessa.

8.2.1 AGGREGATI LAPIDEI

Gli aggregati devono essere costituiti da aggregati naturali (preferibilmente di natura basaltica) o in percentuali ridotte da aggregati artificiali (argilla espansa, scorie di acciaieria ecc.), in questo caso sarà la DL a decidere, caso per caso, l'idoneità dei materiali e le percentuali di impiego.

E' facoltà di Anas Spa accettare l'impiego di aggregati "alluvionali", cioè provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti, in questo caso, fermo restando tutti gli altri requisiti, la percentuale (totale) di impiego di questi ultimi non deve essere superiore al 40%.

Gli aggregati alluvionali dovranno provenire dalla frantumazione di elementi sufficientemente grandi da essere formati da elementi completamente frantumati (privi di facce tonde) in percentuale (in peso) $\geq 80\%$; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore con i seguenti requisiti:

- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) maggiore o uguale a 46 (UNI EN 1097-8);
- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) non superiore al 18% in peso;
- resistenza al gelo e disgelo (UNI EN 1367-1) ≤ 1 ;
- coefficiente di appiattimento inferiore o uguale al 15% (UNI EN 933-3);
- percentuale di superfici frantumate (UNI EN 933-5) uguale a 80%.

Per gli aggregati fini in particolare;

- l'equivalente in sabbia, di una eventuale miscela delle sabbie da frantumazione, determinato secondo la prova (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore a 75;
- passante al setaccio 0,063 (UNI EN 933-1) < 18 .

Gli additivi dovranno rispettare i seguenti requisiti;

- passante al setaccio 2 mm (UNI EN 933-10) uguale al 100%;
- passante al setaccio 0,125 (UNI EN 933-10) compreso tra 85 e 100%;
- passante al setaccio 0,063 (UNI EN 933-10) compreso tra 70 e 100%;
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) N.P;
- palla e anello (filler/bitume=1,5) (UNI EN 13179-1) $\Delta_{R\&B} > 5\%$.

L'impiego di fibre per il rinforzo strutturale delle miscele avverrà con quantità comprese tra 0,05 e 0,5% (art.7.5) in peso sugli aggregati a seconda del tipo di fibra impiegata e comunque secondo le quantità e le modalità indicate sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati, oppure su quelle preventivamente eseguite dal CSS.

8.2.2 MISCELA

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei seguenti fusi:

	USURA DRENANTE (sp. 4-6 cm)	DRENANTE CON ARGILLA ESPANSA (sp. 3-4 cm)
setacci UNI	passante totale % in peso	passante totale % in peso
Setaccio 20	100	
Setaccio 14	90-100	100
Setaccio 12,5	-	94-100
Setaccio 10	-	75-85
Setaccio 8	12-35	-
Setaccio 6,3	-	20-32
Setaccio 4	7-18	8-14
Setaccio 2	6-12	6-12
Setaccio 0,5	5-11	5-11
Setaccio 0,25	5-10	5-10
Setaccio 0,063	4-8	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,8%-5,8% per usura drenante (UNI EN 12697-1 e 39) e 5,3%-6,3% per usura drenante con argilla espansa

Per la realizzazione del drenante alleggerito con argilla espansa valgono le seguenti indicazioni:

- L'argilla espansa dovrà essere di tipo strutturale con pezzatura 6/14
- Resistenza dei granuli allo schiacciamento ≥ 43 daN/cm²
- L'argilla dovrà essere impiegata in percentuali in peso comprese tra 10 e 12 %

Ai fini della lavorazione l'argilla espansa dovrà essere stoccata in cantiere in idonei siti per evitare che venga a contatto con pioggia o acqua in generale.

L'impiego dell'argilla espansa è possibile in aree dove il costo degli aggregati naturali delle dovute caratteristiche risulta elevato per ragioni di reperibilità; inoltre aumenta le performance di durata in relazione alla lucidatura.

Entrambi i fusi favoriscono una elevata fonoassorbenza.

La DL al fine di verificare l'elevata fonoassorbenza, si riserva la facoltà di controllare mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso sempre effettuato dopo il 15° giorno della stesa del conglomerato. In questo caso con una incidenza radente di 30° i valori di α dovranno essere:

frequenza (Hz)	coeff. fonoassorbimento
400 / 630	$\alpha > 0,25$
800 / 1250	$\alpha > 0,50$
1600 / 2500	$\alpha > 0,25$

8.2.3 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura drenante	Drenante alleggerita	% vuoti
N1	10	10	≥ 28
N2	50	50	≥ 22
N3	130	130	≥ 20

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Usura drenante	Drenante alleggerito
Rt (GPa x 10-3)	0,36 – 0,70	0,34 – 0,68
CTI (GPa x 10-3)	≥ 30	≥ 25

8.2.4 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicurino una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La DL potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

8.2.5 POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 8.1.8.6ad eccezione della temperatura di costipamento che dovrà essere compresa tra i 150°C e 180°C per le miscele ottenute con legante bituminoso con modifica tipo hard. La compattazione dovrà essere effettuata con rulli metallici del peso di 8÷12 tonnellate.

Il rullo deve seguire da vicino la finitrice e la compattazione deve essere condotta a termine in continuo senza interruzioni.

Vanno immediatamente rimosse e rifatte zone che presentino anomalie di stesa, segregazioni, sgrature.

Il trasporto impianto-cantiere di stesa deve avvenire con mezzi idonei che evitino la formazione di crostoni o eccessivi raffreddamenti superficiali.

Al termine dello scarico del materiale nella finitrice i mezzi di trasporto del conglomerato è vietato scaricare nel cavo eventuali residui di conglomerato rimasti sul camion.

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale prima di provvedere alla stesa di una uniforme mano di attacco con bitume modificato HD (7.1.2 tabella 7.B), nella quantità compresa tra 1,0 e 1,5 kg/m² (secondo le indicazioni della DL) e, se necessario, il successivo eventuale spargimento di uno strato di filler ; potrà essere anche richiesta la preventiva stesa di un tappeto sottile di risagomatura ed impermeabilizzazione del supporto, per consentire il

perfetto smaltimento delle acque. La DL indicherà di volta in volta la composizione di queste miscele fini. Dovrà altresì essere curato lo smaltimento laterale delle acque che percolano all'interno dell'usura drenante.

La stesa del conglomerato deve essere sospesa in caso le condizioni meteorologiche possano pregiudicare la riuscita del lavoro e comunque sempre in caso di pioggia o temperatura esterna <10 °C o in condizioni di piano di posa umido.

La capacità drenante dovrà essere misurata mediante permeabilmetro a colonna. Le prove sono da effettuarsi preferibilmente durante la fase di lavorazione (ad almeno 4 ore dalla fine della posa in opera, non appena il conglomerato si è freddato).

Le misure (singole) vanno fatte ad almeno 50 cm dai bordi con frequenza di almeno 10 misure per km per ciascuna corsia.

	Usura drenante	Drenante alleggerito
Capacità drenante lt/min	≥ 18	≥ 15

Ai fini della valutazione della aderenza, nel caso l'intervento interessi tratte brevi o con particolari caratteristiche geometriche tali da non poter effettuare misure con mezzi ad alto rendimento, la valutazione potrà essere effettuata mediante misura di attrito radente PTV con Skid Tester (UNI EN 13036-4) misurato tra il 60° e il 180° giorno di apertura al traffico che dovrà risultare:

	Usura drenante	Drenante alleggerito
PTV	≥ 55	≥ 60

8.3 CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA COMPATTAZIONE DELLE MISCELE

Per ogni lavorazione descritta nelle presenti Norme Tecniche sono indicati i mezzi più adatti per eseguire un buon costipamento.

A riprova della presenza e del buon uso dei sistemi di compattazione dei diversi strati presenti in opera la percentuale dei vuoti (rilevabile da carotaggi) dovrà risultare nei limiti della tabella seguente:

Lavorazioni	% dei vuoti (Vm : UNI EN 12697-8)	
	min.	max.
Base	3	9
Basebinder	3	9
Binder	3	8
Usure A e B	3	8
SMA	2	7
Drenante	16	27
Drenante con argilla espansa	15	26

Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione.

8.4 REQUISITI DI LABORATORIO SOTTOPOSTI A DETRAZIONE

Le caratteristiche tecniche rilevate da misure di laboratorio dei conglomerati bituminosi eseguiti a caldo oggetto di detrazioni riguardano la percentuale e la qualità del bitume e lo spessore del conglomerato bituminoso in opera.

- *Qualità e percentuale di bitume*

Ai fini dell'applicazione della detrazioni penale dovranno essere rispettate le caratteristiche richieste nella prova di cui all'art. 7.1 tabelle 7.A e 7.B relativamente alla Penetrazione, Palla e Anello e Viscosità a 160°C sul bitume prelevato in impianto, con una tolleranza del 10% sui range (ad es. se la penetrazione prevista è 50-70 dmm le soglie per la penale sono $50-0,1*50=45\text{dmm}$ e $70+0,1*70=77\text{dmm}$).

Sempre ai fini della applicazione della penale dovrà essere rispettata la conformità della percentuale di legante rilevato mediante estrazione rispetto a quella approvata (di progetto) contenuta negli studi di formulazione della miscela in esame.

Rispetto al contenuto di bitume di progetto (che dovrà essere sempre contenuto nei range delle percentuali del bitume di cui agli art. 8.1.7 e 8.2.) ai fini dell'applicazione della penale è ammessa una tolleranza (T) di $\pm 0,3$ della percentuale di bitume.

La percentuale di bitume dovrà essere sempre riferita in peso rispetto alla miscela e potrà essere misurata su carotaggi eseguiti sulla pavimentazione o da conglomerato sciolto prelevati in fase di stesa e sarà eseguita secondo UNI EN 12697-1 o 39.

La DL potrà applicare la penale anche nel caso una sola delle quattro grandezze di cui sopra risulti fuori dalle tolleranze descritte.

Calcolo della penale per difetto della quantità di bitume

$$\% \text{ detrazione} = 10 B + 25 B^2$$

con B = valore assoluto (% bitume misurata - % bitume di progetto) – T

con T= 0,3

In assenza dello studio della miscela, si farà riferimento al valore medio dell'intervallo di accettazione

Calcolo della penale per difetto della qualità di bitume

Qualora una o più delle grandezze di cui sopra non risulti nei range descritti verrà detratta del 15% una quantità standard CM di conglomerato bituminoso ad un prezzo PS, calcolata secondo il seguente metodo:

$$CM \text{ (metri cubi)} = Q / (2,3 \times 0,045)$$

$$D \text{ (euro)} = 0,15 \times CM \times PS$$

CM= Quantità di conglomerato bituminoso (in metri cubi) realizzato con la fornitura di Q tonnellate di bitume

Q = Quantità in tonnellate della fornitura di bitume a cui il prelievo si riferisce, nel caso in cui non si riesca a risalire alla quantità Q di bitume si considererà Q = 20 tonnellate.

PS = prezzo in €/m³ di aggiudicazione dei lavori del conglomerato realizzato con il bitume in oggetto

D = valore da detrarre in euro (€)

Nel caso lo stesso bitume sia utilizzato per più tipologie di conglomerato si utilizzerà il conglomerato con il prezzo più alto.

- *Spessori degli strati della pavimentazione (mediante carotaggi)*

La valutazione della conformità degli spessori realizzati a quelli di progetto è eseguita mediante carotaggi .

La misura di spessore con carotaggi, valutato attraverso la Norma UNI EN 12697-36, sarà basata su carote di diametro compreso tra 100 e 200 mm (le cui frequenze di campionamento sono indicate all'art. 11.1). Per ciascuna carota sarà determinato lo spessore medio SM (quattro misure su diametri ortogonali) da confrontare con lo spessore di progetto.

Sarà applicata la detrazione per spessori in difetto con le seguenti tolleranze (T):

strato di usura (A e B), Usura drenante e usura drenante con argilla espansa 5%

strato di binder 7%

strati di base e basebinder 10%

La detrazione sarà calcolata nel seguente modo:

$$DP_{(\%)} = 100 * \frac{(SP - SM)}{SP}$$

$$D_{(euro)} = \frac{(DP - T)}{100} * 3 * PR * A$$

dove:

DP = differenza percentuale tra lo spessore di progetto del singolo strato e quello rilevato

SP = spessore di progetto del singolo strato (mm)

SM = spessore medio del singolo strato misurato sulla carota (mm)

T = tolleranza in %

PR = prezzo (€/m²)

A = area di influenza della carota in m²

D = valore da detrarre in euro (€)

La superficie di detrazione A sarà calcolata moltiplicando l'area di influenza della carota (interasse delle carote) per la larghezza dell'intervento.

Nel caso di scostamenti per difetto degli spessori degli strati rispetto a quelli di progetto superiori al 25% si deve ordinare la rimozione e il rifacimento dello strato a totale carico dell'Impresa. Non trova applicazione la tolleranza.

L'applicazione delle clausole di questo articolo non esclude quelle previste in altri articoli.

9 STRATO DI BASE RICICLATO A FREDDO

- **D.01.010** "Strato di base realizzato in impianto o in sito mediante l'impiego di fresato riciclato mediante impiego di emulsione bituminosa modificata e cemento"

Il riciclaggio a freddo mediante emulsione modificata delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso viene realizzato reimpiegando materiali fresati da pavimentazioni stradali, opportunamente selezionati, legati nuovamente con emulsione, stesi e compattati.

La tecnologia viene impiegata per riciclare pacchetti di conglomerato bituminoso ammalorati in sito o già stoccati in cantiere (fresati).

La tecnologia del riciclaggio con emulsione prevede diverse modalità operative:

- in sito mediante treno di riciclaggio mobile o tramite idonee riciclatrici
- in impianto fisso o tramite impianti semoventi (su rimorchi) che hanno la possibilità di essere collocati in aree vicino al sito di stesa

Lo spessore del singolo strato (compattato) potrà variare da 14 a 20 cm.

9.1 AGGREGATI LAPIDEI

La tecnologia del riciclaggio con emulsione permette di riciclare fresati di pavimentazioni ammalorate per la formazione di strati di base e basebinder, miscelando con emulsione bituminosa modificata, cemento e acqua il fresato (in sito o in impianto idoneo) stendendo (con finitrice) e compatando il pacchetto risultante.

Per la realizzazione della miscela ai fini del raggiungimento delle necessarie caratteristiche tecniche (granulometria, resistenza, portanza) è consentita l'integrazione con aggregati frantumati di cava (frantumazione 100%) nella percentuale massima del 25%.

9.2 LEGANTE E ADDITIVI

Per legante si dovrà impiegare emulsione bituminosa modificata (con SBS e/o lattice) sovrastabilizzata secondo le caratteristiche indicate all'art. 7.2.5, in percentuali comprese tra 3,5 e 4,5% in peso sugli aggregati;

In aggiunta all'emulsione dovrà essere impiegato cemento in percentuali tra 1,1 e 2,0% in peso sugli aggregati

L'acqua di aggiunta dovrà essere pura priva di sostanze organiche.

La miscela di materiale da riciclare ed eventuali aggregati freschi sarà tale da avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso prescritto

Granulometria materiale post estrazione

Apertura Setacci (mm)	Fuso	
31,5	100	100
20	68	92
14	50	75
8	36	60
4	25	48

2	18	38
0,25	8	20
0,125	5	14
0,063	4	9

La granulometria del conglomerato bituminoso di recupero (fresato) deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo granulazione e vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer (senza l'aggiunta dei leganti), quando sia prevista la miscelazione in sito.

9.3 STUDIO DELLA MISCELA

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante **pressa giratoria** con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 ± 3
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

Per le resistenze si dovranno realizzare provini con pressa giratoria con n° giri 180 con le seguenti caratteristiche.

	3 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,32-0,55	Diametro 150mm – altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,2 – 2,5	Diametro 150mm – altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C per 72 ore e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali dei leganti (cemento ed emulsione) e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione come di seguito descritto a titolo di esempio:

emulsione (%)	3,5			4,0			4,5			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
cemento (%)	1,0			1,5			2			
Acqua di compattaz. (%) (*)	4	5	6	4	5	6	4	5	6	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta

9.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di fresato, di legante e di emulsione per la relativa accettazione.

L'Impresa è poi tenuta a provvedere con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, a fornire la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali.

Una volta accettata dalla DL la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Per la percentuale di bitume totale (vecchio più quello proveniente da emulsione) non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,8\%$.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Dovranno essere effettuati con frequenza ritenuta idonea dalla DL:

- la verifica dell'emulsione da impiegare
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume) prelevando il conglomerato all'uscita dell'impianto, mobile o fisso ;
- la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito (peso di volume e percentuale di vuoti ecc.);
- la verifica delle resistenze diametrali .

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli sull'impianto ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	> 60
24 ore	200-600

9.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

La buona compattazione della miscela andrà verificata tramite la misura della portanza LWD a 4 ore e 24 ore e attraverso l' I_{S300} (Indice Strutturale) tramite il TSD o il FWD. Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione.

Un valore della percentuale dei vuoti rilevabile dai carotaggi dovrà attestarsi sui valori del 9% fermo restando la non applicabilità di eventuali penali correlate alla percentuale dei vuoti. Resta valida l'applicazione della penale prevista all'art. 11.5 bis per la non conformità del parametro Rt.

Il fresato deve essere vagliato (o granulato) al fine di evitare la permanenza di crostoni e materiale con dimensioni > 40 mm.

9.6 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

Dopo la miscelazione in impianto, la stesa dovrà essere realizzata con idonea macchina vibro-finitrice.

Nel caso di miscelazione in sito con pulvimixer, prima dello spianamento con la livellatrice, la miscela deve essere omogeneamente addensata mediante uno o due passaggio di rullo monotamburo vibrante. In entrambi i casi la compattazione dovrà essere effettuata con rullo monotamburo vibrante di almeno 19 tonnellate accoppiato ad un rullo gommato di almeno 24 tonnellate.

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

In particolare sono altresì a carico dell'Impresa i seguenti oneri per:

- gli studi delle miscele e della proposta di formulazione del materiale da riciclare che dovranno essere presentati alla Committente con congruo anticipo e approvati dalla DL prima dell'inizio delle lavorazioni;
- l'esecuzione, in corso d'opera mediante idoneo laboratorio mobile di prelievi giornalieri allo scopo di determinare le caratteristiche del materiale riciclato;
- l'eliminazione delle eventuali eccedenze di materiale;
- i materiali di risulta delle demolizioni parziali o totali delle sovrastrutture o altro ritenuti idonei dalla Direzione dei Lavori dovranno essere reimpiegati per la confezione di nuovi conglomerati bituminosi nelle percentuali, modalità e norme definite dalla Società Appaltante.

L'Impresa dovrà a sue spese provvedere al trasporto nei piazzali dei cantieri di confezione dove questi materiali dovranno essere stoccati in idonee aree opportunamente predisposte secondo le direttive della Direzione dei Lavori.

I materiali di risulta che non saranno reimpiegati rimangono di proprietà dell'Impresa che provvederà a sua cura e spese al trasporto a discarica.

10 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

10.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO PER RISAGOMATURE PER PAVIMENTAZIONI

- **D.01.008** "Conglomerato bituminoso per risagomature di pavimentazione"

10.1.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

In corrispondenza di fenomeni deformativi particolarmente evidenti, andrà prevista prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura, la stesa di un microtappeto in conglomerato bituminoso a caldo, avente la funzione di risagomare il piano viabile deformato.

Le caratteristiche ed i requisiti di accettazione degli aggregati e dei leganti costituenti la miscela, come pure le prescrizioni per la formazione, la confezione e la posa in opera delle miscele, saranno in tutto conformi a quanto già specificato all'art. 8.1 per i conglomerati bituminosi per strati di usura, fatte salve le seguenti modifiche:

Composizione granulometrica: individuabile con una curva continua contenuta orientativamente entro i limiti del seguente fuso:

setacci UNI-EN	passante totale in peso %
setaccio 8	100
setaccio 4	70-90
setaccio 2	38-58
setaccio 0,5	15-32
setaccio 0,25	8-20
setaccio 0,063	5-10

10.1.2 POSA IN OPERA

La posa in opera dovrà essere eseguita a regola d'arte, con vibrofinitrici in grado di realizzare uno strato finito perfettamente sagomato, senza ondulazioni, omogeneo, liscio, privo di sgranamenti, fessurazioni o aree di segregazione.

La stesa non deve presentare aree (chiazze) di bitume o di malta bituminosa (bitume e parti fini) dovute a problemi di collaggio o segregazione nella miscela.

Per garantire la continuità tra gli strati, sul piano di posa, che deve essere asciutto, va stesa sempre una mano di attacco in quantità compresa tra 0,6 e 1,2 kg/m² di bitume o emulsione ambedue preferibilmente modificati.

I giunti trasversali e longitudinali devono presentarsi privi di fessurazioni o elementi litoidi frantumati, con le strisciate adiacenti perfettamente complanari.

In caso di stesa di due strisciate affiancate, per evitare di avere il "giunto freddo" è preferibile, se non è possibile l'impiego di due finitrici, un spaziatura temporale ridotta al minimo. La mano di attacco deve andare ad interessare (se le due strisciate sono distanti temporalmente) anche il bordo della prima strisciata.

Il conglomerato bituminoso deve essere prodotto in impianto a temperature tra 145 °C e 180 °C; deve essere steso a temperatura ≥ 140 °C (misurata dietro finitrice).

La compattazione deve avvenire mediante rulli metallici con peso compreso tra 6 e 10 t; il rullo deve seguire da vicino la finitrice e condurre la compattazione a termine in continuo, senza interruzioni.

Vanno immediatamente rimosse e rifatte zone che presentino anomalie di stesa, segregazioni, sgrature. Il trasporto tra l'impianto ed il cantiere di stesa deve avvenire con mezzi idonei che evitino la formazione di crostoni o eccessivi raffreddamenti superficiali.

10.1.3 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI (VOLUMETRICHE E MECCANICHE)

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 \pm 3
Angolo di rotazione	1,25 \pm 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	100

10.1.3.1 DATI VOLUMETRICI

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della percentuale dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	N° giri	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	11-15
N2	100	3-6
N3	190	≥ 2

10.1.3.2 DATI MECCANICI

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) devono essere testate a trazione diametrale a 25 °C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,70 – 1,50
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 65

Lo spessore finito risulterà essere mediamente dell'ordine del centimetro e sarà comunque il minimo compatibile in ordine alle caratteristiche granulometriche della miscela ed all'entità delle deformazioni da risagomare.

10.2 TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI

- **D.01.058** "Irruvidimento per migliorare l'aderenza mediante sistemi meccanici"

10.2.1 IRRUVIDIMENTO PER MIGLIORARE L'ADERENZA

L'irruvidimento della superficie della pavimentazione comunque eseguita dovrà lasciare un piano il più possibile uniforme e regolare in tutte le direzioni privo di solchi longitudinali e sgranature, in particolare ai bordi delle singole strisciate dovranno essere evitati gradini od affossamenti.

Le attrezzature impiegate dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla DL.

L'irruvidimento dovrà interessare prevalentemente solo la corsia di marcia lenta per una larghezza di 4 metri a partire dal bordo destro della riga tratteggiata bianca; per particolari situazioni stradali in essere (a discrezione della DL) tale larghezza potrà essere variata per eccesso o per difetto.

10.2.1.1 IRRUVIDIMENTO MEDIANTE PALLINATURA

Le superfici con ridotto CAT possono essere riportate a valori superiori con irruviditrici a secco denominate "pallinatrici", le quali non lasciano le superfici trattate con striature orientate in senso longitudinale o trasversale tali da non incrementare il rumore di rotolamento e non creare l'effetto rotaia.

I pallini proiettati dalla macchina vanno recuperati per aspirazione e reimpiegati previa eliminazione e stoccaggio delle particelle distaccate dai manti stradali, in modo da ottenere il massimo incremento possibile del CAT; tale incremento è in relazione al tipo di miscele presenti nel punto trattato e comunque dovrà essere superiore di almeno 5 punti CAT rispetto al valore preesistente; le misure andranno eseguite entro sessanta giorni dalla lavorazione.

La fase di pallinatura dovrà essere applicata in modo omogeneo e non dovrà produrre sulla superficie del manto aree di sgranatura.

10.2.2 IRRUVIDIMENTO PER VARIARE LA RUMOROSITÀ

Qualora lo scopo del trattamento fosse quello di generare una variazione del rumore di rotolamento rispetto a quello della normale pavimentazione per richiamare l'attenzione del conducente, su segnaletiche speciali o su punti singolari del tracciato, la superficie della pavimentazione dovrà essere fresata in modo da ottenere dei solchi discontinui (tratteggio) della profondità di 0,5-1 cm; ciò si otterrà con idonea attrezzatura munita di fresa a tamburo funzionante a freddo con tutti i denti della stessa lunghezza, operando con l'attrezzatura alla massima velocità di spostamento longitudinale e con la minima velocità di rotazione del tamburo cilindrico.

In questo tipo di irruvidimento l'intervento dovrà in generale interessare l'intera carreggiata.

La sua validità sarà ritenuta soddisfacente se la variazione di rumore di rotolamento all'interno di una autovettura media, sarà chiaramente avvertibile a velocità di 80 km/h o maggiori.

10.3 MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)

- **D.01.048** "Microtappeto a freddo tipo macro-seal (0,6 - 0,7 cm)"

10.3.1 DESCRIZIONE

Il microtappeto tipo "slurry-seal" (macro-seal) è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

L'impiego dello slurry-seal deve essere previsto al fine di ripristinare una condizione di aderenza accettabile su tappeti con CAT<45 o in particolari tratti ad elevata pericolosità (curve con raggi di curvatura piccoli, tratti in forte pendenza e /o tratte ad elevata incidentalità).

Per una sufficiente durata dello slurry-seal (per durata si intende un mantenimento della superficie continuo senza "chiazze" o zone di espiazione della graniglia soprattutto sulla battuta dei pneumatici) è necessario avere un supporto (a meno di effettuare una rasatura) sufficientemente sano, cioè privo di lesioni, ragnatele o sfondamenti.

La malta è formata da una miscela di aggregati basaltici selezionati, impastati a freddo con una emulsione bituminosa modificata (C60BP10) (vedi art. 7.2.5).

La miscelazione e la stesa sono effettuate con una apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

10.3.2 AGGREGATI LAPIDEI

Gli aggregati lapidei, costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler, con granulometria ben graduata e continua, devono soddisfare particolari requisiti di pulizia, poliedricità, resistenza meccanica, all'abrasione ed al levigamento. Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente aggregati frantumati di cava, con perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (Norma UNI EN 1097-2), minore del 18% e non superiore al 16% per la massima pezzatura; inoltre resistenza alla levigabilità PSV (Polish Stone Value) determinata su tali pezzature dovrà essere maggiore o uguale a 46 (UNI EN 1097-8).

In caso di impiego di altri materiali (scorie, loppe, cromiti ecc) la DL si dovrà esprimere circa la fattibilità del lavoro.

L'aggregato fino sarà composto da sabbia di frantumazione.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia dovrà avere alla prova Los Angeles, (Norma UNI EN 1097-2), eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due dovrà essere maggiore od uguale all'80% (UNI EN 933-8).

10.3.3 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte al punto 10.3.2 potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325); gli additivi impiegati dovranno soddisfare i requisiti richiesti al precedente punto 8.1.6.

10.3.4 MISCELE

La miscela dovrà avere una composizione granulometrica compresa nel fuso di seguito indicato:

setacci UNI-EN	passante totale in peso %
	Spessore 6-7 mm

setaccio 8	100
setaccio 4	50-80
setaccio 2	30-55
setaccio 0,25	12-24
setaccio 0,125	8-18
setaccio 0,063	5-10

Miscele con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la DL.

10.3.5 MALTA BITUMINOSA

Il legante bituminoso sarà costituito da una emulsione bituminosa modificata al 60% di bitume residuo (C60BP10) con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsione, opportunamente formulata per l'impiego.

Per la realizzazione dell'emulsione si dovrà esclusivamente impiegare bitume di tipo 80-100. L'impiego di altri tipi di bitumi potrà essere autorizzato esclusivamente dalla DL.

I requisiti richiesti dal bitume elastomerizzato (residuo della distillazione) dovranno essere i seguenti:

Penetrazione a 25°C dmm	50/70	Normativa UNI EN 1426
Punto di rammollimento °C	> 60	Normativa UNI EN 1427
Punto di rottura Fraas °C	< -13	Normativa UNI EN 12593

Dovranno essere impiegati additivi (es. dopes) complessi ed anche, se necessario cemento, per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli aggregati lapidei, per intervenire sul tempo di rottura dell'emulsione e per permettere la perfetta miscelazione dei componenti della miscela. Il loro dosaggio, ottimizzato con uno studio di laboratorio, sarà in funzione delle condizioni esistenti al momento dell'applicazione e specialmente in relazione alla temperatura ambiente e del piano di posa.

10.3.6 COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

Spessore minimo	mm	6
Dosaggio della malta	kg/ m ²	15-25
Dimensione max aggregati	mm	7-8
Contenuto di bitume elastomerizzato residuo, in peso sugli aggregati	%	6,0-9,0

10.3.7 ACQUA

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

10.3.8 CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice se-movente costituita essenzialmente da:

- serbatoio dell'emulsione bituminosa
- tramoggia degli aggregati lapidei
- tramoggia del filler
- dosatore degli aggregati lapidei
- nastro trasportatore
- spruzzatore dell'emulsione bituminosa
- spruzzatore dell'acqua
- mescolatore
- stenditore a carter

Le operazioni di produzione e stesa devono avvenire in modo continuo, connesso alla velocità di avanzamento della motrice, nelle seguenti fasi:

- ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore
- aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo
- miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di aggregati e del suo grado di umidità
- aggiunta dell'emulsione bituminosa
- miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto
- colamento dell'impasto nello stenditore a carter
- distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa e livellamento.

Prima di iniziare la stesa del microtappeto si dovrà procedere ad una energica pulizia della superficie stradale oggetto del trattamento, manualmente o a mezzo di mezzi meccanici, tutti i detriti e le polveri dovranno essere allontanati. In alcuni casi, a giudizio della DL, dovrà procedersi ad una omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la DL potrà ordinare, prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione dello "Slurry-seal" a mezzo di stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 kg di sabbia per 1 m² di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati. Al termine delle operazioni di stesa lo "Slurry-seal" dovrà presentare un aspetto regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

Deve inoltre presentare sufficiente macrotestitura ($HS > 0,5$).

In zone con sollecitazioni superficiali trasversali forti (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa venga leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura dovrà essere effettuata con apposito rullo gommato leggero a simulazione del traffico veicolare munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

L'apertura al traffico deve avvenire in modo graduale (tenendo bassa la velocità dei veicoli alla prima apertura) e dopo un tempo sufficiente per la completa rottura dell'emulsione.

Per la lavorazione la temperatura minima dell'aria è di 15°C ed è assolutamente vietata in caso di pioggia o di supporto bagnato.

La produzione o la posa in opera dello "Slurry-seal" dovrà essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C ed in caso di pioggia.

11 CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI

11.1 PREMESSE

I controlli per i requisiti di accettazione delle pavimentazioni, e la valutazione delle eventuali detrazioni o penalizzazioni da applicare, sono basati su controlli sempre di tipo prescrittivo per i lavori di tipo **MO**.

I controlli per i requisiti di accettazione delle pavimentazioni, e la valutazione delle eventuali detrazioni o penalizzazioni da applicare, sono basati su controlli sia di tipo prescrittivo che di tipo prestazionale per i lavori di tipo **MS** e **NC**, salvo quanto indicato nella premessa.

A discrezione della DL, anche nel caso di lavori tipo **MO**, potranno essere richieste verifiche prestazionali sulle caratteristiche di aderenza, tessitura, e valutazioni degli spessori, da cui potranno scaturire, da parte della DL, detrazioni o penalizzazioni come previste nelle attività **MS** e **NC**.

I controlli dei requisiti di accettazione di tipo prescrittivo sono richiamati negli articoli precedenti che si riferiscono alle specifiche miscele e leganti da sottoporre al controllo.

Di seguito sono riportati, in tabella, i controlli che valutano le caratteristiche superficiali e strutturali delle pavimentazioni.

Tipo di lavorazione	% vuoti	Rt	LA	Anco- raggio	% bitume e qualità	Spessori	CAT20	HS	IRI	IS300
articolo	11.5 bis	11.5 bis	11.5 bis	11.5 ter	8.4	8.4 e 11.5	11.2	11.2	11.3	11.4
RSS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI SE ESTESI ≥ 500 m	SI SE ESTESI ≥ 500 m	NO	NO
TS	SI	SI	SI	SI	SI SE ESTESI ≥ 500 m	NO	SI	SI	NO	NO
RS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
RP	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
NC	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Il campionamento dei materiali soggetti ai controlli di tipo prestazionale di cui sopra, dovrà essere effettuato indicativamente con la seguente frequenza:

- Per il bitume
 - n. 1 prelievo ogni 500 m³ di lavorazione di conglomerato per ciascuno strato di pavimentazione
 - n. 1 prelievo a lavorazione per strato per piccole stese (< 500mt)

Il quantitativo da prelevare, normalmente in recipienti metallici a chiusura ermetica, dovrà essere di almeno 1 Kg per i bitumi tal quali e 2 kg per i bitumi modificati al fine di poter

valutare tutte le prove principali di caratterizzazione (che risultano più numerose per i bitumi modificati).

- Per il conglomerato bituminoso sciolto:
 - almeno n.1 prelievo ogni 400 tonnellate per base e basebinder e ogni 200 tonnellate per binder e usura
 - per piccole stese (< 300mt) almeno n. 1 prelievo a lavorazione per ciascun strato

La quantità indicata pari a 25 Kg è sufficiente per l'esecuzione delle prove standard di laboratorio.

- Per il conglomerato bituminoso in carote:
 - almeno n. 3 coppie/km*corsia

La distanza tra le carote costituenti la coppia deve essere al massimo di 50 cm nella stessa strisciata di lavorazione della vibrofinitrice. Il campione dovrà risultare indisturbato, integro, compatto e rappresentare lo spessore completo dello strato (o degli strati) da esaminare.

Qualora la DL ritenga necessario provvedere alla verifica e al controllo prestazionale di emulsione bituminosa, questa dovrà essere campionata secondo le seguenti indicazioni:

- almeno n°1 ogni 2000 mt di lavorazione per ciascun strato
- per piccole stese (<500mt) n°1 prelievo a lavorazione per strato

Il quantitativo da prelevare, normalmente in recipienti metallici a chiusura ermetica, dovrà essere di almeno 3 Kg.

11.2 ADERENZA E TESSITURA

I valori di ADERENZA E TESSITURA costituiscono il **dato prestazionale superficiale**, i valori da ottenere sono dipendenti da:

- i tipi di materiale usati per l'esecuzione dello strato superficiale;
- le condizioni planoaltimetriche del tracciato in ogni suo punto;
- il tipo di traffico prevalente e la sua intensità.

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale CAT verrà misurato con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES secondo la Norma CNR B.U. n° 147 del 14.12.92 ¹.

¹ La relazione tra il valore CAT qui prescritto (CAT_{anas}) e quello definito dalla Norma CNR (CAT_{CNR}) è la seguente:

$$CAT_{anas} = CAT_{CNR} \times 100$$

Il CAT dovrà essere riportato alla temperatura di riferimento di 20°C e nei risultati si dovrà specificare la temperatura superficiale della pavimentazione e la temperatura dell'aria alla quale è stata eseguita la prova.

Il flusso dell'acqua deve essere costante e pari a 0,75 l/s, si ipotizza che la velocità di rilievo sia sempre costante e pari a 60 km/h.

La tessitura geometrica HS, intesa come macro-tessitura superficiale, verrà misurata in termini di MPD ed espressa in mm con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES secondo la Norma UNI EN ISO 13473-1 di Agosto 2004; il valore di HS da confrontare con i limiti riportati in tabella risulterà:

$$HS = 0,2 + 0,8 \cdot MPD$$

Gli indicatori CAT, riportati alla temperatura di riferimento dell'aria di 20°C, e HS, dovranno essere superiori o uguali ai seguenti valori:

TIPOLOGIA LAVORAZIONE	CAT ₂₀	HS (mm)
Conglomerati bituminosi per strati di usura	58	0,4
Conglomerati bituminosi per strati di usura provvisoria (binder)	50	0,3
Conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa	62	0,4
Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo "A" e "B" a bassa levigabilità (elevata aderenza)	62	0,4
Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo SMA	62	0,6
Conglomerati bituminosi drenanti	53	1,0
Conglomerati bituminosi drenanti con argilla espansa	56	0,8
Trattamenti superficiali a freddo tipo slurry-seal (macro-seal) spessore 6 mm	62	0,5
Trattamenti superficiali a caldo (microtappeti)	55	0,3
Irradiazione meccanica di irruvidimento (pallinatura)	5 punti CAT in più rispetto al CAT preesistente	N.A.

Le misure di CAT e di HS dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti ad elevata rugosità superficiale, per i quali le misure dovranno essere effettuate tra il 60° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, mentre le irradiazioni meccaniche di irruvidimento (pallinatura) andranno valutate entro il 60° giorno dall'intervento.

Le misure di CAT e HS saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS²; La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta per quanto possibile costante e pari a 60 ± 5 km/h.

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza degli interventi realizzati da ogni singolo cantiere; le misure di CAT e HS dovranno essere restituite con un passo di misura di 10 m e quindi analizzate per tratte omogenee.

La valutazione delle caratteristiche superficiali (indici CAT, IRI e HS) dovrà essere eseguita a discrezione della DL su tutte le corsie coinvolte dai lavori o su una singola corsia (privilegiando la corsia di marcia) purché la miscela proposta, accettata e stesa, risulti la stessa.

Prima di detta analisi i valori di CAT dovranno essere riportati alla temperatura di riferimento (20°C); l'operazione si effettuerà secondo la seguente formule correttiva elaborata dal TRRL, non sono previste invece correzioni per l'HS:

$$CAT_{20} = \frac{CAT_t}{0,548 + \frac{44,69}{(t + 80)}}$$

dove CAT_{20} è il valore CAT riportato alla temperatura di riferimento 20°C

CAT_t è il valore CAT nelle condizioni di prova

t è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova in °C

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi potrà essere condotta anche con il programma di calcolo fornito dal CSS.

I valori medi di CAT e HS ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare maggiori o uguali alle prescrizioni riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato CAT ed HS sui due lati della corsia in esame è facoltà della DL analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di CAT ed HS relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori, detta misurazione valuterà comunque l'intera larghezza dell'intervento.

DETRAZIONI

Le detrazioni saranno applicate per i tratti omogenei quando i valori medi di CAT e/o HS del tratto omogeneo risultino più bassi dei valori prescritti; qualora i valori medi di CAT e HS risultino ambedue deficitari sarà applicata la penalità più gravosa.

² Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dello strato più superficiale (usura); detti punti corrisponderanno alla metà dei punti percentuali per cui il CAT o l'HS differisce in diminuzione rispetto ai valori limite prescritti (esemplificando, se la differenza è del 6% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 3%).

La detrazione riguarderà la larghezza dello strato più superficiale oggetto del lavoro per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata:

TIPOLOGIA LAVORAZIONE	CAT ₂₀	HS (mm)
Conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa - Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo "A" e "B" a bassa levigabilità (elevata aderenza) - Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo SMA	48	N.A.
Tutte le altre lavorazioni	40	N.A.

Se i valori medi di CAT risultassero inferiori ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere, a completa cura e spese dell'Appaltatore, all'asportazione completa con fresa ed al rifacimento dello strato superficiale per tutta la larghezza dell'intervento; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere all'effettuazione di altri trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al di sopra della soglia di non accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni non si raggiungessero i valori prescritti, pur essendo i valori di CAT al di sopra dei valori inaccettabili e sempre che la lavorazione sia accettata da parte della DL, sarà applicata la detrazione prevista valutata con le stesse modalità sopra riportate.

Ai fini della valutazione della aderenza, esclusivamente nel caso in cui l'intervento interessi tratte brevi o con particolari caratteristiche geometriche tali da non poter effettuare misure con mezzi ad alto rendimento, la valutazione potrà essere effettuata mediante misura di attrito radente PTV con Skid Tester (UNI EN 13036-4) misurato tra il 60° e il 180° giorno di apertura al traffico.

Il valore PTV dovrà risultare:

- per conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa - conglomerati bituminosi per strati di usura tipo "A" e "B" a bassa levigabilità (elevata aderenza) - conglomerati bituminosi per strati di usura tipo SMA ≥ 65 .

Per valori di PTV <65 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori del PTV <50 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

- Per tutte le altre lavorazioni ≥ 60

Per valori di PTV <60 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori del PTV <45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

11.3 REGOLARITÀ

I valori di REGOLARITA' costituiscono il **dato prestazionale superficiale** insieme alla ADERENZA e TESSITURA.

La regolarità della superficie di rotolamento potrà essere misurata con apparecchiature ad alto rendimento dotate di profilometro laser tipo inerziale di classe 1 secondo ASTM E950-98(2004) e calcolata attraverso l'indice IRI (International Roughness Index) come definito dalla World Bank Technical Paper Number 45 e 46 nel 1986.

L'indicatore IRI dovrà essere inferiore o uguale ai seguenti valori:

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	IRI (mm/m)
RS, RP ed NC, come definiti in appendice	2,5
RSS e TS, come definiti in appendice	N.A.

Le misure di regolarità dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra la stesa ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Le misure saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con specifiche attrezzature verificate preventivamente dal CSS³; La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta quanto più possibile costante e non dovrà scendere sotto i 25 km/h.

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza degli interventi realizzati da ogni singolo cantiere e dovrà essere interessata almeno una corsia; le misure di IRI dovranno essere restituite con un passo di misura di 10 m e quindi analizzate per tratte omogenee.

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi sarà condotta con il programma di calcolo fornito dal CSS.

I valori medi di IRI ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare minori o uguali alle prescrizioni riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato l'IRI sui due lati della corsia in esame è facoltà della DL analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di IRI relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori, detta misurazione valuterà comunque l'intera larghezza dell'intervento.

³ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

DETRAZIONI

Le detrazioni saranno applicate per i tratti omogenei quando i valori medi di IRI del tratto omogeneo risultino più alti dei valori prescritti.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dello strato di usura; detti punti corrisponderanno ad un terzo dei punti percentuali per cui l'IRI differisce in aumento rispetto ai valori limite prescritti (esemplificando, se la differenza è del 18% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 6%).

La detrazione riguarderà la larghezza dello strato steso di usura oggetto del lavoro per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di una soglia appresso specificata.

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	IRI (mm/m)
RS, RP ed NC, come definiti in appendice	4,0
RSS e TS, come definiti in appendice	N.A.

Se i valori medi di IRI risultassero maggiori di dette soglie, la DL, anche tenendo conto dell'effettiva estensione e della distribuzione di tali tratte, potrà richiedere, a completa cura e spese dell'Appaltatore, l'asportazione completa con fresa di adeguati spessori di conglomerato ed il rifacimento con eventuali imbottiture degli strati fresati per tutta la larghezza dell'intervento; la nuova superficie sarà comunque soggetta alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

11.4 PORTANZA

I valori di PORTANZA costituiscono il **dato prestazionale strutturale**.

La misura della portanza si ottiene valutando il bacino di deflessione effettivo della pavimentazione dovuto all'applicazione di un carico dinamico imposto da una macchina a massa battente da 350 kg (Falling Weight Deflectometer - FWD) e/o una macchina mobile ad alto rendimento con asse di misura da 12 t (Traffic Speed Deflectometer - TSD).

La macchina FWD da usare deve essere dotata di almeno 7, preferibilmente 9, misuratori di abbassamento (deflessione) montati in linea ad una distanza prefissata dalla piastra di carico (le distanze dal centro piastra in mm sono: 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500, 1800); le misure saranno effettuate di norma su un allineamento disposto centralmente rispetto alla larghezza dell'intervento, o, in caso di dubbi sulla buona riuscita ai bordi, potrà anche essere effettuate nella parte laterale ad almeno 50 cm dal bordo, comunque, i risultati ottenuti varranno per l'accettazione di tutta la larghezza di intervento.

In alternativa potrà essere usata la macchine a massa battente da 700 kg (Heavy Weight Deflectometer - HWD) dotata di almeno 7, preferibilmente 9, sensori montati con le distanze sopra indicate, tuttavia la massa battente applicata dovrà essere regolata a 350 kg.

L'attrezzatura mobile ad alto rendimento per il rilievo in velocità dovrà fornire valori di bacino (abbassamenti) almeno in corrispondenza dell'asse ruota ed a 200, 300, 900 e 1500 mm dall'asse, o almeno fornire direttamente l'indicatore IS300 di seguito specificato.

Il valore indicativo del bacino, da usare come dato di riferimento per i risanamenti profondi (RP come descritti in appendice) dove si interviene sullo strato di fondazione o per le nuove pavimentazioni (NC come descritte in appendice), è quello denominato Indice Strutturale 300 (IS300) misurato in $m \cdot 10^{-6}$ ottenuto come differenza tra la deflessione massima registrata al centro del carico ed a 300 mm da detto centro, mentre i valori, comunque da registrare degli altri abbassamenti, potranno essere usati solo a fini di studio e non per le valutazioni contrattuali nel modo qui di seguito descritto.

Le valutazioni si faranno di norma sulle pavimentazioni finite dove è stato operato un risanamento anche della fondazione stradale, ed è su questi valori che si opererà per le verifiche in termini contrattuali; altre misure, effettuate in corso d'opera sugli strati più bassi e/o intermedi, potranno essere usati dalla DL per dare indicazioni all'Impresa esecutrice, che comunque sarà valutata sul risultato finale.

I Risanamenti Superficiali (RS), le Riparazioni Superficiali di Soccorso (RSS come descritte in appendice) ed i Trattamenti Superficiali (TS come descritti in appendice) non prevedono accettazioni sulla portanza.

Le misure con FWD saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con le specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS⁴; esse avranno una cadenza minima di una valutazione ogni 20 o ogni 50 metri, in funzione dell'effettiva estensione dell'intervento, oppure su distanze minori indicate della DL. Per ogni stazione di misura si dovranno eseguire 3 ripetizioni di carico imponendo un assegnato sforzo pari a 1700 KPa, il bacino di riferimento è il bacino registrato nella terza ripetizione. Le misure si estenderanno a tutto il tratto dell'intervento.

Con le nuove apparecchiature per le misure in velocità tipo Traffic Speed Deflectometer il rilevamento del parametro strutturale avverrà in continuo ed ad alta velocità.

Per ogni tipologia di intervento, definito in appendice, sono state valutate le caratteristiche di portanza, e quindi i bacini di deflessione, che si ottengono sollecitando con un assegnato sforzo i materiali previsti. Tali calcoli hanno permesso di determinare i limiti ammissibili per l'Indice Strutturale IS300, in funzione delle condizioni di prova, e sono riportati nei grafici seguenti. Le condizioni di prova sono valutate attraverso la temperatura effettiva dell'aria al momento della prova e l'eventuale grado di maturazione della lavorazione rapportato al tempo di esecuzione della prova stessa.

Le prove vanno di norma eseguite ad una determinata temperatura di riferimento dell'aria (14°C), ma saranno considerate comunque valide se contenute negli intervalli di temperatura dell'aria comprese tra 8 e 25 °C; oltre tali intervalli di temperatura i dati saranno comunque registrati, ma non costituiranno condizioni vincolanti al fine dell'accettazione dei lavori eseguiti.

⁴ Le verifiche consistranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

Nel caso di lavorazioni o soluzioni progettuali diverse da quelle proposte in appendice, il valore dell'IS300 di riferimento deve essere fornito, prima dell'inizio dei lavori, unitamente al dimensionamento della pavimentazione e al diagramma di controllo specifico della tipologia di pavimentazione che si intende realizzare. In mancanza di questo, si farà riferimento al pacchetto più simile.

Anche il caso di prove FWD eseguite con un diverso valore di carico imposto richiederà un adeguamento dei diagrammi di controllo.

In caso di mancata comunicazione circa la tipologia delle pavimentazioni da realizzare, od il carico imposto durante le prove FWD, varranno le prescrizioni dell'intervento più somigliante tra quelli proposti in appendice e l'Impresa dovrà accettare l'eventuale penalizzazione che potrebbe conseguire.

Le valutazioni di portanza effettuate su strade di nuove costruzioni, o su strade esistenti, tengono conto delle diverse condizioni di lavorazione obiettivamente legate alla presenza o meno del traffico stradale.

Nell'ambito dei Risanamenti Profondi dove è stato operato un risanamento anche della fondazione stradale o delle Nuove Costruzioni la portanza sarà valutata attraverso l'indicatore strutturale IS300, corretto con la temperatura dell'aria come di seguito descritto, valutato e rilevato, con le stesse modalità ed attrezzature sopra descritte, ma giudicato attraverso la tabella di controllo seguente per le soluzioni progettuali catalogate in appendice (capitolo 17).

Per pacchetti strutturali differenti in termini di spessori e/o materiali rispetto a quelli catalogati, i valori di riferimento andranno ricalcolati e posti a base dell'accettabilità della lavorazione.

Le prove dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 60° ed il 180° giorno dal termine delle lavorazioni.

Tipologia lavorazione	IS300 _{14°C} misura FWD con pressione applicata 1700 KPa	IS300 _{14°C} misura TSD con pressione applicata 850 KPa
RPA1	72	41
RPA2	80	46
RPA3	67	39
RPB1	86	48
RPB2	89	51
RPB3	76	44
NC1	66	37
NC2	79	44

I differenti valori di $IS_{300_{14^{\circ}C}}$ riguardanti gli RP (Risanamenti Profondi) e le NC (Nuove Costruzioni), che hanno strati a legante schiumato e/o legato all'emulsione, si riferiscono ai diversi momenti di maturazione di questi materiali valutati in riferimento al periodo di esecuzione delle misure (a un mese, a sei mesi e ad un anno dalla stesa dell'ultimo strato).

Le misure dell'Indice Strutturale (IS) effettuate con i passi indicati andranno analizzate per tratte omogenee.

Prima di detta analisi si dovranno riportare alla temperatura di riferimento dell'aria di $14^{\circ}C$ tutti i valori di IS_{300} rilevati.

La trasformazione riguarderà le sole temperature in quanto tutte le prove, per il tratto in esame, si intendono eseguite in un tempo circoscritto (poche settimane), per cui la curva di controllo da scegliere sarà relativa al primo giorno di esecuzione dei rilievi.

Il valore corretto con temperatura dell'aria di IS_{300} , è fornito dalla seguente espressione:

$$\frac{IS_{14^{\circ}C}}{IS_t} = e^{c \times (14 - T)}$$

dove $IS_{14^{\circ}C}$ è il valore dell'Indice Strutturale riportato alla temperatura di riferimento dell'aria di $14^{\circ}C$

IS_t è il valore dell'Indice Strutturale nelle condizioni di prova

t è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova in $^{\circ}C$

c è il coefficiente che vale 0,037 per gli interventi di tipo RP o NC.

La successiva definizione delle tratte omogenee con i valori così ricavati della portanza potrà essere effettuata anche utilizzando il programma di calcolo fornito dal CSS.

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio.

I valori medi di IS ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare minori o uguali ai valori riportati nella tabella precedente.

DETRAZIONI

La detrazione sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori dell'intero pacchetto ricostruito (inteso costituito da fondazione, base, binder ed usura), determinato come somma dei prezzi dei singoli strati componenti sulla base dei relativi spessori di progetto; tale detrazione varrà per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce.

La detrazione corrisponderà alla metà dei punti percentuali di cui l'Indice Strutturale, alla temperatura di riferimento di $14^{\circ}C$, differisce in aumento rispetto al valore limite prescritto per la tipologia di intervento ed il tempo di maturazione (esemplificando, se la differenza è del 6% rispetto al valore prescritto, la penale sarà del 3%).

Se le differenze dell'IS raggiungessero il 40% in aumento, il lavoro non sarà considerato accettabile, e la DL, anche tenendo conto dell'estensione e della distribuzione delle tratte omogenee carenti, potrà richiedere il suo rifacimento a completa cura e spese dell'Appaltatore.

11.5 VALUTAZIONE DEGLI SPESSORI DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE

Gli spessori degli strati della pavimentazione costituiscono il **dato prestazionale strutturale**.

La misura dello spessore per gli strati bituminosi sarà effettuata mediante carotaggi della pavimentazione.

Le misure con carotaggi, saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con le specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS⁵;

DETRAZIONI

La detrazione sarà applicata sul prezzo di aggiudicazione lavori così come indicato al paragrafo 8.4.

11.5 BIS PENALI PER INCONGRUENZE RELATIVE ALLA % DI VUOTI E ALLA RESISTENZA A TRAZIONE

Si procederà ad una detrazione sull'importo della lavorazione, calcolata secondo la seguente formula, che fornisce il fattore di moltiplicazione C da applicare a detto importo per ottenere il corrispondente valore rettificato, a seguito di riscontrata carenza dei materiali:

- % dei vuoti (misurati su carote ottenute tramite carotaggio della pavimentazione) al di fuori del range di capitolato:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (2 \cdot v + v^2)$$

con v = valore assoluto (% vuoti misurata sul punto di prelievo - % vuoti limite da capitolato)

Esemplificando, se la differenza tra la % dei vuoti misurata sul punto di prelievo e la % dei vuoti limite da capitolato è del 2%, il fattore di moltiplicazione da applicare sarà calcolato come segue:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (2 \cdot 2 + 2^2) = 0,92$$

Valori dei vuoti superiori al 12% per gli strati di usura chiusa comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio

⁵ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

dell'infrastruttura. In caso di usura drenante (anche con argilla espansa), la rimozione dello strato è prevista quando la percentuale dei vuoti è inferiore al 14%.

- Resistenza a trazione indiretta R_t al di fuori dei limiti da capitolato:

per i conglomerati a caldo (determinata su carote ottenute tramite carotaggio della pavimentazione o su provini realizzati con pressa giratoria direttamente in cantiere):

$$C = 1 - 0,01 \cdot (5 \cdot r + 2 \cdot (10 \cdot r)^2)$$

con r = valore assoluto (R_t limite da capitolato - R_t misurata)

Ai fini dell'applicazione della penale, il valore massimo di R_t determinato su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio è aumentato di 0,25.

Per le basi a freddo la R_t misurata si intende quella determinata sulle carote estratte dalla pavimentazione dopo almeno 90 giorni dalla realizzazione dello strato. Nel caso di prelievi delle carote prima dei 90 giorni le prove di resistenza a trazione indiretta devono essere eseguite sulle stesse dopo maturazione in stufa per 7 giorni a 40°. Per le basi a freddo il fattore di moltiplicazione C viene invece calcolato mediante la seguente formula:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (50 \cdot r + 4 \cdot (10 \cdot r)^2)$$

11.5 TER ANCORAGGIO DEGLI STRATI DI PAVIMENTAZIONE

1) Interfaccia tra usura e strato sottostante

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante (nuovo o preesistente), viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

a) Interfaccia tra usura tradizionale e strato sottostante

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato di usura e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

b) Interfaccia tra usura con bitume modificato e strato sottostante

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato di usura e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

2) Interfaccia tra binder e strato sottostante

L'**ancoraggio** del binder allo strato sottostante (nuovo o preesistente), viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di **resistenza al taglio** inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove **t** è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato del binder ed eventualmente anche dello strato di usura, qualora già realizzato, e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo (rete, geomembrana, ecc.) il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

12 DRENAGGI

12.1 DRENAGGI TRADIZIONALI (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE)

I drenaggi dovranno essere formati con pietrame, ciottolame o misto di fiume e posti in opera su platea in calcestruzzo; il cunicolo drenante di fondo sarà realizzato con tubi di cemento disposti a giunti aperti o con tubi perforati di acciaio zincato.

Il pietrame ed i ciottoli saranno posti in opera a mano con i necessari accorgimenti in modo da evitare successivi assestamenti. Il materiale di maggiori dimensioni dovrà essere sistemato negli strati inferiori mentre il materiale fino negli strati superiori.

La DL potrà ordinare l'intasamento del drenaggio già costituito con sabbia lavata. L'eventuale copertura con terra dovrà essere convenientemente assestata. Il misto di fiume, da impegnare nella formazione dei drenaggi, dovrà essere pulito ed esente da materiali eterogenei e terrosi, granulometricamente assortito con esclusione dei materiali passanti al setaccio 0,4 della serie UNI.

12.2 DRENAGGI CON FILTRO IN "NON TESSUTO" (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE O EFFETTUATI PRIMA DI STENDERE LE PAVIMENTAZIONI)

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o per il drenaggio laterale delle pavimentazioni i drenaggi potranno essere realizzati con filtro laterale in tessuto "non tessuto" costituito da fibre sintetiche e filamenti continui coesionati mediante agugliatura meccanica o a legamento doppio con esclusione di colle o altri componenti chimici. Il geotessile non dovrà avere superficie liscia, dovrà apparire uniforme, essere resistente agli agenti chimici, alle cementazioni abituali in ambienti naturali, essere imputrescibile e atossico, avere buona resistenza alle alte temperature, essere isotropo.

In ogni caso i materiali dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla DL. Il materiale da usare dovrà avere una resistenza a trazione su striscia di almeno 2 kN/mt (UNI-EN 10319) e buone caratteristiche filtranti (sotto un peso di 2 kg/cm² lo spessore del non tessuto dovrà essere non inferiore a 0,5 mm); il peso minimo accettabile del tessuto non tessuto sarà invece di 350 grammi/m².

I vari elementi di non tessuto dovranno essere cuciti tra di loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione degli elementi dovrà essere di almeno 50 cm.

La parte inferiore dei non tessuti, a contatto con il fondo del cavo del drenaggio e per un'altezza di almeno 5 cm sui fianchi dovrà essere impregnata con bitume a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul poliestere) in ragione di almeno 2 kg/m². Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del non tessuto stesso o anche dopo la sua sistemazione in opera. L'impregnazione potrà anche essere usata in altri punti per impedire la filtrazione e/o il drenaggio nel punto impregnato. Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di non tessuto necessaria ad una doppia sovrapposizione della stessa sulla sommità del drenaggio (due volte la larghezza del cavo).

Il cavo rivestito verrà successivamente riempito e ben compattato con materiale lapideo pulito e vagliato trattenuto al crivello 10 mm UNI, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

Il materiale dovrà ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il non tessuto alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento si sovrapporrà il non tessuto fuoriuscente in sommità e su di esso verrà eseguita una copertura in terra pressata o altro materiale, a seconda della posizione del drenaggio.

12.3 DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO (PER DRENARE ZONE GIÀ PAVIMENTATE)

I drenaggi laterali delle pavimentazioni lungo la mezzera della corsia di emergenza dovranno essere realizzati mediante uno scavo di larghezza non inferiore a 30 cm eseguito con idonea fresatrice automatica.

Lo scavo dovrà raggiungere una profondità di almeno 30 cm sotto il piano di posa dello strato di fondazione della pavimentazione.

Nel caso che la pendenza esistente nella pavimentazione non sia sufficiente a garantire un rapido smaltimento delle acque (minore dell'1,0%) la profondità del cavo dovrà essere variabile in modo da consentire lo scorrimento delle acque verso gli scarichi.

Verrà sempre impiegato un filtro in tessuto non tessuto analogo a quello descritto nel precedente articolo 12.2. con le stesse modalità di impiego.

Il fondo di detto non tessuto dovrà essere impermeabilizzato con bitume, come descritto nel precedente articolo 12.2.; in alternativa si potrà usare sul fondo dello scavo una platea in calcestruzzo di classe R'bK 200 kg/cm², dell'altezza media di 5 cm, dopo la messa in opera del "non tessuto" sulla platea, oppure dopo l'impermeabilizzazione con bitume dello stesso "non tessuto".

Per lo smaltimento delle acque si potranno utilizzare materassini in materiale sintetico non putrescibile drenanti rivestiti in "non tessuto" posti in doppio strato a diretto contatto col "non tessuto" di fondo, oppure tubazione in corrugato di p.v.c. del diametro 100 mm microfessurata.

Il cavo rivestito di "non tessuto", con dispositivo di smaltimento delle acque prescelto, verrà successivamente riempito di calcestruzzo poroso.

Il calcestruzzo poroso dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- la quantità di cemento da impiegare dovrà essere pari a 150 kg per m³. del tipo 325 preferibilmente pozzolanico o d'alto forno.
- la resistenza a compressione a 28 giorni dovrà essere maggiore od uguale a 100 kg/cm².
- la dimensione massima degli aggregati dovrà essere di 40 mm.
- le pezzature da usare dovranno essere di 3 tipi:

0/5 per circa 300 kg/m³

5/20 per circa 675 kg/m³

20/40 per circa 675 kg/m³

- l'acqua d'impasto dovrà essere 70-80 litri/m³
- il calcestruzzo maturato dovrà avere una capacità drenante di almeno 20 l/sec/m².

Questo calcestruzzo dovrà inoltre ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il "non tessuto" alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento, il calcestruzzo poroso dovrà essere ben vibrato mediante vibrocostipatori o vibratori ad immersione e si sovrapporrà il "non tessuto" fuoriuscente in sommità; su di esso verrà eseguita una copertura in conglomerato bituminoso tipo chiuso (2% dei vuoti della prova Marshall) per uno spessore medio non inferiore a 7 cm.

13 SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA

- D.01.053 "Sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni"

Gli interventi di sigillatura per chiudere le lesioni o microlesioni presenti sulla pavimentazione longitudinalmente o trasversalmente dovranno essere effettuati tempestivamente in modo da bloccare o contenere il fenomeno di rottura appena questo si manifesta, evitando così la veloce degradazione del tappeto, soprattutto nei casi di distacco del giunto longitudinale di strisciata.

Se le lesioni sono molto diffuse la DL dovrà effettuare una attenta valutazione economica per stabilire l'intervento più idoneo tra quelli elencati nel seguito.

13.1 SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

La sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni eseguita con bitumi modificati colati a caldo dovrà essere effettuata con particolari idonee attrezzature in grado di effettuare operazioni di pulitura delle stesse lesioni per tutta la profondità e colatura del sigillante fino alla loro completa otturazione.

Si procederà, se necessario, alla apertura delle fessure mediante idonea attrezzatura per una larghezza ed una profondità di almeno 2 cm.

Con il getto di aria immesso nelle fessure per mezzo della lancia si dovrà procedere alla perfetta e profonda pulitura della lesione, impiegando poi una lancia a caldo (soprattutto in condizioni di elevata umidità e basse temperature) per asciugare la fessura e favorire l'adesione del bitume.

Il sigillante sarà del tipo bitume modificato Hard (come indicato alla tab. 7.B) uniformemente riscaldato alla temperatura di consistenza fluida sarà versato con apposito dispositivo nell'interno della lesione fino alla sua completa otturazione assicurando la saturazione di eventuali microlesioni superficiali ai bordi della stessa lesione con la creazione di una striscia continua della larghezza variabile da 2 a 5 cm.

13.2 SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLE PAVIMENTAZIONI ESEGUITA CON NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO E AUTOADESIVO

Il nastro bituminoso deve essere impiegato per sigillare e chiudere lesioni sulle usure e sui drenanti con la funzione di impedire (o diminuire) l'entrata dell'acqua nella lesione e evitare la disgregazione della pavimentazione intorno alla lesione. Il nastro è composto da bitume 80/100 modificato con SBSr al 15-18% in peso con larghezza compresa tra 40 e 100 mm e spessori 4 + 0,2mm

Parametri richiesti:

Palla e anello (°C)	>200
Penetrazione (dmm)	10-30
Ritorno elastico % (perpendicolare alla superficie di attacco)	≥ 60%
Adesività sul calcestruzzo N/cm ² (sec DIN 1996 parte 19 mod)	≥ 708
Scorrimento verticale a 60°C per 5 ore N/cm ² (sec SNV 671916) %	≤ 1mm

La posa in opera deve essere eseguita su superfici asciutte, prive di elementi scivolosi e di impurità.

La posa in opera deve essere effettuata con temperature dell'aria superiori a 10 °C e dopo la stesa il traffico completa la costipazione ed il fissaggio.

Alla fine della stesa per evitare il rischio di spostamento e/o adesioni tra nastro e pneumatici il nastro deve essere uniformemente cosparso di polveri idonee (polvere di ardesia, calce cemento, gesso o filler).

Il nastro non deve essere utilizzato su:

- lesioni trasversali
- lesioni longitudinali di apertura inferiori a 5mm e superiori a 20mm.

In questi casi si ricorre al bitume modificato (tab. 7.B).

In funzione della larghezza della lesione deve essere usato il nastro adatto: il rapporto tra larghezza nastro e larghezza lesione non deve essere > 2,5

Indicativamente:

Nastro di 40mm per lesioni < 15mm

Nastro di 50mm per lesioni < 20mm

Il nastro di larghezze superiori (es 100 mm) è indicato solo in casi particolari.

13.3 SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

Si richiamano espressamente le norme di cui al precedente punto 13.1. Inoltre, in questo caso, occorre aver cura di asportare anche con sistemi tradizionali eventuali parti estranee di conglomerato bituminoso non addensato nella zona fra pavimentazione-cordolo (o New Jersey).

14 ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE E GESTIONE DEGLI SCAVI PER SOTTOSERVIZI

14.1 DESCRIZIONE

Per lavori di pavimentazione in affiancamento a sovrastrutture esistenti o per lavori di rappezzo localizzati, al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti a cavallo del giunto di ripresa longitudinale o sopra la zona rappezzata, si potrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a rete che serva a ridurre la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

14.2 CASO DEL GIUNTO LONGITUDINALE

Dovrà essere preventivamente demolita con apposita fresa a freddo la pavimentazione a cavallo del giunto per una larghezza di 50 cm e per una profondità di almeno 10 cm dalla superficie finita della pavimentazione (secondo quanto scritto in premessa).

Sulla superficie così ottenuta, preventivamente emulsionata, potrà essere posta in opera una guaina prefabbricata autoadesiva a freddo, realizzata da una speciale miscela di gomma e bitume armata di rete di polipropilene all'estradosso superiore della larghezza di 45-50 cm.

Al di sopra di detta guaina verrà steso un conglomerato bituminoso chiuso con le caratteristiche di un binder (art.8.1). al quale si rimanda per tutte le prescrizioni non menzionate espressamente), ma con vuoti giratoria a N3 non superiori a 3%.

La stesa del conglomerato sarà preceduta da spruzzatura con emulsione bituminosa acida al 55% delle pareti verticali della trincea longitudinale; detto conglomerato, ben compattato con apposito rullo vibrante di ridotte dimensioni, verrà successivamente ricoperto dal tappeto di usura finale. La formazione del giunto dovrà essere programmata in modo tale che tra la stesa del binder di riempimento e la sua successiva ricopertura non passino più di 20-30 giorni; si dovrà inoltre evitare di ricoprire un riempimento troppo recente (meno di 20 giorni).

La guaina dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- spessore totale miscela gomma-bitume 1,5 mm
- spessore rete di polipropilene 0,5 mm.
- allungamento longitudinale massimo 30%
- allungamento trasversale massimo 25%
- temperature limite d'esercizio 30°C minimo e 150°C massimo

L'autoadesività della guaina dovrà essere garantita da un foglio protettivo di carta siliconata asportabile all'atto dell'applicazione.

14.3 CHIUSURA DEGLI SCAVI RISULTANTI DA INTERVENTI PER SOTTOSERVIZI.

Per la posa di sotto servizi, sarà sempre preferibile evitare la rottura della continuità della pavimentazione stradale, privilegiando la costruzione di appositi cunicoli a fianco della strada od operando gli scavi nella zona a lato della pavimentazione, ad almeno 40 cm dalla striscia di bordo corsia.

Dove è necessario intervenire con la rottura della pavimentazione stradale, per poter procedere alla realizzazione di impianti per sotto servizi ex novo, alla sostituzione parziale o alla riparazione di quanto esistente, si deve procedere al taglio del manto di asfalto con l'utilizzo di seghe adeguate, in modo da non sollecitare la pavimentazione non interessata allo scavo; seguirà la rimozione della parte legata e lo scavo con idonee scavatrici del materiale in sottofondo; in alternativa, in luogo della sega potranno essere usate idonee fresatrici a freddo per la rimozione della pavimentazione legata.

Se la realizzazione dell'intervento per sotto servizi si dovrà protrarre per più tempo, potrà essere richiesta la chiusura dello scavo e il reintegro della sede stradale ad ogni fine giornata lavorativa.

La chiusura finale degli scavi potrà essere quindi divisa in due tempi e con modalità diverse, elencate di seguito.

14.3.1 CHIUSURA DELLO SCAVO TEMPORANEO PER LA SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE STRADALE

Questo tipo di chiusura andrà eseguito solo se non possono essere lasciati aperti gli scavi per il tempo sufficiente al completamento della posa dei sotto servizi.

L'intervento, da eseguire alla fine dei lavori giornalieri è richiesto per non lasciare la superficie stradale con buche, irregolarità o materiale rimuovibile, pericoloso per il transito libero soprattutto di motocicli, è da considerarsi appunto una chiusura provvisoria, perché soggetta all'assestamento naturale ed alla qualità delle lavorazioni e dei materiali utilizzati.

La compattazione del materiale di riempimento potrà essere non completa visto che la chiusura è provvisoria; la finitura superficiale, facilmente rimuovibile sarà in materiale bituminoso a caldo di spessore di almeno 5 cm.

14.3.2 CHIUSURA DEFINITIVA CON REINTEGRO DELLE CONDIZIONI ORIGINALI DELLA SEDE STRADALE

La chiusura definitiva avverrà in due tempi, alla fine dei lavori di sistemazione del sotto servizio.

Si procederà dapprima al riempimento della parte scavata nel terreno e nel sottofondo della pavimentazione, usando materiali aridi impastati con legante cementizio (circa 4-5% in peso) ed acqua, stesi in strati successivi di spessore non superiore ai 30-40 cm ed idoneamente compattati, fino a raggiungere la quota inferiore dei conglomerati bituminosi. Si procederà poi, fino al raggiungimento della quota di superficie della pavimentazione, con conglomerato bituminoso a caldo di tipo binder, ricavato anche usando materiali fresati (vedi premessa).

Il riempimento dovrà poi essere lasciato sotto traffico per un periodo di almeno 30 giorni in modo da permettere l'eventuale assestamento del riempimento sottostante, qualora non sia stato adeguatamente compattato. Seguirà una fresatura a freddo della zona a cavallo dello scavo per una larghezza del medesimo, aumentata di 30+30 cm ai due lati, per una profondità pari allo spessore dello strato di usura presente sulla strada. Il cassonetto così ricavato, dopo stesa di conguaglio, per colmare eventuali cedimenti intercorsi nel periodo di attesa, sarà riempito, usando idonea vibrofinitrice, con conglomerato di usura sempre a caldo, dello stesso tipo e spessore dell'usura preesistente, da compattare in modo da ottenere una perfetta complanarità della zona trattata.

14.3.3 CASO DEL GIUNTO TRASVERSALE (INIZIO E FINE LAVORAZIONI DI PAVIMENTAZIONI NUOVE IN CONTINUAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI)

Per lavori di pavimentazioni in avanzamento a sovrastrutture esistenti, le stesse dovranno essere preventivamente demolite per una profondità minima dello spessore dello stato da ricreare raccordandosi in avanzamento nella misura di 2 m/cm. Al termine della lavorazione il raccordo dovrà avvenire con le stesse modalità.

15 RIPARAZIONE SUPERFICI DEGRADATE DI LIMITATA ESTENSIONE

La riparazione di piccole e circoscritte superfici di pavimentazione ammalorata più o meno diffuse nell'ambito di una corsia o di una carreggiata, sarà effettuata con interventi limitati ai punti ammalorati ed al loro intorno secondo esplicita richiesta della DL.

Questi interventi dovranno essere realizzati con modalità e con impiego di materiali rispondenti alle norme tecniche definite per ciascuna categoria di lavoro.

In particolare dovranno essere impiegate squadre di lavoro attrezzate con frese, finitrici e rulli di idonee dimensioni per essere facilmente trasportate con carrellone ed in grado di realizzare il lavoro a perfetta regola d'arte.

Potranno altresì essere impiegate attrezzature per la rigenerazione in sito della pavimentazione di ridotte dimensioni (max 1,20 m di larghezza), quando gli ammaloramenti in atto non superano lo spessore di 7-8 cm.

In questi casi il lavoro dovrà essere realizzato secondo quanto previsto nell'articolo 8 compensato a misura secondo il prezzo di elenco.

15.1 CASO DEI RAPPEZZI LOCALIZZATI

- **D.01.050** "Esecuzione dei rappezzi localizzati"

I rappezzi sono intesi come trattamenti di alcuni m², distaccati tra loro e tesi a riparare in modo provvisorio, ma durevole zone degradate della pavimentazione limitate nello spazio.

Essi sono di due tipi, a seconda del degrado presente

15.1.1 CASO DI DEGRADO DIFFUSO CON BUCHE GIÀ PRESENTI NON CONTIGUE E NON DIFFUSE

Il rappezzo sarà costituito da un tappeto di conglomerato bituminoso a caldo steso a mano e rullato con piastre vibranti oppure da un trattamento di emulsione modificata e graniglia, eventualmente steso in più strati nelle zone più degradate e o depresse rispetto ai piani di rotolamento.

Potranno anche essere usate sopra lo strato iniziale di emulsione, anche fibre di vetro di alcuni cm di lunghezza, spruzzate sul legante di attacco, prima della posa delle graniglie

Le poche buche profonde eventualmente presenti dovranno essere trattate prima del rappezzo con la tecnica descritta all'Art.16.

15.1.2 CASO DI DEGRADO DIFFUSO MA CON BUCHE GIÀ PRESENTI CONTIGUE E/O DIFFUSE

Questi rappezzi devono essere preparati con accurata demolizione del materiale degradato, con minifresa che riquadri anche i bordi; spianamento del fondo anche con apporto di materiale prebitumato fine ed impregnazione con emulsione acida al 60% di tutte le superfici orizzontali e verticali; i degradi localizzati (buche) non comprendibili nelle zone riquadrate saranno trattati come detto all'art.16.

Seguirà il riempimento e la compattazione con rulli di adeguate dimensioni.

Non si dovranno superare i 10 cm per ogni strato data la difficoltà di ben compattare spazi ridotti.

Al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti sopra la zona rappezzata, si potrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a rete che serva a ritardare la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

Per buche in zone a traffico elevato, dopo la stesa della mano di attacco andrà steso il conglomerato bituminoso di riempimento che non dovrà essere a freddo (bitumi flussati), ma a caldo e preferibilmente modificato con idonei plastomeri, aggiunti nel mescolatore (3-4 kg/t di conglomerato bituminoso) oppure altri preparati a base cementizia a pronta presa da usare in presenza di acqua.

I rappezzi fatti in condizioni climatiche avverse potranno essere realizzati con materiali a freddo, ma le riparazioni dovranno essere ripetute con conglomerato a caldo e con i metodi sopra descritti.

Qualora i rappezzi effettuati con fresa e riempimento lascino non trattate le zone ad esse circostanti, in cui sono presenti lesioni a pelle di cocodrillo, dette zone potranno essere trattate con i sistemi descritti all'art 15.1.1

16 TRATTAMENTO FUNZIONALE DELLE BUCHE (INTERVENTI PUNTUALI)

- **D.01.057** "Trattamento funzionale delle buche (interventi puntuali) non maggiore di 0,5 m²"

Questi interventi dovranno essere realizzati con modalità e con impiego di conglomerati idonei evitando, ove possibile, l'impiego dei conglomerati a freddo in sacchi.

La Committente si riserva la facoltà di provare attrezzature per test su strada finalizzate alla riparazione delle buche.

Gli interventi dovranno garantire una durata maggiore dei 6 mesi, in previsione del rifacimento del tratto interessato.

Dietro approvazione della Committente si potrà operare anche con attrezzature anche automatiche, che tagliano e rimuovono (con margine di sicurezza) la zona interessata dalla buca, con susseguente ripristino del cavo con conglomerato bituminoso a caldo o con emulsione, possibilmente modificata ed adatta allo scopo.

La superficie laterale di taglio e la base dovrà essere netta e ricoperta bitume od emulsione al fine di favorire l'adesione con il conglomerato di ripristino.

Tranne che nei casi improcrastinabili è auspicabile intervenire prima della completa formazione della buca così da intervenire in condizioni meteo e logistiche non di emergenza.

17 APPENDICE

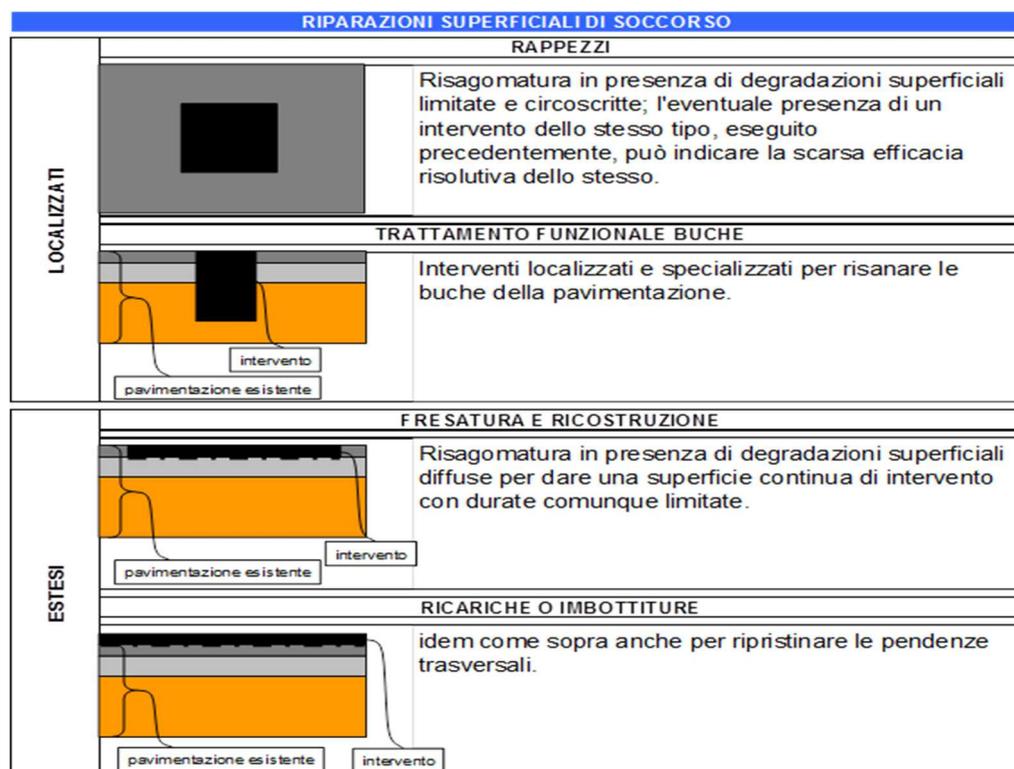
17.1 RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO (RSS)

Questi tipi di interventi superficiali, eseguiti per mettere in sicurezza la pavimentazione e/o per portarne il livello qualitativo a condizioni accettabili, possono essere di tipo localizzato, come i rappezzi o il trattamento funzionale delle buche, oppure estesi, preceduti o meno da un intervento di fresatura. In genere, questi interventi, servono a risanare situazioni di degradi superficiali più o meno accentuati e diffusi, ma, costituiscono soluzioni di breve durata e quindi basso rendimento economico per cui, anche in funzione delle effettive disponibilità economiche, è preferibile adottare altre soluzioni di intervento tipo RP o RS.

Lo spessore del materiale non dovrà essere inferiore a 3 cm ed in genere non superiore a 5 cm e costituisce lo stato di usura.

Gli interventi superficiali di tipo esteso (maggiore di 500 m) sono da adottare al fine di evitare interventi localizzati troppo fitti. Quando possibile, compatibilmente con i vincoli presenti (presenza di barriere, franchi verticali da rispettare, ecc.), è preferibile effettuare delle ricariche. In ogni caso, la realizzazione del nuovo strato deve essere sempre preceduta dalla stesa di una mano di attacco.

Di seguito sono riportate le tipologie di intervento superficiale ed i loro casi applicativi più frequenti.



17.2 TRATTAMENTI SUPERFICIALI (TS)

L'intervento di tipo superficiale, di maggior resa e minor costo su pavimentazioni che hanno solo problemi di aderenza e fessurazioni di ridotta entità e diffusione ma senza sconfigurazioni del piano viabile, è il trattamento superficiale con malte bituminose tipo "slurry seal" (macro-seal) da 6 mm di spessore confezionate e posate a freddo con idonea attrezzatura (vedi § 10.3).

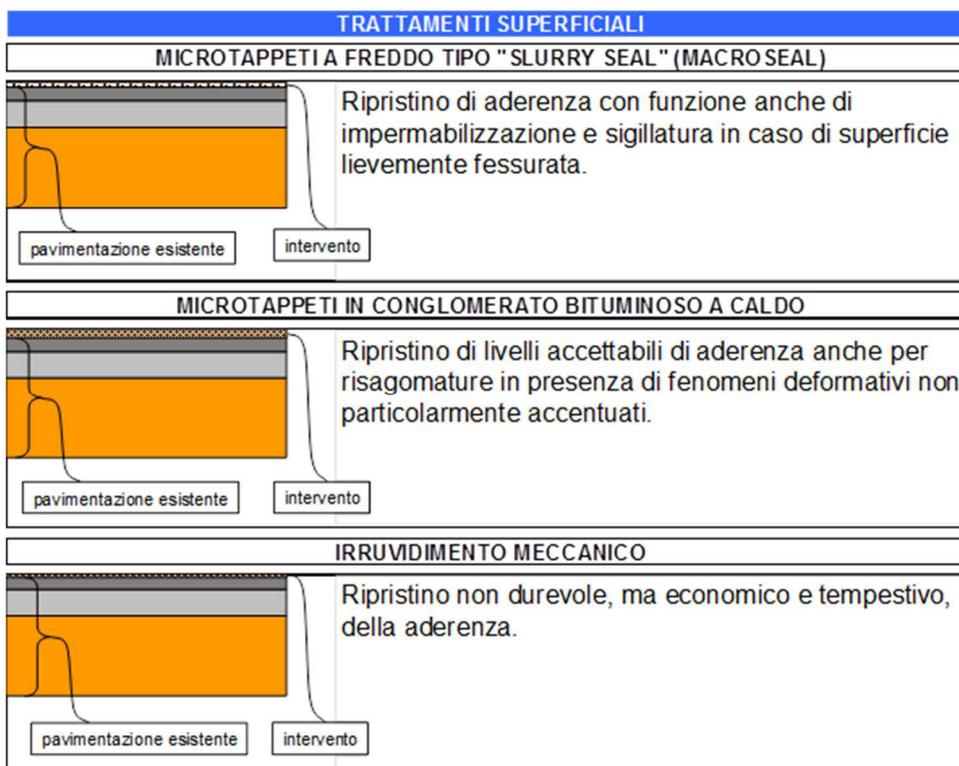
Questi trattamenti superficiali vanno impiegati per il ripristino della aderenza e come impermeabilizzazione o sigillatura di micro lesioni in zone senza cedimenti evidenti.

Altri tipi di intervento superficiali, come i microtappeti, possono rappresentare una soluzione alternativa, sempre nell'ambito degli interventi non durevoli e qualora la regolarità superficiale non sia carente.

La scelta di intervento attraverso l'irruvidimento meccanico può essere previsto esclusivamente in ambiti localizzati per ripristinare livelli accettabili di aderenza nel caso si voglia intervenire rapidamente e con contenuti impegni di spesa.

Tali interventi costituiscono soluzioni temporanee e non durevoli.

Di seguito sono riportate le tipologie di trattamento superficiale ed i loro casi applicativi più frequenti.



17.3 RISANAMENTI SUPERFICIALI (RS)

I Risanamenti Superficiali (RS) hanno lo scopo di rinforzare pavimentazioni non completamente degradate, ovviamente non possono garantire una durata equivalente rispetto agli interventi profondi, ma comportano un minore impegno economico, a fronte di minori durate da prendere in considerazione nei progetti.

Gli RS sono realizzati mediante la fresatura degli strati più superficiali della pavimentazione esistente e possono prevedere anche la realizzazione dello strato di usura in copertura con conseguente innalzamento delle quote; anche per questa tipologia di intervento si prevedono soluzioni di differente durata da utilizzare in funzione delle diverse tipologie di traffico circolante.

I risanamenti superficiali intervengono per cause diverse da quelle connesse ai ripristini di portanza, tra le quali si segnalano:

- evidenza di ammaloramenti solo superficiali;
- impossibilità di chiusura al traffico per i periodi necessari alla realizzazione degli RP;
- interventi che dovranno durare solo per un periodo limitato;
- risanamenti che investano aree poco estese.

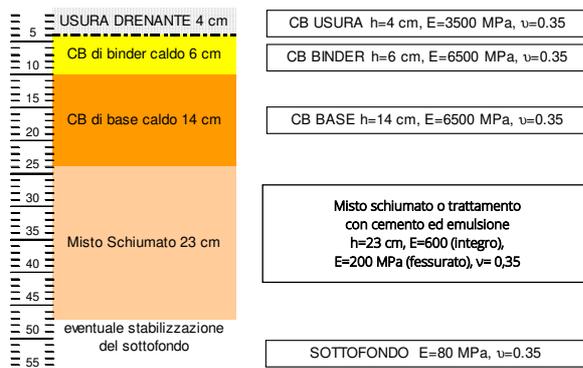
17.4 RISANAMENTI PROFONDI (RP)

I Risanamenti Profondi (RP) assicurano la riclassificazione in alta durata delle pavimentazioni esistenti; essi comportano una completa demolizione della pavimentazione esistente con parziale o totale riutilizzo dei materiali rimossi.

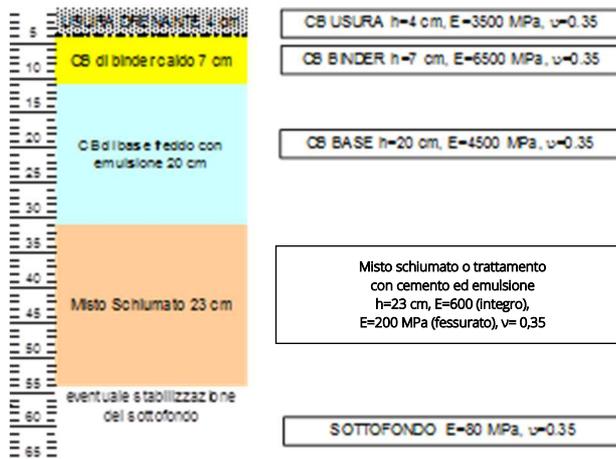
Tali interventi sono previsti dove la pavimentazione si presenta particolarmente ammalorata e dove si vogliono garantire durate elevate in funzione del traffico effettivamente circolante.

Esistono due categorie di RP a seconda del traffico (TGM); ognuna di esse è suddivisa a sua volta in tre tipologie a seconda dei materiali usati (vedi schemi seguenti) tutte di durata equivalente; la scelta dei materiali e della tecnica conseguente dipenderà dalle condizioni locali (impianti, cave, disponibilità di materiali, pavimentazione esistente). Ricordiamo comunque che per la realizzazione delle fondazioni le tecniche più affidabili sono quelle connesse ai riciclaggi a freddo essendo i risultati con il misto cementato più variabili con le condizioni del cantiere di fabbricazione.

SOLUZIONE DI PROGETTO RPA1
strade con traffico elevato (TGM fino a 50.000) durata teorica 20 anni



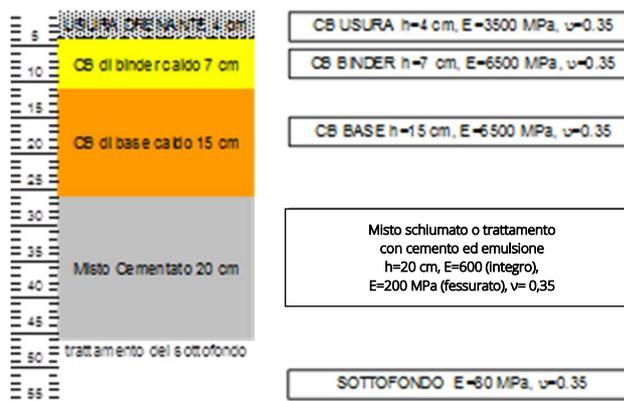
SOLUZIONE DI PROGETTO RPA2
strade con traffico elevato (TGM fino a 50.000) durata teorica 20 anni



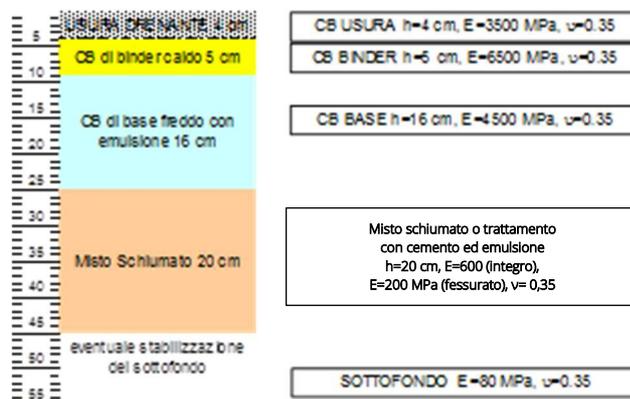
SOLUZIONE DI PROGETTO RPB1
strade con traffico medio (TGM fino a 22.000) durata teorica 20 anni



SOLUZIONE DI PROGETTO RPA3
strade con traffico elevato (TGM fino a 50.000) durata teorica 20 anni



SOLUZIONE DI PROGETTO RPB2
strade con traffico medio (TGM fino a 22.000) durata teorica 20 anni





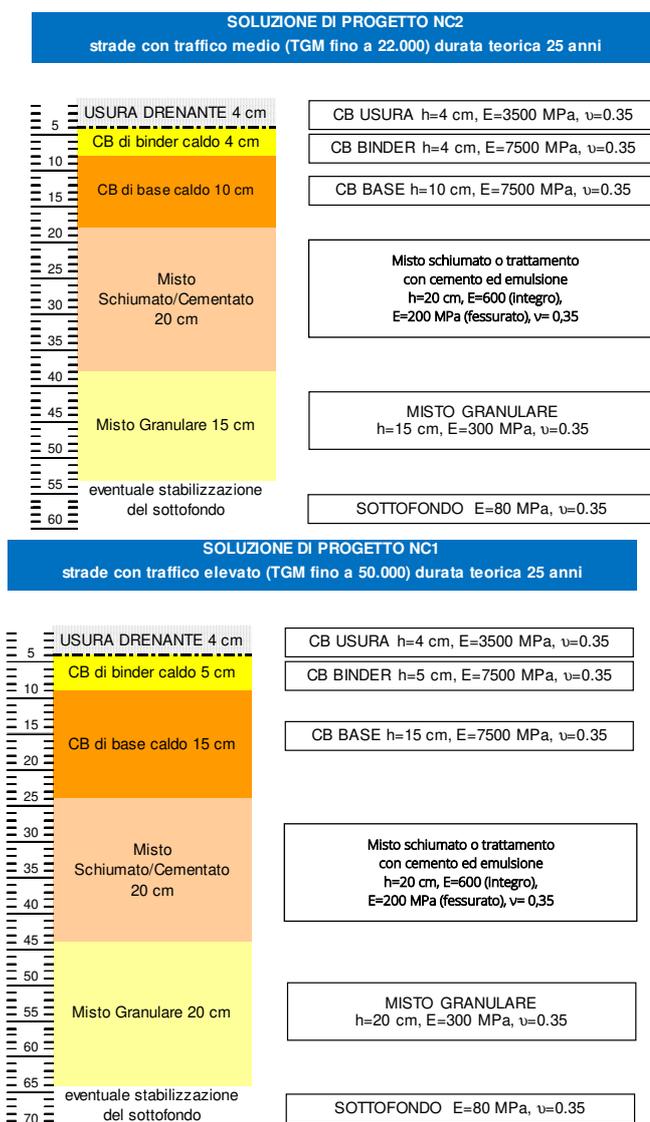
— . — . — . Mano d'attacco con bitume modificato hard

NB le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 11.4

Le usure, sia drenanti che chiuse, potranno essere variate per motivi di opportunità locale, comunque da dichiarare, usando in alternativa solo i tipi riportati nelle Norme Tecniche.

17.5 PAVIMENTAZIONI NUOVE COSTRUZIONI (NC)

Nel caso di realizzazione di nuove pavimentazioni, quindi probabilmente senza materiale da riciclare, vanno utilizzate preferibilmente le tipologie di pavimentazione descritte nelle figure seguenti che prevedono uno strato di fondazione in schiumato miscelato in sito (o premiscelato in impianto), preceduto da uno strato in misto granulare, oltre agli strati in conglomerato bituminoso realizzati a caldo sempre con l'utilizzo di bitume modificato.



--- Mano d'attacco con bitume modificato hard

NB le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 11.4

La diversa composizione degli spessori dei vari strati costituenti l'intervento rendono indicativamente la soluzione NC1 idonea in presenza di rilevante traffico tipo autostradale, con percentuali

di veicoli commerciali fino al 20%, mentre la soluzione NC2 può essere idonea in presenza di rilevante traffico tipo strade extraurbane, con percentuale di veicoli commerciali fino al 10%.

Disponendo del TGM (Traffico Giornaliero Medio) e della distribuzione e percentuale dei veicoli commerciali è possibile calcolare il traffico in termini di passaggi di assi equivalenti da 12 t e conseguentemente scegliere la soluzione di intervento più idonea, per il raggiungimento delle durate teoriche attese, in relazione alle curve di fatica dei materiali impiegati.

Potranno essere adottate soluzioni di intervento differenti rispetto a quelle indicate, sia per gli spessori che per le tipologie dei materiali impiegati, tuttavia, dovranno essere adottati i materiali e le tipologie di lavorazione contemplati nelle Norme Tecniche e comunque, attraverso il CSS di Cesano, andranno definite le curve di controllo specifiche per la verifica della portanza valutata attraverso l'indicatore prestazionale IS300.

Lo strato di fondazione con bitume schiumato è da preferire al misto cementato perché garantisce una migliore resa e lavorabilità, tuttavia, se previsto in progetto, il cementato potrà sostituire lo schiumato rimanendo valide le relative curve di controllo per un anno di maturazione ed i relativi calcoli di durata teorica. In alternativa allo strato di usura drenante, anche in funzione delle effettive condizioni locali, è possibile realizzare una usura chiusa in conglomerato bituminoso, sempre con bitume modificato hard e conforme alle tipologie riportate nelle Norme Tecniche, in questo caso non sono previste variazioni sulle curve di controllo.

Le caratteristiche dei materiali da utilizzare sono riportate in specifici paragrafi delle Norme Tecniche a cui si rimanda, per ciascuno di essi è poi assegnata una specifica voce nell'Elenco Prezzi per la determinazione dei costi di intervento.

Si rimanda all'Art. 11.4 per tutte le altre considerazioni.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it

Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.07 - Rev. 1.0

Bonifica da ordigni e residuati bellici

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direttore Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	APR. 2021

Sommario

1.	PREMESSA	4
1.1	Normativa di riferimento.....	4
1.2	Personale specializzato.....	5
1.3	Bonifica Ordigni Bellici: caratteristiche tecniche.....	6
1.3.1	Pulizia preliminare delle superfici da bonificare con taglio della vegetazione	6
1.3.2	Bonifica di superficie da ordigni residuati bellici fino a 1,00 m di profondità dal p.c.	7
1.3.3	Bonifica effettuata mediante il metodo dello scavo e cernita del terreno per strati successivi oltre la profondità di 1,00 m dal p.c.	8
1.3.4	Bonifica sistematica in presenza di scavi archeologici	9
1.4	Scavo per recupero e rimozione degli ordigni bellici	9
1.4.1	Scavo per recupero ordigni bellici	9
1.4.2	Rimozione degli ordigni bellici.....	10
1.5	Norme di sicurezza e relative agli oneri e responsabilità.....	10
1.6	Collaudo finale dei lavori di bonifica	10
1.7	Prescrizioni tecniche per la redazione degli elaborati.....	10

1. PREMESSA

Per Ordigni bellici in generale si intendono mine, ordigni esplosivi, bombe, proiettili, masse ferrose e residuati bellici di qualsiasi natura.

Il progetto per l'attività di bonifica preventiva da ordigni esplosivi residuati bellici, ha lo scopo di accertare ed eliminare la presenza di ordigni esplosivi sul suolo e sottosuolo delle aree interessate dai lavori, in osservanza alle vigenti leggi in materia, nonché alle prescrizioni generali e particolari impartite dalle Direzioni Genio Militare Territorialmente competente, meglio definito come OEP (Organi Esecutivi Periferici).

Tale attività, ove ritenuta necessaria dal Coordinatore per la Sicurezza ex art. 91 comma 2 - bis del D.Lgs.81/08, è da intendersi tassativamente preventiva e propedeutica a qualsiasi altra attività lavorativa.

In particolare, le prescrizioni di legge prevedono che detti lavori di bonifica siano eseguiti da imprese regolarmente iscritte, anche all'Albo dei Fornitori del Ministero della Difesa e che il personale impiegato deve essere munito di brevetto di specializzazione B.C.M. (Bonifica Campi Minati) anch'esso rilasciato dal Ministero della Difesa. L'Autorità militare interviene anche nell'autorizzazione all'utilizzo di procedure e attrezzature di ricerca e rimozione, come specificato nel Capitolato Speciale d'Appalto B.C.M. del Ministero della Difesa (ed. 1984).

1.1 Normativa di riferimento

Di seguito i principali disposizioni vigenti in materia o comunque connesse con l'attività di bonifica da ordigni esplosivi residuati bellici interrati, da ritenersi cogenti per l'esecuzione del servizio in parola:

- D. Lgs. Lgt. 12 apr. 1946 n° 320 – Bonifica dei Campi Minati
- D. Lgs. C.P.S. 1 nov. 1947 n° 1768 – Modificazioni/aggiunte al D. Lgs. Lgt. 320/46
- SCHEMA Capitolato BCM Ed. 1984 aggiornato 2002 - SCHEMA Condizioni Amministrative.
- Circ. SME n° 596/184.420 datata 26 giu. 1998 – Riordino settore relativo alla bonifica di ordigni esplosivi
- Circ. SME n° 423/184.420 datata 26 lug. 1999 – Riordino settore relativo alla bonifica di ordigni esplosivi. 1° Serie AA.VV
- D.M. 26 gen 1998 – Struttura ordinativa e competenze della Direzione Generale dei Lavori e del Demanio del Ministro della Difesa.
- D.M. 14 apr. 2000 n° 2 – Regolamento concernente il Capitolato Generale d'oneri per i contratti stipulati dall'A.D. (Campo di applicazione forniture servizi).
- D.P.R. 20 Ago 2001 n° 384 – Regolamento di semplificazione dei procedimenti di spesa in economia.
- D.M. 1 ago 2002 – Modalità e procedure per l'acquisizione in economia dei beni e servizi da parte di organismi dell'Amm.ne Difesa.
- D.M. 27 set. 2002 – Articolazione in uffici delle strutture del Segretariato Generale della Difesa (art. 13 soppressione Albo Fornitori ed Appaltatori – A.F.A.).
- Circ. GENIODIFE n. 125/002552/BCM datata 19 feb. 2003 – Soppressione Albo Fornitori ed Appaltatori della Difesa A.F.A. – Cat. 900201 – Bonifica del terreno da ordigni esplosivi residuati bellici.

- Circ. SEGREDIFESA n° 829/132/03 datata 19 mar. 2003 – Bonifica del terreno da ordigni esplosivi residuati bellici esplosivi – Soppressione albo fornitori appaltatori della Difesa.
- D.M. – U.G.C.T./04/03 del 21 ott. 2003 – Relativo alla formazione del personale specializzato BCM – Dirigenti Tecnici, Assistenti Tecnici, Rastrellatori.
- Circ. GENIODIFE n° MD/GGEN/01/02635/121/04 datata 4 Nov. 2004 Soppressione Albo Fornitori ed Appaltatori della Difesa (A.F.A.) – Cat. 900201 – Bonifica del sottosuolo da ordigni esplosivi residuati bellici interrati.
- Circ. n. ° MD/GGEN/01/01618/121/601/07 datata 8 mar. 2007 – Bonifica del territorio nazionale da ordigni esplosivi residuati bellici nelle infrastrutture di prevista dismissione.
- Decreto 11 maggio 2015, n. 82, recante “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 residuati bellici, ai sensi dell'articolo 1, comma 2, della legge 1° ottobre 2012, n.177”, pubblicato sulla G.U. n. 146 del 26/06/2015 ed entrato in vigore il 11/07/2015.
- Direttiva Tecnica GEN-BST 001 - “2^ serie AA.VV. aggiornata al 20 gennaio 2020.

1.2 Personale specializzato

Il lavoro di bonifica dovrà essere svolto da personale in possesso della relativa specializzazione B.C.M. rilasciata dalle competenti autorità militari.

L'impresa specializzata B.C.M. dovrà:

- Notificare, al Genio Militare, con congruo anticipo l'inizio, la variazione e l'ultimazione dei lavori;
- comunicare i vari stati di avanzamento dei lavori relativi all'attività di ricerca onde consentirne tempestivi controlli di competenza;
- trasmettere alla direzione Genio Militare, prima dell'inizio dei lavori, l'elenco di tutto il personale brevettato e non, che sarà impiegato nei lavori stessi indicando le generalità ed il domicilio di ciascuno e, per gli specializzati B.C.M., il numero e data di scadenza dei relativi brevetti, nonché copia fotostatica del brevetto stesso;
- segnalare tempestivamente assunzioni, licenziamenti, trasferimenti e ogni altra variazione riferita al personale;
- comunicare sollecitamente il rinvenimento di tutti gli ordigni esplosivi, di qualsiasi genere e natura (anche alla stazione dei Carabinieri competente territorialmente);
- curare la tenuta del diario dei lavori;
- curare la tenuta dei registri del personale, degli attrezzi e degli ordigni;
- specificare sul diario dei lavori il tipo di apparato rilevatore usato e le modalità di impiego usate;
- mettere, a sue spese, a disposizione degli Organi preposti al controllo, autovettura con relativo autista per sopralluoghi al cantiere, limitatamente alla durata del lavoro e con esclusivo riguardo allo specifico lavoro, ogni volta che se ne ravvisi la necessità. Successivamente alla conclusione dello specifico lavoro l'Impresa Specializzata si obbliga altresì a fornire autovettura e conducente per le operazioni successive a carico del personale dell'Ufficio BCM finalizzate al rilascio del verbale di constatazione.

Per quanto attiene alle assicurazioni contro gli infortuni sul lavoro, si precisa che i relativi oneri saranno a capo dello Stato per effetto delle disposizioni di legge di cui al D.L. C.P.S. dell'1/11/47, n. 1768.

1.3 Bonifica Ordigni Bellici: caratteristiche tecniche

La bonifica sistematica terrestre da un punto di vista tecnico-operativo si distingue in: - bonifica superficiale (BST-S), mirata ad individuare gli ordigni presenti in uno strato superficiale del terreno, di spessore variabile e comunque fino alla profondità di m 1 (uno) in funzione della accertata capacità di indagine degli apparati di ricerca in relazione alla particolare composizione mineralogica del terreno; - bonifica profonda (BST-P), mirata ad individuare gli eventuali ordigni presenti nel volume di terreno interessato da scavi, o da altre azioni di natura invasiva come il movimento dei mezzi meccanici, che possono causare l'esplosione involontaria degli stessi.

Le attività di seguito descritte saranno oggetto della progettazione per la bonifica degli ordigni bellici e dovranno comprendere:

- predisposizione del progetto di bonifica;
- supporto necessario per l'istruzione della pratica di autorizzazione e al personale dell'ufficio BCM di competenza in fase di sopralluogo di verifica di cantiere;
- dovrà rilasciare in duplice copia in bollo dichiarazione di garanzia e responsabilità allegando le planimetrie da cui risultino evidenziate e quantificate le aree bonificate,
- redazione del Piano Operativo di Sicurezza;
- repertazione degli eventuali ordigni rinvenuti e consegna alle competenti Autorità;
- richiesta e svolgimento del sopralluogo di collaudo da parte delle AM competenti con supporto del personale incaricato.

Le aree da bonificare devono essere chiaramente delimitate e deve essere impedito il transito e la sosta a persone estranee ai lavori di bonifica. I mezzi d'opera e di transito devono essere in perfetta efficienza tecnica, inoltre in ogni cantiere deve essere operante per l'intero orario lavorativo giornaliero un posto di pronto soccorso, attrezzato con cassetta di medicazione.

I lavori di bonifica devono essere condotti secondo quanto previsto nelle Prescrizioni Tecniche Militari, nel D.L. del 12.04.46, n° 320 e leggi successive e negli articoli di lavoro del Capitolato Speciale d'Appalto B.C.M. del Ministero della Difesa (ed. 1984).

1.3.2 Pulizia preliminare delle superfici da bonificare con taglio della vegetazione

Tale lavoro viene eseguito preventivamente con lo scopo di eliminare la vegetazione che potrebbe ostacolare l'impiego dell'apparato rilevatore, sulla superficie da sottoporre alle operazioni di bonifica.

Questa fase si svolge con l'impiego di squadre di personale specializzato BCM che, con ispezione a vista e con apparecchi elettronici di superficie, cooperano di intesa con squadre di manovali specializzati che effettuano lo sfalcio delle erbe e il taglio della vegetazione.

Nelle operazioni di lavorazione si prevede il tracciamento dei campi di lavoro consistente nella suddivisione delle aree interessate alla bonifica di zone di 50 m per 50 m dette "campi" numerate secondo una sequenza logica e successivamente in "strisce" di lavoro. Il personale specializzato opera in campi alterni nel rispetto delle norme vigenti sulle distanze di sicurezza da rispettare nel lavoro di bonifica da ordigni esplosivi, distanze che in ogni caso non saranno mai inferiori a 50 metri.

Il materiale di risulta viene accatastato in zona già bonificata e successivamente trasportato a rifiuto. Nel tagliare la vegetazione, devono essere rispettate tutte le possibili cautele atte a evitare il fortuito contatto, sia del personale e sia dei mezzi di lavoro, con eventuali ordigni affioranti; comunque, in terreni presumibilmente infestati da ordigni particolarmente pericolosi (mine, bombe,...), 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, devono essere salvaguardate – ove possibile – le piante ad alto fusto.

Nel prezzo unitario sono compresi e remunerati tutti gli oneri suddetti, qualunque sia la densità ed il tipo della vegetazione.

1.3.3 Bonifica di superficie da ordigni residuati bellici fino a 1,00 m di profondità dal p.c.

La bonifica superficiale consiste nella ricerca, localizzazione e scoprimento di tutte le masse metalliche e di tutti gli ordigni, mine e altri manufatti bellici esistenti fino a 1 metro di profondità dal piano esplorato. Le aree da bonificare devono essere suddivise in zone di 50 m per 50 m dette "campi" numerate secondo una sequenza logica e successivamente in "strisce" di lavoro sulle quali devono essere effettuate tutte le operazioni e tutti i lavori stabiliti per la bonifica fino a 1,00 m di profondità, impiegando opportune attrezzature, materiali e mezzi idonei a questa particolare esigenza.

Nel caso di aree da bonificare in cui una dimensione prevale nettamente sull'altra, come nel caso di itinerari ferroviari/stradali ovvero scavi di trincea per posa condutture/cavi, i "campi" potranno avere anche lati di dimensione diversa, fermo restando che nessuna dovrà superare i 50 metri. Nel progetto di bonifica dovranno essere chiaramente riportate le coordinate (in WGS 84 GD) relative al perimetro di intervento.

La bonifica deve comprendere:

- l'esplorazione per strisce successive di tutta la zona interessata con apposito apparato rilevatore di profondità;
- lo scoprimento di tutti i corpi e ordigni segnalati dall'apparato, comunque esistenti fino alla profondità di 1 metro nelle aree esplorate.

La bonifica superficiale di tutte le aree interessate ai lavori (comprese quelle di cantiere e le piste di servizio) viene effettuata fino alla profondità di 1,00 m con cercamine tipo Foster, o apparati similari, purché ritenuti idonei dalla direzione dei lavori, per la ricerca e la locazione di masse ferrose. La profondità di bonifica si intende riferita al piano di calpestio dell'area sulla quale saranno eseguite le azioni di controllo con gli apparecchi.

Si reputa opportuno precisare che:

- gli scavi, ai quali si premette la bonifica, dovranno procedere analogamente a tratti successivi (qualunque sia il sistema, la maniera o il mezzo di scavo);
- la bonifica del fondo finale degli scavi dovrà essere sempre eseguita anche se l'altezza dello strato scavato risulti inferiore a 1,00 m.

Una volta rimosso l'oggetto metallico, lo scavo potrà essere riempito utilizzando la terra precedentemente rimossa, dopo aver verificato il fondo scavo con l'apparato di ricerca per accertare che la sorgente dell'anomalia magnetica sia stata totalmente eliminata.

Nel caso in cui, invece, l'oggetto metallico sia riconosciuto come possibile ordigno bellico, dovranno essere attivate le procedure previste al paragrafo 2.3.5 del Documento Unico di Bonifica Bellica Sistemica Terrestre (annesso III alla direttiva tecnica).

1.3.4 Bonifica effettuata mediante il metodo dello scavo e cernita del terreno per strati successivi oltre la profondità di 1,00 m dal p.c.

La bonifica in profondità viene eseguita per ricercare, individuare e localizzare ordigni o masse ferrose interrate nelle aree ove è prevista la realizzazione di opere civili e scavi a sezione obbligata e/o sbancamento che dovessero superare la profondità di 1,00 m dal p.c. e viene effettuata con trivellazioni non a percussione. La bonifica mediante trivellazioni deve essere attuata per l'intera area interessata alla garanzia e per l'intera profondità per la quale è richiesta la garanzia stessa.

Dopo aver effettuato la bonifica superficiale la zona deve essere suddivisa in quadrati aventi il lato di 2,80 metri. Al centro di ciascun quadrato, a mezzo di trivellazioni non a percussione, viene praticato un foro capace di contenere la sonda dell'apparato rilevatore. Detta perforazione viene eseguita inizialmente per una profondità di 1,00 metro, corrispondente alla quota garantita con la bonifica superficiale; successivamente nel foro già praticato e fino al fondo di questo si introduce la sonda dell'apparato rilevatore, che, predisposto a una maggiore sensibilità radiale, è capace di garantire la rilevazione di masse ferrose interrate entro un raggio di 2,00 metri. Per la ricerca a maggiore profondità si procede con trivellazioni progressive di 2,00 metri per volta, operando con la sonda dell'apparato rilevatore.

I vari quadrati in cui è stata suddivisa la zona da bonificare devono essere preventivamente numerati. Come per i "campi" anche per ogni quadrato dovranno trascriversi sul giornale dei lavori le operazioni di trivellazione e l'esito dei progressivi sondaggi. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di controllare materialmente gli esiti dei sondaggi trascritti sul giornale dei lavori.

Le perforazioni devono raggiungere la quota di -5,00 m di profondità dal presunto p.c. del periodo bellico e sono limitate al raggiungimento dello strato roccioso. Per ricerche a maggiori profondità, si procede con trivellazioni progressive di 2,00 metri per volta, operando poi con la sonda rilevatrice.

Ove è prevista la compattazione del terreno per la realizzazione di particolari opere che non prevedono scavi superiori al metro dal livello del p.c. (rilevati,...), sull'area in questione dovrà essere effettuata la bonifica profonda mediante trivellazioni spinte fino a - 2,00 metri dal p.c. originario.

Nel caso di bonifica profonda eseguita con la metodologia degli strati successivi per ogni esplorazione eseguita su ciascuno strato da scavare nonché sul fondo finale degli scavi, dovrà essere presentata specifica dichiarazione di garanzia accompagnata dalla relativa richiesta di verbale di constatazione. La presenza di falde d'acqua dovrà essere tempestivamente comunicata all'Ispettorato delle Infrastrutture dell'Esercito - Reparto Infrastrutture per eventuali ulteriori prescrizioni.

La constatata presenza di banchi rocciosi compatti e affioranti escludono la bonifica in profondità oltre il metro. Qualora sull'originario p.c. dovesse essere riscontrata la presenza di terreno di riporto, anche quest'ultimo dovrà essere interessato dalla bonifica. Le perforazioni devono svilupparsi a partire dal perimetro dell'area interessata, in modo tale da garantire una fascia di sicurezza di 1,40 metri lungo il perimetro stesso.

La profondità delle perforazioni non deve comunque superare i 5,00 metri dal presunto piano campagna del periodo bellico, a meno che il terreno non risulti particolarmente molle e limaccioso. Tale situazione, constatata dopo i primi sondaggi e verifiche, deve essere tempestivamente rappresentata all'Ispettorato delle Infrastrutture dell'Esercito – Reparto Infrastrutture, che stabilirà l'eventuale nuova quota di indagine.

1.3.5 Bonifica sistematica in presenza di scavi archeologici

In caso di particolari esigenze di tutela espresse dalle Soprintendenze Archeologiche nonché delle determinazioni a cura specifica dell'OEP competente per territorio, come dichiarato dall'articolo "ID BST-ARCH-001 – Bonifica sistematica in presenza di scavi archeologici" dalla direttiva "GEN-BST 001 - 2° edizione del 2020", si utilizzerà esclusivamente la bonifica superficiale seguita da un verbale di validazione a cura del Reparto Infrastrutture competente per territorio.

Successivamente si procederà con il subentro della ditta archeologica che potrà procedere in autonomia ad effettuare lo scavo a mano fino a 100 centimetri di profondità. Al termine dovrà nuovamente subentrare la ditta BCM per effettuare una nuova bonifica superficiale seguita da un altro verbale di validazione.

Tale procedura sarà reiterata fino al raggiungimento della quota di profondità prevista.

Qualora durante le bonifiche superficiali successive si dovessero riscontrare anomalie ferromagnetiche, si dovrà procedere con il metodo dello scavo per strati successivi.

1.4 Scavo per recupero e rimozione degli ordigni bellici

1.4.1 Scavo per recupero ordigni bellici

Gli scavi finalizzati al recupero degli ordigni bellici e delle masse ferrose devono essere eseguiti a strati successivi. Nelle fasi di ricerca superficiale gli scavi devono essere effettuati esclusivamente a mano con precauzione e attrezzature adeguate alla particolarità e ai rischi dell'operazione.

Gli scavi finalizzati al recupero delle masse profonde, invece, possono essere effettuati con mezzi meccanici con azionamento oleodinamico fino a una quota un metro più elevata di quella della massa ferrosa da rimuovere (e in ogni modo per strati non superiori a 70/90 cm per volta), la restante parte dello scavo deve essere eseguita a mano. Gli scavi di lavoro sono da compiere in terreni di qualsiasi genere, natura e consistenza con mezzi meccanici per consentire l'avvicinamento ai ritrovati oltre la profondità di 1,00 m e avranno una inclinazione necessaria a impedire franamenti delle pareti per consentire in sicurezza il lavoro di rastrellatura. L'acqua derivante dallo scavo dovrà essere aggettata e allontanata.

Le quantità scavate, andranno contabilizzate secondo la loro effettiva dimensione geometrica.

Gli scavi potrebbero interessare terreni fino ad una profondità di 8,00 (otto) metri dal piano di campagna.

Tutti gli scavi devono essere effettuati sotto la sorveglianza di un assistente tecnico B.C.M. o di un rastrellatore B.C.M.. Al termine della bonifica, tutte le aree scavate devono essere

convenientemente rinterrate, con materiale proveniente dagli scavi o di fornitura dell'Appaltatore, per ripristinare il preesistente stato dei luoghi.

1.4.2 Rimozione degli ordigni bellici

Gli ordigni bellici devono essere lasciati in sito, provvedendo ad apposita segnaletica e protezione fino all'intervento degli uomini dell'Amministrazione Militare. Il ritrovamento deve essere tempestivamente comunicato per iscritto alla competente Amministrazione Militare, alla Direzione Lavori e ai Carabinieri.

La distruzione degli ordigni bellici non trasportabili deve essere effettuata in loco previa adozione delle necessarie misure di sicurezza. Il brillamento deve essere attuato da tecnici predisposti dall'Amministrazione Militare o, purché dalla stessa prescritto e autorizzato, dai tecnici B.C.M. dell'impresa. Gli ordigni bellici rimossi e accantonati dovranno essere giornalmente trasportati e consegnati nelle aree indicate dall'Amministrazione Militare.

I mezzi utilizzati per il trasporto degli ordigni bellici dovranno essere idonei allo scopo, perfettamente efficienti, muniti di regolari permessi e coperti da adeguate assicurazioni.

1.5 Norme di sicurezza e relative agli oneri e responsabilità

I lavori di bonifica devono essere eseguiti con tutte le particolari precauzioni intese a evitare danni alle persone e alle cose, osservando a tale scopo le vigenti disposizioni e le norme tecniche d'esecuzione richiamate dalle Prescrizioni Tecniche Militari.

Attorno alle zone da bonificare devono essere adeguatamente collocati appositi cartelli indicatori di pericolo ed eventuali sbarramenti; all'occorrenza, l'Impresa dovrà richiedere alle competenti Autorità l'emanazione di speciali provvedimenti per disciplinare il transito nelle zone da bonificare e nelle loro adiacenze. Tali provvedimenti dovranno essere applicati scrupolosamente e diligentemente, in modo da consentire e garantire l'esecuzione in forma razionale dei lavori.

Inoltre, in merito ai lavori di bonifica l'impresa assume ogni onere, gravame, conseguenza e responsabilità per tutto ciò che potrebbe accadere durante e dopo l'esecuzione dell'appalto per cause ed implicazioni dirette e indirette. L'impresa, a mente dell'ultimo comma dell'art. 9 del D.L. luogotenenziale 12/04/1946, n. 320, deve dichiarare di assumersi l'onere del risarcimento dei danni che potrebbero essere provocati da mine ed altri ordigni lasciati inesplosi, nonostante l'esecuzione dei lavori.

1.6 Collaudo finale dei lavori di bonifica

Il collaudo delle attività di bonifica verrà eseguito secondo le modalità prescritte dall'Amministrazione Militare. Al collaudo tecnico procede l'Amministrazione Militare (in seguito alla richiesta della Committenza) entro e non oltre un mese dalla data di ultimazione accertata con relativo verbale dei lavori di bonifica, d'intesa con il collaudatore incaricato dalla Committenza.

1.7 Prescrizioni tecniche per la redazione degli elaborati

Le attività sopra descritte relative al progetto per la bonifica degli ordigni bellici prevedono la redazione dei seguenti elaborati:

- Relazione

- Planimetrie

Relazione

La Relazione cita i documenti normativi di riferimento, illustra nel dettaglio le modalità di individuazione delle aree da bonificare, descrive le modalità della bonifica e della rimozione degli ordigni bellici, le norme di sicurezza e collaudo finale.

Planimetrie

Vengono redatte tavole planimetriche di dettaglio, a scala 1:2000, 1:1.000 e/o 1:500 a seconda delle necessità di progetto e della base cartografica a disposizione, con la delimitazione dell'area interessata dal progetto, l'area interessata dalla pulizia preliminare (taglio vegetazione), l'individuazione delle zone interessate da bonifica superficiale e da bonifica profonda e definizione del metodo di ricerca degli ordigni bellici e quantificazione areale delle superfici da trattare.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it

Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.08 - Rev. 1.0

Scavi e indagini archeologiche

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direttore Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	APR. 2021

Sommario

1. PREMESSA 5	
2. PRESCRIZIONI GENERALI	6
2.1. Finalità degli studi archeologici	6
2.2. Normativa di riferimento	6
3. RUOLI E COMPETENZE.....	7
3.1. Requisiti dell'impresa	7
3.2. Direzione scientifica	7
3.3. Direzione tecnica	7
3.4. Organigramma del cantiere.....	8
3.5. Direttore del cantiere di scavo	9
3.6. Operatori archeologici	9
4. ARCHEOLOGIA ESECUTIVA: INDAGINI ARCHEOLOGICHE DIRETTE ED INDIRETTE	9
4.1. Indagini indirette: caratteristiche tecniche	10
4.1.1. Prospezione magnetica.....	10
4.1.2. Prospezione elettrica (Tomografia elettrica)	10
4.1.3. Prospezione elettromagnetica (FDEM).....	12
4.1.4. Prospezione elettromagnetica con metodo georadar	13
4.2. Indagini dirette: caratteristiche tecniche	13
4.2.1. Sondaggi a carotaggio continuo.....	14
4.2.2. Sondaggi archeologici.....	15
4.2.3. Scavi archeologici stratigrafici in estensione.....	17
4.3. Sorveglianza archeologica in corso d'opera.....	17
5. SCAVI ARCHEOLOGICI: SPECIFICHE TECNICHE	18
5.1. Programmazione delle attività.....	19
5.2. Fasi di cantiere	19
5.3. Operazioni preliminari	19
5.4. Approntamento del cantiere	20
5.4.1. Cantiere sondaggi archeologici	20
5.4.2. Cantiere scavi archeologici estensivi.....	21
5.4.3. Diserbo.....	22
5.5. Lo scavo archeologico: caratteristiche tecniche	22
5.5.1. Scavo meccanico	22

5.5.2.	Scavo stratigrafico manuale	23
5.5.3.	Attività di rinterro.....	25
5.5.4.	Raccolta e gestione dei reperti.....	25
5.5.5.	Documentazione scientifica	26
5.5.6.	Operazioni di post-scavo	28
5.6.	Durata delle prestazioni.....	28
5.7.	Collaudo	28
5.8.	Oneri dell'appaltatore.....	28
6.	PRODUZIONE DEGLI ELABORATI: SPECIFICHE TECNICHE.....	29
6.1.	Informatizzazione degli elaborati.....	30
6.2.	Consegna degli elaborati	30
7.	PRESCRIZIONI DI ASSICURAZIONE QUALITÀ E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE	31
7.1.	Obiettivi - Campo di Applicazione - Documenti Correlati	31
7.2.	Onnicomprensività del compenso	31
7.3.	Prescrizioni generali.....	31
7.4.	Gestione delle Non Conformità (NC)	32
7.5.	Registrazione dei controlli	32
7.6.	Verifiche Ispettive	32
7.7.	Sistema di Gestione Ambientale (UNI EN ISO 14001:2004).....	33

1. PREMESSA

Il presente capitolato speciale, parte integrante del rapporto fra "Committente" ed "Impresa esecutrice" integra lo schema di contratto, descrivendo gli scopi, la natura, le modalità di intervento e la corretta esecuzione delle attività di archeologia preventiva ovvero l'insieme delle indagini archeologiche dirette ed indirette, che vengono effettuate nell'ambito dei lavori pubblici sottoposti a regime di tutela del patrimonio dello Stato. Tali indagini, rientranti nell'ambito di interventi di archeologia preventiva, sono sottoposte alla normativa del Codice dei Contratti Pubblici (D.Lgs 50/2016 e s.m.i.); ai relativi decreti ministeriali e linee guida dell'Anac attuativi delle disposizioni codicistiche e, nelle more dell'emanazione dei decreti, ad alcune disposizioni del previgente Regolamento degli appalti DPR 207/2010 (cfr. D.lgs. 50/2016 art. 217, co. 1, lett. u). Tali indagini vengono effettuate in regime di aree di interesse archeologico, ai sensi degli artt. 28 e 88, del Codice dei Beni Culturali, a cura e spese della Stazione Appaltante.

Le indicazioni contenute nel presente Capitolato sono da ritenersi vincolanti e imprescindibili sia per i progettisti e i direttori di lavori, sia per gli appaltatori. Il presente capitolato è stato redatto tenendo presente la prassi di riferimento e nel rispetto della normativa vigente in materia di tipo legislativo, procedurale ed esecutivo come esplicitato nel par. 2.2.

Il presente Capitolato Speciale deve essere visto come un ausilio metodologico e pratico, volto a definire i criteri guida a cui attenersi per l'esecuzione dei lavori e per la selezione delle maestranze da impiegare nonché ad indicare la natura delle opere da eseguire e le corrette procedure da applicare con riferimento alla normativa vigente sopramenzionata. E' necessario tenere presente che le attività di archeologia esecutiva sono particolarmente complesse, svolgendosi su un oggetto ipotizzabile o solo parzialmente noto, raramente delimitabile con esattezza nella misura, nei contenuti e nelle definizioni, poiché basato sulla occasionale stratificazione, in un determinato punto, di livelli succedutisi per vicende storiche largamente imprevedibili ed imprevedibili sia nella loro evoluzione positiva, sia nelle eventuali vicende di modifica, alterazione, disturbo. Questo implica che le diverse fasi di progettazione e operatività di cantiere debbano interagire strettamente tra loro ed influenzarsi reciprocamente e sia impossibile prevedere una descrizione esaustiva dei lavori e di conseguenza un capitolato di oneri ben definiti e descritti.

Diviene pertanto esigenza primaria durante tutte le fasi di lavorazione, la presenza continuativa dell'archeologo, il quale dovrà svolgere la sua specifica mansione professionale di riconoscimento delle variazioni stratigrafiche e della valutazione qualitativa e quantitativa delle risultanze dello scavo, dovrà seguire le indicazioni della Direzione Scientifica (Soprintendenza) al fine di garantire le esigenze della tutela, la correttezza metodologica delle procedure adottate. Per le stesse ragioni le indicazioni della Direzione Scientifica potranno variare in itinere, in base ad eventuali nuovi dati emersi. Dovranno essere tenute presenti nel contempo le finalità del Committente, così come descritte nel Progetto Generale. Le lavorazioni descritte nel presente capitolato possono essere effettuate e contabilizzate a misura, a corpo ed in economia. Di norma il ricorso all'economia è ammesso, nel caso degli scavi archeologici, per gli interventi che non sono suscettibili di valide stime geometriche preventive e che non sarebbe opportuno affidare altrimenti. Il presente capitolato si completa con un elenco prezzi, in cui sono riportate le lavorazioni computabili a misura.

Al fine di consentire l'esecuzione delle indagini, ove necessario e ove le aree non siano già state espropriate, la Stazione Appaltante avvierà le procedure di propria competenza per l'occupazione

temporanea delle aree, ai sensi dell'art 15 del Codice Unico Espropri. I cantieri saranno allestiti nel rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza a cura e spese della Stazione Appaltante.

2. PRESCRIZIONI GENERALI

2.1 Finalità degli studi archeologici

L'esecuzione di attività archeologiche preventivamente alla realizzazione dell'opera ha il fine di chiarire la natura e l'estensione delle presenze archeologiche eventualmente presenti, documentate o presunte, nelle aree oggetto di realizzazione e di cantierizzazione, con lo scopo di ridurre al minimo il rischio di intercettare beni di interesse archeologico il cui ritrovamento in corso d'opera, oltre a creare danni al patrimonio, presuppone rallentamenti o peggiori interruzioni nella realizzazione dell'infrastruttura.

Nello Studio di Fattibilità Tecnico Economica vengono svolte tutte le attività previste per l'acquisizione, l'analisi e sintesi dei dati: raccolta dei dati bibliografici e di archivio; analisi cartografica attuale e storica; analisi toponomastica; fotointerpretazione, telerilevamento; ricognizione sul territorio, per di analizzare la Valutazione di Potenziale Archeologico dell'area interessata dall'opera e la valutazione del Rischio Archeologico Relativo rispetto al tracciato dell'infrastruttura, cantieri, cave ed opere accessorie: tutte queste informazioni convergono nella relazione archeologica corredata da elaborati grafici come esplicitato nel "Capitolato d'oneri per la redazione dello Studio Archeologico ai fini della verifica preventiva dell'interesse archeologico" dell'AQ.

A seguito delle risultanze dello studio, qualora la Soprintendenza attivi la procedura di Verifica dell'interesse archeologico, ai sensi del comma 8 dell'art 25 Dlgs. 50/16, in relazione alle prescrizioni espresse, si potranno eseguire prospezioni e sondaggi finalizzati alla determinazione quanti-qualitativa delle eventuali successive indagini archeologiche. La scelta del tipo di indagine archeologica da adottare, indiretto (ad es. prospezioni geofisiche, etc..) - diretto (carotaggi, trincee esplorative e/o saggi stratigrafici), a discrezione della Soprintendenza, sarà motivata dalla costituzione geolitologica dei terreni nei quali risulterà inserito l'elemento archeologico, dalle condizioni logistiche dell'area oggetto dell'intervento di prospezione, nonché gli eventuali disturbi causati dalle infrastrutture dei centri abitati e industriali, dalle linee elettriche e ferroviarie.

2.2 Normativa di riferimento

La seguente normativa di riferimento è da ritenersi cogente per l'esecuzione delle attività in parola che dovrà svolgersi nel rispetto della normativa vigente in materia di tipo legislativo, procedurale ed esecutivo ovvero dalla legislazione che regolano la materia dei beni culturali (Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio D.lgs. 42/2004 e s.m.i.) e dei lavori e degli appalti pubblici (art. 25 del D.lgs. 50/2016 e s.m.i.) relativi decreti ministeriali e linee guida dell'Anac attuativi delle disposizioni codicistiche e nelle more dell'emanazione dei decreti, alcune disposizioni del previgente Regolamento degli appalti DPR 207/2010 (cfr. D.lgs. 50/2016 art. 217, co. 1, lett. u); Capitolato generale d'appalto dei LL.PP. emanato con D.M. 145/2000);

Ci si attiene, inoltre:

- alle indicazioni esplicative in materia di archeologia preventiva contenute nella circolare MIBAC 1 del 20.01.2016;
- alle indicazioni del "Regolamento per gli appalti pubblici di lavori riguardanti i beni culturali tutelati"(DM 154/2017) ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";
- ai documenti emanati dall'ICCD, dall'UNI e dall'UNI/ISO e, per quest'ultima, alla Prassi di riferimento UNI/PdR 16 del 2016, consistente nelle linee guida per le attività di archeologia esecutiva; documento definisce i requisiti relativi alle attività di esecuzione di sondaggi esplorativi, assistenza archeologica in corso d'opera e scavo archeologico stratigrafico condotti da imprese specializzate in lavori di archeologia esecutiva.

3. RUOLI E COMPETENZE

3.1 Requisiti dell'impresa

Per i lavori nel settore dei beni culturali è richiesto il possesso di requisiti di qualificazione specifici e adeguati ad assicurare la tutela del bene oggetto di intervento, in conformità a quanto disposto dagli articoli 9-bis e 29 del D.Lgs. 42/2004; nei contratti non trova applicazione l'istituto dell'avalimento (art. 146 del Codice dei Contratti Pubblici D.lgs. 50/2016).

Nei cantieri di indagine archeologica, i requisiti di qualificazione degli esecutori dei lavori e le modalità di verifica ai fini dell'attestazione, sono stabiliti dal decreto del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo di concerto con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti *Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154* "Regolamento sugli appalti pubblici di lavori riguardanti i beni culturali tutelati ai sensi del d.lgs. n. 42 del 2004, di cui al decreto legislativo n. 50 del 2016 (G.U. n. 252 del 27 ottobre 2017). In particolare per quanto attiene i requisiti richiesti si rimanda al testo del *Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154* al Titolo II, Capo I, "Requisiti di qualificazione degli esecutori di lavori riguardanti i beni culturali" come esplicitati negli artt. 4,5,6,7,8,9,10,11,12.

3.2 Direzione scientifica

A norma dell'art. 88 del D.Lgs. 42/2004 la competenza in materia di ricerche archeologiche è dello Stato, che, fatto salvo quanto indicato dallo stesso relativamente alle concessioni di scavo, la esercita tramite la Soprintendenza Archeologica territorialmente competente. Pertanto alla Soprintendenza Archeologica territorialmente competente spetta la Direzione Scientifica (d'ora in poi D.S.) dei cantieri archeologici, che esercita attraverso un suo funzionario archeologo. La D.S. vigila sul mantenimento da parte delle imprese esecutrici dei requisiti di ordine speciale di qualificazione secondo quanto previsto nel *Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154*, Titolo II, Capo I (qui richiamati nel par. 3.1), coordina ed impartisce le direttive specifiche alla Direzione Lavori dell'intervento, anche ai fini dell'interrelazione delle diverse fasi dello stesso, che si avvale degli archeologi professionisti ai quali affidare i compiti del presente Capitolato.

3.3 Direzione tecnica

L'impresa esecutrice delle attività di archeologia esecutiva nomina il direttore tecnico dei lavori, i cui requisiti di qualificazione e le modalità di verifica ai fini dell'attestazione sono stabiliti dal Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154 "Regolamento sugli appalti pubblici di lavori riguardanti i beni

culturali tutelati ai sensi del d.lgs. n. 42 del 2004, di cui al decreto legislativo n. 50 del 2016 (G.U. n. 252 del 27 ottobre 2017). In particolare per quanto attiene i requisiti richiesti si rimanda al testo del Decreto ministeriale 22 agosto 2017, n. 154 al Titolo II, Capo II "Requisiti di qualificazione dei Direttori Tecnici" come esplicitati negli artt. 1,2,3,4,5,6. Si richiama in particolare l'art. 3 lett. c - dove si specificano i requisiti della Direzione tecnica per i lavori di cui al presente capitolato - "relativamente alla categoria OS 25, a soggetti in possesso dei titoli previsti dal decreto ministeriale di cui all'articolo 25, comma 2, del Codice dei contratti pubblici".

Il direttore tecnico dell'impresa, cui competono gli adempimenti di carattere tecnico organizzativo necessari per la realizzazione dei lavori, costituisce la figura di collegamento tra l'Impresa esecutrice, la Direzione Lavori (D.L.) o Committenza e la D.S. (funzionario archeologo della Soprintendenza). In particolare il direttore tecnico dell'impresa:

- garantisce la propria presenza in cantiere e segue regolarmente i lavori, personalmente o tramite specifica delega a un direttore di cantiere;
- cura l'esecuzione del progetto relativo alle Attività di archeologia esecutiva approvato sulla base delle direttive impartite dalla D.S.;
- relaziona periodicamente per iscritto al Direttore Lavori e al funzionario archeologo della Soprintendenza; - segnala con tempestività ogni criticità che presenti rischio per la tutela del patrimonio culturale e ogni altra situazione che osti al regolare andamento dei lavori;
- predispone, sulla base delle indicazioni fornite dal funzionario archeologo, organigramma del cantiere archeologico di cui all'articolo seguente e le modalità operative di esecuzione dei lavori per la successiva approvazione del Direttore Lavori; eventuali variazioni, anche temporanee, dovranno essere autorizzate dalla D.S.

3.4 Organigramma del cantiere

A seconda della complessità dei lavori, l'organigramma di cantiere può prevedere figure di responsabili archeologi di settore, di eventuali specialisti di discipline affini e/o correlate, di archeologi addetti a lavori di scavo manuale e documentazione, di operai specializzati qualificati o comuni, di tecnici grafici/informatici, di archeologi addetti al magazzino, di restauratori. I responsabili archeologi di settore, il direttore del cantiere di scavo e il direttore tecnico dell'impresa ricevono le direttive scientifiche dalla D.S.

L'elenco completo dei tecnici, che l'Appaltatore intende impiegare per l'esecuzione dei lavori, deve essere presentato con i relativi *curricula* professionali al Committente per accettazione da parte di quest'ultimo e della D.S. Eventuali requisiti specifici dei tecnici impiegati per l'esecuzione dei lavori, richiesti dalla D.S. in fase progettuale, sono specificati nella Relazione programmatica allegata al progetto delle Attività di archeologia esecutiva. Tutti i tecnici presenti sul cantiere sono tenuti ad eseguire rigorosamente le indicazioni della D.L. e della D.S., in particolare per quanto attiene la successione delle varie operazioni di scavo e documentazione. Essi non possono assumere determinazioni di carattere amministrativo, bensì sono responsabili della corretta applicazione delle modalità di esecuzione degli accertamenti archeologici, indicate dalla D.L. e dalla D.S. e della corretta redazione della documentazione. Devono inviare un report sintetico settimanale sui lavori di indagine in corso, attraverso posta elettronica. Per l'esecuzione delle indagini archeologiche si impiegano i tecnici indicati nei paragrafi sottostanti e i cui requisiti di qualificazione e le modalità di verifica ai fini

dell'attestazione, sono stabiliti dal decreto del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo di concerto con il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti (D.Lgs. 50/2016, art. 146 co. 4).

3.5 Direttore del cantiere di scavo

Il direttore del cantiere di scavo, corrispondente al direttore tecnico dell'impresa esecutrice delle attività di archeologia esecutiva o a persona da lui delegata (cfr. art. 3.3), deve possedere un'esperienza almeno quinquennale di responsabilità direttiva su cantieri archeologici; il suo nominativo e *curriculum* deve essere preventivamente comunicato alla D.S. per l'approvazione e deve essere il medesimo per tutta la durata dello scavo archeologico, garantendo una presenza costante sullo stesso. In caso di assenza o rinuncia all'incarico, giustificata da motivi validi, deve essere sostituito da persona con pari requisiti.

Il direttore del cantiere di scavo coordina il lavoro del personale di qualsiasi livello, le attività di scavo e documentazione; controlla l'efficienza e la sicurezza degli scavatori, coordinando o sostituendo i responsabili di settore; redige il giornale di scavo/ giornale di cantiere; relaziona periodicamente alla D.S. e alla D.L. o Committenza seguendone le direttive; ha la potestà di trattare con i fornitori, provvedendo all'approvvigionamento dei materiali; ed è altresì tenuto, ove se ne renda necessario e sentito il parere della D.S., a provvedere per tempo al coinvolgimento di professionalità e specialisti specifici.

3.6 Operatori archeologici

Gli operatori archeologici devono essere specializzati in archeologia e/o geo-archeologia ed i loro nominativi e *curricula* devono essere preventivamente comunicati alla D.S. per l'approvazione. Gli operatori archeologi provvedono con puntuale azione di verifica e presenza costante durante lo scavo, all'individuazione, ricognizione e documentazione di stratigrafie e/o reperti di interesse archeologico. L'esecuzione materiale dell'indagine archeologica diretta (scavo, esecuzione dei sondaggi geo-archeologici a carotaggio continuo, assistenza archeologica in corso d'opera cfr. par. 4.2) va affidata ad operai qualificati e, se richiesto, specializzati sotto il controllo dell'archeologo, salvo in casi di particolare difficoltà dello scavo, ove viene eseguita dallo stesso archeologo. Quest'ultimo si occupa del trattamento preliminare dei reperti sul campo.

Relativamente alla lettura dei sondaggi geo-archeologici a carotaggio continuo gli operatori archeologi, addetti devono: avere esperienze pregresse comprovate in tale campo; essere presenti nel corso dell'esecuzione di tali sondaggi e redigere la documentazione necessaria affiancati da un geologo o geo-pedologo o geo-morfologo con esperienza geo-archeologica (cfr. par. 3.1).

4. ARCHEOLOGIA ESECUTIVA: INDAGINI ARCHEOLOGICHE DIRETTE ED INDIRECTE

L'attivazione della procedura di verifica preventiva dell'interesse archeologico, ai sensi del comma 8, art. 25 D.Lgs 50/2016 "si articola in fasi costituenti livelli progressivi di approfondimento dell'indagine archeologica". A tal fine, in esito alle indagini archeologiche preliminari, ai sensi del comma 1, art. 25 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i., ed alla segnalazione di elementi archeologicamente significativi, si prevede, per approfondimenti progressivi, l'esecuzione di "a) carotaggi; b) prospezioni geofisiche e geochimiche;

c) saggi archeologici e, ove necessario, di sondaggi e di scavi anche in estensione tali da assicurare una sufficiente campionatura dell'area interessata dai lavori.”.

Potranno essere previste metodologie di tipo sia indiretto (prospezioni geofisiche e geochimiche) che diretto (sondaggi a carotaggio continuo, sondaggi di scavo, trincee esplorative, saggi esplorativi).

Nei paragrafi di seguito si espongono nel dettaglio le caratteristiche tecniche.

4.1 Indagini indirette: caratteristiche tecniche

Nei successivi paragrafi si riportano in sintesi le caratteristiche tecniche delle indagini archeologiche indirette, quali: prospezione magnetica, prospezione elettrica, prospezione elettromagnetica, prospezione con radar.

4.1.1 *Prospezione magnetica*

La prospezione magnetica rappresenta la principale e più impiegata tecnica d'indagine applicata alla ricerca archeologica, ciò per la rapidità d'investigazione e per la conseguente economicità d'impiego; essa studia anomalie magnetiche dovute al contrasto di proprietà tra manufatto e mezzo circostante. La metodologia si basa sulla misura delle variazioni del campo magnetico terrestre o del suo gradiente. Le variazioni magnetiche sono provocate dal contrasto della suscettività magnetica (proprietà caratteristica degli elementi) che caratterizza l'oggetto della ricerca (le strutture archeologiche sepolte) e il terreno che lo contiene, contrasto che può essere più o meno marcato in rapporto alla concentrazione della magnetite presente nelle strutture archeologiche, o nel terreno. In generale, tale contrasto risulta essere forte quando è alto il contenuto di magnetite in uno dei due elementi, o quando sono subentrati fenomeni di stress termico sugli elementi stessi. È il caso, ad esempio, dei materiali in cotto (laterizi, ceramica, ecc.) o dei materiali venuti direttamente a contatto del fuoco (focolari, fornaci, ecc.); il calore agisce a livello atomico sull'orientazione dei singoli dipoli magnetici, che tendono a disporsi tutti secondo la direzione del campo magnetico terrestre presente in quel luogo e in quel dato momento. Il successivo rapido raffreddamento “congela” l'orientamento magnetico acquisito (magnetizzazione termica). Una concentrazione di laterizi sepolti nel terreno naturale, ad esempio, presenta valori magnetici decisamente superiori (anche di parecchie decine di ordini di grandezza) rispetto a quelli del fondo naturale e può, pertanto, essere agevolmente individuata con la prospezione magnetica.

4.1.2 *Prospezione elettrica (Tomografia elettrica)*

Il principio metodologico si basa sostanzialmente sulla misura del campo elettrico creato artificialmente nel terreno con appositi dispositivi elettrodi, costituiti normalmente da due coppie di elettrodi infissi nel terreno, dei quali: la prima coppia costituisce il circuito di iniezione di corrente, la seconda il circuito di misura della differenza di potenziale provocata nel terreno dal passaggio della corrente stessa. Più in particolare, si misurano le variazioni di tale campo elettrico indotte dalle strutture presenti nel sottosuolo. Queste variazioni possono essere più o meno accentuate in funzione del contrasto di resistività elettrica (il parametro fisico che viene misurato) esistente fra le strutture archeologiche (o qualsiasi altro elemento estraneo) e il terreno inglobante le stesse. Nella prospezione geoelettrica per ricerca archeologica si utilizza sempre più frequentemente una particolare configurazione elettrodica, chiamata “polo-polo”, che rappresenta una evoluzione dei tradizionali sistemi di misura impiegati. Tale configurazione è costituita da una doppia coppia di elettrodi, formata ognuna da un polo di corrente e da un polo di potenziale. Nelle operazioni di misura, mentre una

coppia rimane fissa a rappresentare il punto di riferimento, l'altra coppia, quale sistema di acquisizione dati, si sposta sul terreno su tutti i punti di misura. La tecnica "polo-polo" consente di ottenere due sostanziali vantaggi rispetto a quelle tradizionali Wenner o Schlumberger, vale a dire: una maggiore precisione e velocità di misura e un'alta sensibilità di discriminazione delle irregolarità elettriche potenzialmente legate alle strutture archeologiche. Anche in questo caso, come per le prospezioni magnetiche, esistono speciali strumentazioni appositamente sviluppate e strutturate per la prospezione archeologica. Si tratta, normalmente di apparecchiature elettroniche, portatili, di ridotte dimensioni, dotate di un sistema di acquisizione dati e di un data logger, governato da software appositamente dedicato per la programmazione di rilievi a griglie di misura regolari. I risultati ottenuti dalla elaborazione dei dati acquisiti, mediante altrettanto specifici programmi di calcolo e trattamento dati, vengono rappresentati graficamente sotto forma di carte di valori di resistività (o di resistenza) con le quali viene visivamente evidenziato, normalmente mediante isolinee, l'andamento planimetrico del parametro elettrico misurato. La prospezione elettrica può risultare particolarmente favorevole nella delimitazione di strutture e murarie e di tracciati lineari. In questo caso, ove siano emersi indizi di presenza e l'orientamento a seguito di indagini preliminari, andranno programmati profili orizzontali di resistività secondo maglie parallele e ortogonali alla struttura sepolta. Nel caso di un sito di indagine caratterizzato dalla presenza di acqua superficiale o dalla esistenza di una superficie di falda a scarsa profondità, ci si avvale del metodo geoelettrico con l'esecuzione di profili dipolari di resistività in configurazione tomografica. Il quadripolo di solito utilizzato è il "dipolo - dipolo" in configurazione equatoriale, secondo il quale la coppia di elettrodi di corrente e di potenziale, accoppiati separatamente, sono allineati lungo una retta passante per i rispettivi centri di misura. Questa configurazione elettronica viene in genere impiegata quando si devono raggiungere ragguardevoli profondità di investigazione in condizioni logistiche precarie. Le misure di resistività apparente vengono eseguite tenendo fissa la posizione di una coppia di elettrodi e muovendo l'altra coppia di una distanza pari all'interasse del dipolo. Si assume che la resistività apparente di ciascuna misura sia relativa al punto individuato dall'intersezione di due linee, proiettate a 45°, che partono dai centri delle coppie di elettrodi di potenziale e di corrente. La profondità teorica di investigazione è quindi pari alla metà della distanza tra i due centri di misura. Spostando lungo la linea del profilo il dipolo tenuto precedentemente fisso e ripetendo la procedura, si ottiene una serie di valori di resistività apparente che vanno a formare una "pseudosezione" di resistività. I dati di resistività apparente sono elaborati con un apposito programma in grado di ricostruire per inversione numerica 2D un modello di resistività reali dei terreni sottostanti. Al termine di questa elaborazione si ottiene una sezione tomografica che mostra l'andamento e la distribuzione delle linee di isoresistività. Il dettaglio di definizione del sottosuolo evidenzia le zone di anomalia positiva e/o negativa riconducibili a cavità, cunicoli, variazioni litologiche sia verticali sia orizzontali, preesistenze archeologiche, presenza di inquinanti e ogni genere di anomalia elettrica del terreno. Le cavità, dato che la corrente elettrica non si propaga nel vuoto (resistività infinita), sono segnalate da una anomalia positiva di resistività. Nei casi di cavità riempite l'anomalia, dipenderà dal tipo di materiale di riempimento e dall'eventuale presenza di acqua e può addirittura essere negativa quando la resistività è inferiore a quella ottenuta al contorno. Per quanto attiene alla profondità reale di investigazione questa dipende dal tipo di terreno e dall'assetto stratigrafico del sito indagato e in genere può essere calcolata applicando alla profondità teorica un fattore di correzione compreso tra 0.5 e 0.9.

4.1.3 Prospezione elettromagnetica (FDEM)

Sono ascrivibili a questo ambito i metodi che si basano su dei principi fisici che possono essere considerati una combinazione tra quelli elettrici e quelli magnetici. Il metodo si basa sulla misura dei campi elettromagnetici prodotti dalle correnti elettriche indotte nel terreno indagato, e nelle strutture in esso eventualmente contenute, da un altro sistema di campi elettromagnetici generati artificialmente in superficie ed è particolarmente adatto a mettere in evidenza formazioni sepolte caratterizzate da una buona conduttività elettrica (metalli, strutture in laterizi strutture impregnate di acque ad alto contenuto salino, ecc.). Le situazioni che offrono buone possibilità di successo per questo tipo d'indagine sono generalmente le stesse della geoelettrica, ma con precisione inferiore. Un vantaggio sensibile è costituito invece dalla rapidità di esecuzione che è comparabile a quella della magnetometria. Un altro piccolo vantaggio rispetto la magnetometria può essere costituito dalla minore dipendenza dalle condizioni atmosferiche, ma per contro questo metodo mostra una forte sensibilità alla presenza di oggetti metallici a piccola profondità (residui e scarti moderni). La presenza di una falda acquifera superficiale o al contrario di terreni resistivi limita l'impiego di questo strumento. Non avendo la necessità di creare contatti fisici con il terreno, è possibile un'esplorazione veloce e nello stesso tempo dettagliata di vaste aree di territorio. Con un sistematico rilievo a maglie regolari, inoltre, è possibile ottenere un'accurata analisi del sottosuolo e individuare gli andamenti degli elementi strutturali presenti nel sotto suolo stesso. Una volta completato il grigliato delle misure di resistività e per una corretta presentazione del dato elaborato, occorre poter discriminare con ragionevole sicurezza l'anomalia di tipo geologico da quella prodotta dalle strutture archeologiche scopo dell'indagine. Dato che normalmente l'andamento del dominio elettrico/resistivo presenta variazioni areali a più lungo periodo per le strutture geologiche che non per quelle attribuibili ai reperti archeologici, sui valori di anomalia prima della mappatura sulle carte isovalore, si opererà con filtraggi numerici opportuni. Lo strumento più idoneo per la prospezione archeologica risulta essere il conduttivimetro. Con questo strumento è possibile rilevare la conduttività dei terreni e al tempo stesso valutarne le caratteristiche magnetiche, senza la necessità di un contatto diretto con il suolo. Esso fornisce buone informazioni sui corpi elettricamente anomali fino ad alcuni metri di profondità e le letture avvengono in maniera pressoché continua. Lo strumento si rivela utile ove si desideri rilevare una situazione che denota variazione di conduttività, come nel caso di humificazioni che si producono attorno ad alcune rimanenze sepolte, paleosuoli con presenza carboniosa, ecc. Le apparecchiature più comunemente usate, portatili e alimentate a batterie, sono costituite da un sistema ad induzione elettromagnetica a frequenza diversa (6.4 e 9.8 KHz), con i sensori trasmettenti e riceventi posizionati a distanze fisse. Un dispositivo trasmettente, posto a un'estremità del sistema, crea un campo elettromagnetico, detto "primario" che induce nel terreno (o nel corpo investigato) una corrente elettrica direttamente proporzionale alla conducibilità dello stesso. Tale corrente provoca, a sua volta, un campo magnetico secondario, proporzionale alla corrente indotta, che viene rilevato dal ricevitore posto all'altra estremità del sistema di misura. Di questo campo secondario viene misurata la componente in quadratura di fase (conducibilità elettrica del terreno) con il campo primario. Le variazioni di conducibilità del terreno, lette direttamente sul pannello di controllo della strumentazione, possono essere riconducibili, in presenza di anomalie rispetto al fondo, a potenziali strutture di carattere archeologico.

4.1.4 Prospezione elettromagnetica con metodo georadar

Si tratta di una tecnica che attraverso l'impiego di onde elettromagnetiche esplora il terreno con estremo dettaglio, consentendo di ottenere, in tempo reale, la "radar-stratigrafia" del sottosuolo: è noto che l'estrema sensibilità del sistema ne rappresenta anche il limite. Infatti, mentre trova ottimi impieghi in terreni "resistivi" e aridi come rocce compatte, alluvioni ghiaiose asciutte, lastricati, pavimentazioni ecc., il radar risulta praticamente "cieco" in terreni argillosi. L'impiego migliore del georadar risulta essere, fatte salve le limitazioni sopradette, la ricerca di cavità e l'individuazione di strutture compatte al di sotto di lastricati o pavimentazioni come quelle dei centri urbani. È il tipico sistema di prospezione da utilizzare nei centri urbani, aree pavimentate, lastricate, ecc. dove talora può essere praticamente considerato l'unico sistema d'indagine proponibile. Si tratta di un metodo che permette di rilevare la posizione di un oggetto sepolto, misurando l'intervallo di tempo che intercorre tra un segnale elettromagnetico emesso da un'antenna trasmittitrice e quello riflesso dall'oggetto di cui si deve determinare la posizione, captato da una complementare antenna ricevente. In definitiva, viene misurato il tempo impiegato da un impulso a radiofrequenza emesso dal trasmettitore per arrivare all'oggetto e ritornare al ricevitore. Conoscendo la velocità di propagazione del segnale e il tempo misurato è così possibile determinare la profondità dell'oggetto riflettente.

L'apparato strumentale è formato da un trasmettitore e da un trasduttore che costituiscono il complesso antenna- trasmettitore- ricevitore. Il sistema trasmettitore-ricevitore viene spostato lungo la superficie da indagare e per ogni punto di questa viene ricavato un valore del tempo di andata e ritorno. Si ottiene così una "sezione di tempi radar" da interpretare in base agli orizzonti riflettenti che si sono eventualmente messi in evidenza. Possono essere utilizzate sia apparecchiature analogiche sia digitali, con rappresentazione dei dati sia in b/n che a colori, con registrazione dei dati su carta (graphic recorder) o su supporto magnetico. La strumentazione ha la possibilità di utilizzare "antenne" (dispositivi di trasmissione e ricezione dei segnali elettromagnetici) di diverso tipo, in ordine alle profondità da raggiungere. Normalmente vengono utilizzate antenne da 100 a 500 Mhz. Essendo un sistema d'indagine lineare, devono essere eseguiti il maggior numero possibile di profili, in modo da coprire il più uniformemente l'area da indagare. L'elaborazione dei dati può essere anche di carattere qualitativo e i risultati sono riportati su elaborati planimetrici ove vengono disegnate sia le tracce dei profili eseguiti, sia le posizioni delle anomalie riscontrate, cercando di distinguerne la natura e le orientazioni.

4.2 Indagini dirette: caratteristiche tecniche

Le indagini archeologiche dirette vengono realizzate principalmente per verificare l'entità e la consistenza di presenze archeologiche già individuate precedentemente (dati desunti dall'analisi bibliografica e d'archivio, dalla fotointerpretazione e dalla ricognizione sul territorio) o nelle aree in cui si ipotizza l'esistenza di presenze archeologiche oppure, sempre su richiesta della Soprintendenza competente, a campione con sequenze definite dalle prescrizioni. Esse comprendono sia i sondaggi di scavo quali trincee e saggi esplorativi, da condurre con mezzo meccanico e/o a mano, sia scavi estensivi, da condurre con mezzo meccanico e/o a mano. Preliminarmente alla realizzazione delle suddette indagini, qualora previsto dal Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione (C.S.P.) ex art. 91 comma 2-bis del D.Lgs. 81/08, si dovrà eseguire nelle aree interessate dalle lavorazioni archeologiche, secondo le esigenze del progetto e/o prescrizioni, la Bonifica da Ordigni Esplosivi e residuati bellici (BOB).

Per quanto concerne l'impiego della manodopera specializzata e comune deve essere in numero adeguato rispetto alle necessità del lavoro ed ai relativi tempi di esecuzione e comunque secondo le indicazioni della Soprintendenza competente, per il tramite di ANAS, o di ANAS stessa. Le Soprintendenze territorialmente responsabili mantengono la supervisione scientifica per tutte le problematiche di tipo archeologico, la paternità della documentazione scientifica raccolta e la proprietà di tutti i reperti senza alcuna distinzione selettiva, con conseguente obbligo di consegna presso le strutture prescelte dalla Soprintendenza stessa. L'Affidatario è tenuto alla custodia e alla opportuna conservazione di tutti i reperti archeologici.

Nei successivi paragrafi si riportano in sintesi le caratteristiche tecniche delle indagini archeologiche dirette, quali: sondaggi a carotaggio continuo; sondaggi di scavo mediante realizzazione di trincee o saggi esplorativi, e scavi archeologici in estensione.

4.2.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I carotaggi permettono di ottenere informazioni sulla natura del sottosuolo in modo diretto. In prima fase, l'evidenza emersa dai sondaggi consente di determinare a priori le profondità e gli spessori di eventuali strati archeologici. Grande applicazione hanno i carotaggi anche in aree intensamente urbanizzate, ove possono raggiungersi profondità di indagine impensabili per difficoltà logistiche con il normale scavo e dove gli interventi possono apprestarsi senza sconvolgere i delicati equilibri della vita cittadina. Si tratta di una tecnica di prelievo puntuale nel sottosuolo, consistente nella realizzazione di perforazioni continue, con recupero di campioni indisturbati. I sondaggi da realizzarsi ai fini archeologici devono essere ubicati secondo un reticolo opportunamente predisposto in funzione della risoluzione e della profondità richieste, secondo le necessità di progetto e le eventuali richieste e/o prescrizioni della Soprintendenza competente. Per tutte le fasi di lavorazione si deve prevedere la supervisione di un geologo e di un operatore archeologo specializzato che potranno coordinare al meglio le operazioni di carotaggio.

Preliminarmente all'esecuzione di perforazioni a carotaggio si deve provvedere a effettuare sopralluoghi e ad acquisire permessi, realizzare piste di accesso e piazzole per l'installazione delle attrezzature per le perforazioni a carotaggio (vedi par. 5.3).

Dopo il posizionamento delle attrezzature di perforazione a carotaggio e la livellazione topografica dei punti di carotaggio – da condurre mediante strumentazione ottica, al fine di ottenere delle quote certe da correlare tra loro e con quelle di altre emergenze archeologiche esistenti e già precedentemente quotati – si potrà procedere alla perforazione verticale. Per i carotaggi di tipo archeologico viene impiegata l'attrezzatura che di norma si utilizza per i sondaggi di tipo geognostico. A parte esigenze di tipo particolare, i diametri del carotiere e degli eventuali tubi di rivestimento sono quelli usualmente in carico alle imprese specializzate (es. carotiere = 101 mm - tubi rivestimento = 127 mm). La sonda dovrà avere una coppia sufficiente a spingere il carotiere fino alla profondità sufficiente a coprire l'intero spessore dello strato archeologico ed essere in buona efficienza. Con le attrezzature di trivellazione vengono prelevati campioni le cui dimensioni dipendono sia dalla natura del terreno, sia dalle scelte fatte per i diametri di perforazione.

I sondaggi da realizzarsi ai fini archeologici vengono normalmente ubicati secondo un reticolo opportunamente predisposto in funzione della risoluzione e della profondità richieste, così come indicato dai documenti di progettazione. La profondità raggiunta prima di incontrare strati sterili, la roccia, oppure ostacoli di altro genere, consente di determinare il profilo di strutture sepolte, pozzi,

fossati, antichi livelli di frequentazione e di quant'altro ascrivibile ad un interesse archeologico. L'avanzamento, sia nei terreni superficiali sia nelle eventuali sottostanti frazioni lapidee, deve avvenire con tratti brevi o molto brevi, con particolare cura nelle manovre al fine di individuare anche livelli con spessore di pochi centimetri, e il più possibile a secco, cioè senza l'uso di fluidi di circolazione allo scopo di evitare che il materiale campionato venga dilavato in parte o totalmente. Quando possibile si deve preferire la manovra a pressione piuttosto che quella rotativa. Per il carotaggio di materiali a comportamento lapideo e/o di murature è consigliabile l'utilizzo di carotieri doppi onde garantire la maggior percentuale di recupero e di preservare il più possibile la struttura e l'integrità delle preesistenze intercettate e delle eventuali malte di cui potrebbe essere interessante lo studio dello stato di conservazione. I campioni estratti debbono essere alloggiati in apposite cassette catalogatrici, a disposizione della Soprintendenza competente, avendo cura di separare dalla massa quelli relativi a carotaggi con esito positivo o comunque sospetto.

Le cassette devono essere fotografate a colori; nelle foto devono comparire, ben leggibili, le indicazioni del cantiere con il numero di identificazione e le quote; a fianco alla cassetta dovrà essere posta la carta dei colori di riferimento (es. la "Color Separation Guides" della Kodak). Tutte le fasi di lavorazione devono essere supervisionate da un geologo e da un archeologo che potranno coordinare al meglio le operazioni di carotaggio. A conclusione delle attività sul campo si provvederà alla redazione di relazioni ed elaborazioni specialistiche sui carotaggi eseguiti, con relativa documentazione fotografica.

In particolare si tratta di:

- tabelle o schede per ogni singolo sondaggio, che riportino la localizzazione, la data di esecuzione, la quota di partenza e la profondità raggiunta, l'integrità della carota, la quantità di cassette utilizzate per deporre la carota stessa, il riferimento alla documentazione fotografica e la stratigrafia puntualmente descritta. La descrizione di ogni strato attraversato deve comprendere (oltre a quanto attiene alla caratterizzazione geologico-stratigrafica del terreno, almeno nei termini generali), la composizione pedologica, il colore, la presenza di sostanze organiche, l'eventuale falda acquifera e tutto quanto ascrivibile al carattere archeologico della ricerca, sia nel particolare (livelli d'uso del suolo, cocci, frammenti, ecc.), sia nel contesto generale del sito indagato. Per una descrizione pedologica degli orizzonti stratigrafici attraversati, le caratteristiche peculiari dei terreni sono la tessitura, la porosità e il colore; quest'ultimo deve essere descritto facendo riferimento alla "Munsell Soil Color Chart";
- relazione tecnica e scientifica nella quale viene presentato il metodo di indagine, la strumentazione impiegata e le considerazioni conclusive circa l'interpretazione data ai fini archeologici;
- sezioni stratigrafiche con la ricostruzione del profilo geo-archeologico.

I campioni potranno essere sottoposti ad analisi specialistiche eseguite da Dipartimenti Universitari, da laboratori specializzati, e in particolare: analisi micromorfologica; analisi al C14; analisi termoluminescenza; analisi dendrocronologica; analisi antropologiche, antropometriche, etc.; analisi paleofaunistiche e paleobotaniche.

4.2.2 Sondaggi archeologici

Nel caso in cui l'area interessata direttamente dall'opera in progetto presenti evidenze archeologiche ipotizzate o puntualmente individuate – da dati desunti mediante analisi bibliografica e d'archivio,

fotointerpretazione, ricognizione sul territorio – risulta necessario eseguire sondaggi esplorativi al fine di valutare la reale consistenza in orizzontale e verticale del deposito archeologico. Tali indagini non si pongono come obiettivo finale la conoscenza esaustiva di un deposito, bensì la valutazione della sua eventuale presenza e consistenza che, per precisa prescrizione della D.S, potrà essere oggetto di ampliamento e/o di scavo archeologico stratigrafico estensivo.

Il sondaggio può essere effettuato mediante la realizzazione di trincee o saggi esplorativi puntuali secondo le specifiche descritte nel Progetto relativo alle attività di archeologia esecutiva nel quale sono indicati numero, dimensione, ubicazione, profondità da raggiungere e metodologia di scavo, in base alle prescrizioni fornite dalla Soprintendenza del territorio di competenza. Lo scavo delle trincee e dei saggi raggiunge normalmente le profondità del terreno sterile (in assenza di ulteriori dati desunti da indagini eseguite in precedenza quali indagini geognostiche, carotaggi, etc.) o viene adattato alle singole esigenze di progetto (rilevato, trincea, sedime di fondazione delle pile e spalle dei viadotti ecc.), sempre nel rispetto delle norme di sicurezza e delle prescrizioni della Soprintendenza. In conformità alle norme di sicurezza vigenti, devono prevedersi sempre scavi a sezione obbligata con l'utilizzo di gradoni larghi 1,50 m e profondi 1,00 m per sondaggi che superano la profondità di 1,50 m.

L'ubicazione delle trincee e dei saggi è stabilita con cura, su idonea planimetria del Progetto Esecutivo delle indagini archeologiche, nella quale è riportata l'ubicazione e la tipologia del sondaggio nonché la profondità rispetto alle prescrizioni della Soprintendenza competente: si precisa tuttavia che nel corso della realizzazione si deve procedere al posizionamento di ciascuna trincea e/o saggio, sia con esito positivo che negativo, mediante GPS o Stazione Totale per documentare ogni eventuale scostamento da quanto riportato in progetto.

I sondaggi vengono realizzati quando possibile mediante scavo con mezzo meccanico (a benna liscia) o scavo manuale ma sempre con metodo stratigrafico, utilizzando prevalentemente attrezzatura pesante, alla presenza costante di un operatore archeologo, che dirige l'escavazione direttamente ed in stretto e costante raggio visivo. Si approfondisce con tale modalità fino al raggiungimento dello strato sterile o all'eventuale deposito archeologico, individuato il quale, previa supervisione della D.S., si prosegue poi con il metodo dello scavo archeologico stratigrafico al fine di leggere con precisione la successione degli strati e la consistenza dei livelli archeologici sepolti.

Laddove i sondaggi esplorativi confermino la presenza di un deposito archeologico, è opportuno che essi siano eseguiti in modo da fornire informazioni utili a definire l'estensione e la potenza di tale deposito. Qualora ciò comporti una variazione rispetto a quanto descritto nel progetto è opportuno darne tempestiva comunicazione alla D.S. e alla D.L. o alla Committenza, con cui deve essere concordato lo svolgimento di una attività riconducibile allo scavo archeologico stratigrafico. Nel caso in cui l'operatore archeologo dovesse riscontrare condizioni ostative all'esecuzione di quanto previsto in tale progetto è tenuto a darne tempestiva comunicazione alla D.L. e/o Committenza, fornendo indicazioni circa la variazione o circa la natura, ubicazione e dimensione della criticità.

La D.S. può richiedere in corso d'opera ampliamenti nelle dimensioni o approfondimenti dei sondaggi qualora si individuino stratigrafie archeologiche che ritiene necessitino di ulteriore indagine.

La documentazione scientifica dei sondaggi, da compiersi a cura dell'appaltatore, deve essere commisurata agli obiettivi da raggiungere e alla situazione riscontrata; deve essere redatta secondo le specifiche disposizioni della D.S., la cui indicazione deve essere riportata su ogni elaborato. Deve essere redatta in forma ridotta anche nel caso di esito archeologicamente negativo, comprendendo:

- la descrizione della stratigrafia riscontrata per ciascun sondaggio;
- la documentazione grafica delle sezioni mediante colonna stratigrafica;
- l'elenco degli elaborati grafici;
- la documentazione fotografica per ciascun sondaggio;
- l'elenco della documentazione fotografica.

Qualora si siano individuate evidenze archeologiche o depositi archeologici, la documentazione deve comprendere: la documentazione delle evidenze per ciascun sondaggio positivo, redatta secondo le modalità previste per lo scavo archeologico stratigrafico (rif. par. 5.5.5).

4.2.3 Scavi archeologici stratigrafici in estensione

In caso di individuazione di stratigrafie archeologiche, la D.S. può richiedere in corso d'opera d'esecuzione ampliamenti nelle dimensioni di sondaggi che richiedono ulteriori approfondimenti. Lo scavo archeologico stratigrafico in estensione è funzionale a definire per quanto possibile il deposito archeologico in senso verticale e orizzontale. Tramite il processo di scavo archeologico stratigrafico si determinano i rapporti reciproci tra le diverse unità stratigrafiche; il riconoscimento sul campo e l'analisi di questi rapporti consente di determinare la sequenza cronologica relativa, mentre l'analisi dei materiali archeologici contenuti nella singola unità consente di determinarne la cronologia assoluta. Tenendo conto della sequenza di formazione delle unità stratigrafiche, queste sono asportate secondo la successione fisica e cronologica riscontrata, dalla più recente alla più antica. L'indagine delle unità stratigrafiche, l'individuazione dei loro rapporti e lo studio tipologico dei materiali consentono di ricostruire la storia dell'area, dal momento della sua occupazione fino al suo eventuale abbandono.

Costituiscono una tipologia particolare di unità stratigrafica, le unità stratigrafiche negative, che rappresentano tutte le azioni che hanno comportato asportazioni della stratigrafia preesistente quali ad esempio lo scavo di fosse, di buche di palo, di trincee di spoliazione di muri, i crolli, le erosioni naturali. Le unità stratigrafiche negative sono a tutti gli effetti parte integrante della sequenza stratigrafica e come tali il loro riconoscimento e tutte le operazioni che le interessano sono parte integrante dello scavo archeologico stratigrafico.

Lo scavo archeologico stratigrafico deve seguire quanto indicato nel Progetto relativo alle Attività di archeologia esecutiva nelle quali sono specificate le tecniche, attrezzatura ed organigramma con competenze specifiche per il contesto da scavare; si richiama comunque quanto indicato in premessa sull'imprevedibilità dello scavo archeologico, che potrà esigere tecniche, tempi, attrezzature e figure professionali non previste nel progetto e di cui dovrà essere data tempestiva comunicazione alla D.S. e alla D.L. o Committenza al fine di concordarne la presenza.

Per le norme relative agli scavi archeologici si rimanda al successivo capitolo (cap. 5).

4.3 Sorveglianza archeologica in corso d'opera

La sorveglianza archeologica viene attivata, qualora prescritta dalla competente Soprintendenza, sia per assistenza ad indagini geofisiche e di caratterizzazione ambientale nelle varie fasi progettuali che durante i lavori di esecuzione dell'opera mediante stretto controllo da parte di archeologo di qualsiasi attività scavo, sterro, sbancamento meccanico in corso d'opera: l'archeologo che effettua la sorveglianza delle attività sopra descritte opererà in stretto e costante raggio visivo con il mezzo meccanico.

Le attività di sorveglianza archeologica sono eseguite da un archeologo con comprovata esperienza di cantiere, il cui CV dovrà essere sottoposto alla Soprintendenza competente per approvazione.

L'attività di sorveglianza archeologica si articola come segue:

- controllo in stretto e costante raggio visivo con il mezzo meccanico che opera;
- report intermedi da trasmettere durante l'espletamento del servizio, con frequenza almeno settimanale indicata dal Direttore dei Lavori, ad ANAS ed alla Soprintendenza di competenza;
- redazione della relazione archeologica (report finale) contenente una descrizione delle attività svolte e dei relativi esiti, corredata da documentazione fotografica puntuale e quant'altro necessario a descrivere il lavoro svolto;
- redazione di planimetrie grafiche con posizionamento topografico delle aree sottoposte a sorveglianza archeologica.

Nello specifico, la documentazione scientifica delle attività dovrà illustrare i lavori effettuati e dovrà essere corredata da documentazione fotografica puntuale, posizionamento topografico dei pozzetti di indagine (per indagini geofisiche e di caratterizzazione ambientale), sia con esito negativo che positivo. Allo stesso modo, in esito all'attività di sorveglianza in c.o., dovrà essere documentare l'avvenuto controllo, anche con esito negativo, e descritta qualsiasi criticità archeologica emergesse durante i lavori, nel qual caso si dovrà provvedere anche al posizionamento topografico e al recupero e conservazione di eventuali reperti archeologici che dovranno essere raccolti e gestiti in base alle indicazioni fornite dalla Direzione dei Lavori su indicazione della Soprintendenza di competenza.

La documentazione fotografica verrà effettuata in formato digitale con una risoluzione di almeno 300 dpi; verrà eseguita con adeguata attrezzatura, quali macchine fotografiche ottiche intercambiabili, cavalletti e possibilità di illuminazione artificiale, con opportuna indicazione della scala metrica, dell'orientamento, della data e della denominazione del soggetto, e documenterà:

- lo stato dei luoghi prima, durante e al termine dell'intervento;
- i depositi archeologici qualora evidenziati.

Tale documentazione dovrà essere correlata al testo della relazione.

La documentazione grafica consisterà in posizionamento su base catastale con l'indicazione del foglio e dei numeri delle particelle e/o su base aerofotogrammetrica (CTR-Carta Tecnica Regionale) delle aree interessate dalla sorveglianza e degli eventuali reperti immobili rinvenuti da prodursi in scala adeguata.

Il tecnico archeologo responsabile si occuperà delle attività di sorveglianza secondo il cronoprogramma fornito da ANAS, provvederà alla compilazione dei dati di cantiere e alla loro trasmissione, risponderà della qualità della documentazione tecnico-scientifica finale. Egli avrà inoltre il compito di avvertire tempestivamente ANAS e la Soprintendenza di competenza relativamente ad eventuali evidenze archeologiche rinvenute nel corso delle attività.

5. SCAVI ARCHEOLOGICI: SPECIFICHE TECNICHE

Le prescrizioni di seguito riportate sono a carattere generale, comuni a tutti i lavori di scavo con finalità archeologiche per i quali si rimanda alle pratiche previste secondo i canoni scientifici che lo

contraddistinguono. Saranno applicate su terreni di qualsiasi natura e consistenza, anche con eventuale presenza d'acqua d'infiltrazione, salvo precisare che in generale, se non segnalato diversamente in progetto in esito alle prescrizioni (raggiungimento di quote prestabilite) l'approfondimento si arresta non appena incontrato il substrato archeologicamente sterile oppure la roccia. Tutte le attività dovranno comunque essere concordate e definite puntualmente con la Soprintendenza competente.

Se non in caso di indicazioni specifiche, è consentito sia l'uso di idonei mezzi meccanici a benna liscia, sia dello scavo a mano, purché le operazioni vengano condotte sempre con metodo stratigrafico e con cautela, senza mai pregiudicare l'integrità dei resti archeologici sepolti e nel rispetto delle prescrizioni date in materia dalle Soprintendenze.

La pratica del cantiere di scavo e la conduzione dei lavori deve essere affidata a personale specializzato e l'aspetto tecnico-scientifico deve essere a cura di operatori archeologi specializzati, tenuti a seguire l'avanzamento dei lavori in tutte le sue fasi, nonché al mantenimento della documentazione di cantiere (diario dei lavori, planimetrie e sezioni stratigrafiche, picchettamenti e rilievi, disegni, schede di catalogo, etc.).

5.1 Programmazione delle attività

Per la efficace gestione delle attività dovranno essere prodotti dei calendari delle attività, concordati per approvazione. Il Programma Esecutivo Dettagliato (P.E.D.) - dovrà essere comunicato ad ANAS, con un tempestivo anticipo di almeno 7 giorni naturali e consecutivi.

5.2 Fasi di cantiere

Le attività dovranno articolarsi secondo le fasi di seguito indicate:

1. operazioni preliminari;
2. approntamento del cantiere di scavo archeologico, recinzione del cantiere;
3. ripulitura preliminare delle aree da erbe ed arbusti;
4. rilievo topografico/georeferenziazione indagini;
5. effettuazione della bonifica da ordigni e residuati bellici (BOB), qualora prevista dal singolo contratto applicativo, nelle aree oggetto dei saggi e nelle aree e piste di cantiere;
6. scavo meccanico con piccolo mezzo (tipo mini escavatore), nel caso di sondaggi preventivi;
7. scavo con metodo stratigrafico (nel caso di individuazione di depositi archeologici);
8. raccolta e gestione dei reperti (qualora rinvenuti);
9. rinterro;
10. elaborazione della documentazione scientifica;
11. operazioni post-scavo.

5.3 Operazioni preliminari

Preliminarmente all'esecuzione di indagini e scavi archeologici si deve provvedere a:

- effettuare sopralluoghi e ad acquisire permessi, tra cui l'individuazione e contatto dei proprietari del sito di indagine e, qualora richiesto da ANAS, l'acquisizione di tutti i permessi necessari all'ingresso ed alla esecuzione delle indagini in aree pubbliche o private;

- predisposizione del piano operativo di sicurezza e di tutti gli adempimenti previsti dalla vigente legislazione e quanto finalizzato al corretto svolgimento delle attività, ivi compreso tutto quanto occorrente per il corretto funzionamento della strumentazione;
- progettazione e successiva certificazione dell'impianto di cantiere;
- l'individuazione di dettaglio di sottoservizi mediante documentazione da reperire presso gli enti/gestori;
- richiesta nulla osta per avvio attività da bonifica da ordigni bellici qualora prevista dal singolo contratto applicativo;
- esecuzione della bonifica da ordigni e residuati bellici, qualora prevista dal singolo contratto applicativo;
- ottenimento del relativo parere a cura del Genio Militare;
- eventuale realizzazione di piste di accesso e piazzole per l'installazione di attrezzature.

5.4 Approntamento del cantiere

Le prescrizioni di seguito riportate sono di carattere generale e riguardano tutti i lavori di indagine e scavo con finalità esclusivamente archeologiche, salvo precisare che in ogni singolo contratto applicativo vi saranno riportate le specifiche relative all'approntamento del cantiere, correlato con l'eventuale Bonifica da Ordigni e Residuati Bellici, ed alla sicurezza.

5.4.1 *Cantiere sondaggi archeologici*

Nell'impianto e conduzione di un cantiere di scavi archeologici preventivi si seguono le norme in uso nei cantieri edili; nel caso di affidamento di sondaggi preventivi (carotaggi, saggi, trincee, effettuati ai sensi del c. 8 art. 25 del dlgs 50/2016) va da sé che questi si localizzino sovente, con sequenze e distanze variabili, lungo l'intera tratta oggetto di verifica preventiva: pertanto gli operatori dovranno operare spostandosi nel tracciato di progetto. Si precisa che quanto serve all'impianto di cantiere sarà nello specifico indicato nel P.S.C. che verrà consegnato al momento dell'attivazione di ogni singolo contratto applicativo, e individuato specificamente a seguito della constatazione della realtà dei luoghi.

L'area oggetto di saggio/trincea sarà localizzata secondo le coordinate riportate nelle tavole del progetto esecutivo delle indagini, e preventivamente recintata con rete di cantiere: si avrà cura di riportarne sul suolo le esatte misure che comprendono per ciascuno di essi, area di scavo, area di accumulo e di movimento dei mezzi. Si precisa inoltre che dovranno essere individuate chiaramente le piste di movimentazione dei mezzi e l'area per l'accumulo di materiale terrigeno asportato. In tutti i casi, qualora lo scavo dovesse procedere oltre una certa profondità (oltre 1,5 m), sarà necessario procedere, secondo le norme della sicurezza in cantiere e proporzionalmente alla profondità dello scavo, per gradoni, di modo da impedire scorrimenti o franamenti. Le pareti all'occorrenza andranno sostenute con sbatacchiatura o armatura. Queste operazioni dipenderanno dalla natura dell'intervento o dal tipo di terreno e saranno puntualmente indicate negli elaborati di riferimento consegnati al momento dell'attivazione di ogni singolo contratto applicativo.

Il cantiere base sarà allestito secondo quanto indicato nel P.S.C. rappresentando comunque che l'allocazione dovrà tener conto del rischio determinato a tal fine nei movimenti di terra - anche di potenza minima onde evitare rischi di danneggiamento ad eventuali stratigrafie archeologiche - in funzione di forniture di servizi quali acqua, elettricità, servizi igienici, smaltimento rifiuti etc., come la messa in opera di qualsiasi manufatto di servizio (baraccamenti, servizi igienici e altro).

5.4.2 *Cantiere scavi archeologici estensivi*

Propedeuticamente agli scavi dovranno essere espletate tutte quelle operazioni preliminari atte a consentire un corretto svolgimento delle attività previste. Esse comprenderanno il posizionamento sul terreno dei picchetti di riferimento e la delimitazione delle aree d'interesse, il rilievo dello stato di fatto delle parti da indagare e da scavare, i giusti riferimenti ai capisaldi di linea noti forniti dal Committente e l'impianto vero e proprio del cantiere, con la creazione di eventuali piste di accesso e piazzole.

Nello specifico per l'impianto del cantiere si dovrà provvedere a:

- la perimetrazione del cantiere deve essere individuata da una recinzione protettiva di consistenza ed altezza idonee a difendere le opere ed i materiali depositati all'interno del cantiere, offrendo sufficiente sicurezza, pur trattandosi di una struttura provvisoria e fornendo su appositi cartelli le indicazioni previste dalla normativa vigente;
- organizzazione degli spazi all'interno del cantiere: dovranno essere individuate chiaramente le piste di movimentazione dei mezzi, l'area per l'accumulo di materiale terrigeno asportato, l'area di servizio;
- impianto di un prefabbricato ad uso ufficio, dotato di acqua, luce e messa a terra, scrivanie o tavoli da lavori, sedie, scaffalature;
- impianto di un prefabbricato di servizio, provvisto di servizi sanitari, dotato di acqua, luce e messa a terra;
- a seconda della complessità delle attività previste, oltre a l'impianto di un prefabbricato ad uso ufficio e di servizio, si dovrà prevedere l'impianto di un prefabbricato per la sistemazione, lavaggio, conservazione e studio dei materiali archeologici rinvenuti durante le attività di scavo, provvisto di acqua, luce e messa a terra, tavoli da lavori, sedie, scaffalature, di video-sorveglianza e, se necessario, sistema di riscaldamento.

Si precisa che quanto serve all'impianto di cantiere sarà nello specifico indicato nel P.S.C. che verrà consegnato al momento dell'attivazione di ogni singolo contratto applicativo, e individuato specificamente a seguito della constatazione della realtà dei luoghi e delle condizioni peculiari del sito, in stretta relazione con l'area archeologica da indagare, potrà essere elemento condizionante nelle scelte e decisioni da assumersi nell'impianto stesso del cantiere.

Come per i sondaggi archeologici preventivi, qualora lo scavo dovesse procedere oltre una certa profondità (oltre 1,5 m), sarà necessario procedere, secondo le norme della sicurezza in cantiere e proporzionalmente alla profondità dello scavo, per gradoni, di modo da impedire scorrimenti o franamenti. Le pareti all'occorrenza andranno sostenute con sbatacchiatura o armatura. Queste operazioni dipenderanno dalla natura dell'intervento o dal tipo di terreno e saranno puntualmente indicate negli elaborati di riferimento consegnati al momento dell'attivazione di ogni singolo contratto applicativo.

Nel caso in cui uno scavo dovesse essere interrotto o abbandonato, per essere eventualmente ripreso in tempi successivi o proseguito in una seconda fase con altre tecniche di intervento/approfondimento, sarà necessario demarcare il limite planimetrico e il fondo scavo con apposite targhe indelebili funzionali all'identificazione del sito, stesura di geotessuto o altro materiale indicato dalla DS, interporre un adeguato strato di inerte drenante, e colmare con terreno, fino al ritombamento completo e al ripristino dello stato originario delle aree oggetto degli interventi, o comunque secondo le disposizioni del caso che dovessero essere impartite da ANAS.

5.4.3 *Diserbo*

Se l'area di lavoro dovesse risultare impervia per presenza di vegetazione o altri impedimenti alla corretta individuazione e marcatura delle aree da esplorare, queste andranno preventivamente ripulite mediante sfalcio e taglio degli arbusti.

Il diserbo dovrà essere eseguito a mano e/o meccanicamente con l'impiego di attrezzatura opportuna, nel pieno rispetto della normativa di sicurezza vigente. Dovrà essere condotto in modo tale da non intaccare in alcun modo unità stratigrafiche relative a strutture, effettuando l'eventuale estirpazione definitiva di radici o altro contestualmente alle operazioni di scavo archeologico.

In assenza di strutture evidenti o comunque affioranti si potrà procedere a diserbo meccanico con apparecchiature poco pesanti, maneggevoli e in ottime condizioni di manutenzione. In vicinanza di strutture affioranti e sulle strutture si procederà esclusivamente a diserbo manuale, evitando l'impiego di spazzole rigide o strumenti abrasivi per le superfici.

La vegetazione tagliata dovrà essere trasferita a discarica.

5.5 **Lo scavo archeologico: caratteristiche tecniche**

Le prescrizioni di seguito riportate sono di carattere generale e riguardano tutti i lavori di indagine e scavo con finalità archeologiche, su terreni di qualsiasi natura e consistenza, anche con eventuale presenza d'acqua d'infiltrazione, salvo precisare che in generale l'approfondimento si arresta non appena incontrato il substrato archeologicamente sterile oppure la roccia.

Lo scavo archeologico, "meccanico" e "manuale", prevede in ognuno dei due casi richiamati un approccio metodologico assolutamente identico che consiste nell'individuazione delle unità stratigrafiche, procedendo contestualmente alla corretta documentazione scritta, grafica e fotografica. Lo scavo stratigrafico "manuale", da effettuarsi in qualunque tipo di terreno, ancorché compatto e con pietrame si distingue a sua volta in: "scavo a bassa difficoltà", da effettuarsi sino alla chiara evidenziazione di depositi archeologici, e in "scavo ad alta difficoltà", da effettuarsi sino alla profondità massima di depositi archeologici pluristratificati complessi e di difficile separazione e distinzione, con quantità media o notevole di reperti di consistenza anche fragile, o su sepolture.

La scelta dell'opportuno metodo di indagine varierà in base alle necessità riconosciute caso per caso e dal livello di complessità e interesse archeologico che si presenterà in corso d'opera sulla base delle indicazioni della DS, concordate con Anas.

5.5.1 *Scavo meccanico*

Per scavo meccanico si intende uno scavo di sbancamento da effettuarsi utilizzando con cautela idoneo mezzo meccanico (piccolo escavatore a benna liscia), in terreni di qualunque natura e consistenza, in assenza di stratigrafie che attestino l'uso antropico e/o depositi archeologici non noti, compreso l'onere per la pulizia e rettifica delle pareti di scavo e l'onere di stabilizzazione del fronte di scavo. L'indagine sarà effettuata con dimensioni e profondità di scavo indicate nel relativo progetto esecutivo delle indagini archeologiche allegate al singolo contratto applicativo, a meno di individuare la roccia vergine, ovvero il substrato privo di attestazioni antropiche, ad una quota superiore, e comunque secondo quanto prescritto nel relativo parere della Soprintendenza di competenza. Qualora si riscontrasse la presenza di depositi archeologici si proseguirà con lo scavo manuale, da riconoscersi con la relativa voce di elenco prezzi.

L'attività deve comprendere:

- l'assistenza scientifica archeologica nel corso di esecuzione dello scavo;
- il recupero di materiale di interesse archeologico;
- l'assistenza manuale di due operai per le indicazioni da fornire all'escavatorista e per la pulizia e rettifica delle pareti dello scavo;
- la documentazione scientifica.

Lo scavo con mezzo meccanico può essere distinto in:

- scavo archeologico con piccolo mezzo meccanico fino alla profondità di mt. 2,00;
- scavo archeologico con piccolo mezzo meccanico con profondità compresa tra metri 2,01 e metri 4,00.

5.5.2 Scavo stratigrafico manuale

Per scavo stratigrafico "manuale" si intende uno scavo da effettuarsi in terreno archeologico compatto e pietrame e con attrezzatura manuale appropriata, quali piccone, piccozzine, trowel, scopette, palette per raccogliere la terra, pennelli e quant'altro necessario per effettuare il lavoro a regola d'arte, compresa la raccolta, la cernita e il recupero di reperti archeologici.

Può essere a sua volta distinto in "scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà" e "scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà".

Scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà

Lo "scavo manuale a bassa difficoltà" è da effettuarsi, con metodo stratigrafico, in terreno archeologico sino alla chiara evidenziazione di depositi antropici, qualora individuati nel corso delle operazioni di scavo meccanico, o comunque su depositi rimaneggiati o in giacitura secondaria o di formazione naturale, di consistenza spessore e bassa densità di reperti in buono stato di conservazione. Tale scavo andrà eseguito prevalentemente con attrezzatura pesante, quale pala e piccone, e solo per piccole quantità la cazzuola.

L'attività deve comprendere:

- la cernita dei materiali durante le operazioni di scavo;
- l'imbustamento, la cartellinatura e l'elaborazione di un elenco dei materiali;
- la conservazione ordinata in apposite cassette e il loro trasporto in locali idonei per la loro conservazione ed approvati preliminarmente dalla competente Soprintendenza;
- l'attività di assistenza scientifica archeologica nel corso di esecuzione dello scavo;
- la documentazione scientifica.

Lo scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà può essere distinto in:

- scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà da eseguirsi fino alla profondità di mt. 2,00, in terreno archeologico a sezione obbligata, compreso il taglio delle terre e il primo paleggiamento fino all'orlo del cavo;
- scavo stratigrafico manuale a bassa difficoltà da eseguirsi con profondità compresa tra metri 2,01 e metri 4,00, in terreno archeologico a sezione obbligata, compreso il taglio delle terre, le opere di stabilizzazione del fronte scavo, il tiro in alto fino all'orlo del cavo e la sbadacchiatura.

Scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà

Lo "scavo manuale ad alta difficoltà" è da effettuarsi, con metodo stratigrafico, in terreno archeologico sino alla profondità massima del deposito antropico, eseguito su depositi pluristratificati complessi di difficile separazione e distinzione, con quantità media o notevole di reperti di consistenza anche fragile, o comunque di individuazione e recupero difficile (es.: intonaco, vetro, tessuto, metallo, legno, resti di vegetali) o su sepolture (nel caso del rinvenimento di reperti osteologici di fragile consistenza, la rimozione dovrà essere effettuata da personale specializzato, secondo le indicazioni di specialisti della disciplina relativa).

Lo scavo deve essere eseguito esclusivamente a mano, da personale archeologo altamente specializzato, da realizzarsi con attrezzatura manuale leggera appropriata quali piccozzine, trowel, scopette, palette per raccogliere la terra, pennelli e quant'altro necessario per effettuare il lavoro a regola d'arte, con raccolta, cernita e setacciatura di materiale archeologico. Qualora lo stato di degrado e la natura del reperto lo richiedano, esso verrà rimosso dal terreno con il pane di terra che lo circonda.

Lo scavo dovrà essere realizzato con il metodo stratigrafico mettendo in luce e documentando le Unità Stratigrafiche e, nel caso di rinvenimento di strutture, le unità stratigrafiche murarie, e comprenderà quando necessaria, la setacciatura della terra per il recupero dei reperti di qualsiasi natura.

L'attività deve comprendere:

- la cernita dei materiali durante le operazioni di scavo;
- l'imbustamento, la cartellinatura e l'elaborazione di un elenco dei materiali;
- la conservazione ordinata in apposite cassette e il loro trasporto in locali idonei per la loro conservazione ed approvati preliminarmente dalla competente Soprintendenza;
- l'attività di assistenza scientifica archeologica nel corso di esecuzione dello scavo;
- la documentazione scientifica.

Lo scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà può essere distinto in:

- scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà da eseguirsi fino alla profondità di mt. 2,00;
- scavo stratigrafico manuale ad alta difficoltà da eseguirsi con profondità compresa tra metri 2,01 e metri 5,00.

Qualora si evidenziasse reperti necessitanti di consolidamento o particolari cautele per la loro rimozione, si dovrà disporre la temporanea sospensione della porzione di scavo, onde favorire l'essiccazione controllata del terreno o dei manufatti, senza che ciò possa costituire oggetto di maggior prezzo da parte dell'Appaltatore. Lo scavo andrà preceduto dalla redazione di una dettagliata documentazione grafica (rilievo in scala 1:1) e fotografica. Tutte le operazioni andranno eseguite sotto il controllo e secondo le direttive della D.S..

In situazioni stratigrafiche particolari, quali tombe o siti preistorici, si eseguirà un microscavo e si effettuerà la setacciatura e/o la flottazione e la campionatura dei terreni per eventuali analisi specialistiche. L'operazione di setacciatura del terreno di scavo si realizzerà, tramite l'impiego di setacci a mano o sospesi, con maglie di dimensioni ritenute idonee, sotto il controllo dell'archeologo e procedendo separatamente per ogni unità stratigrafica. L'operazione di flottazione del terreno di scavo, invece, si realizzerà per il recupero di reperti anche di minime dimensioni e di natura organica. Le operazioni dovranno essere condotte procedendo separatamente per ogni unità stratigrafica mediante flottatrici meccaniche o manuali.

5.5.3 Attività di rinterro

A fine dei lavori, deve essere previsto il ripristino e la chiusura delle aree di scavo secondo le modalità impartite dalla DS. Nelle aree prive di depositi archeologici si effettuerà mediante utilizzo del mezzo meccanico, utilizzando la terra di risulta che dovrà essere accantonata durante lo scavo nell'ambito del cantiere, o, se ciò non fosse possibile, in altro luogo a spese dell'affidatario. Se per qualsiasi ragione ritenesse di doversene disfare, portandola a discarica o comunque nelle forme previste dalla legge, sarà tenuto, a richiesta di ANAS, a reintegrare la terra che servisse per i rinterri senza che ciò dia adito a richieste di indennizzi o compensi di sorta.

Qualora invece siano state rinvenute evidenze archeologiche, si seguiranno le indicazioni della DS, verrà interposto uno strato di geotessile (in assenza di strutture) o di materiale traspirante (fogli di TNT) adeguatamente tagliato e sagomato, successivamente coperto manualmente con terra proveniente dallo scavo, per raggiungere uniformemente uno strato di almeno 30 cm con tutte le dovute cautele per evitare qualsiasi danno ai depositi archeologici. L'attività sarà effettuata sotto lo stretto controllo di un archeologo.

Tutte le attività dovranno comunque essere concordate e definite puntualmente con la D.S.

5.5.4 Raccolta e gestione dei reperti

Durante la progressione dello scavo, contestualmente alla redazione di schede di Unità Stratigrafica (US), si esegue il recupero ordinato e il lavaggio dei reperti archeologici con immediata apposizione di riferimento di strato, e indicati nella relativa scheda di U.S. in apposite cassette, per essere poi consegnati così come sarà disposto dalla D.S..

Essi dovranno essere puliti e/o lavati a secondo della natura del materiale costruttivo, siglati e inventariati □ divisi per classi □ riposti in contenitori adeguati, secondo la natura e le caratteristiche chimico-fisiche del materiale stesso, in appositi magazzini. Tali contenitori verranno contrassegnati con siglature indelebili recanti l'indicazione della data di reperimento, numero di U.S., posizionamento relativo all'interno dello strato (nel caso di reperti di notevole interesse).

Nel caso in cui vengano messi in luce reperti importanti durante gli scavi esplorativi, in accordo con ANAS e la D.S. saranno valutate le modalità per disporre procedure particolari di raccolta e gestione dei reperti, soprattutto qualora si rendessero necessarie soluzioni che implicino mutamenti di strategie degli interventi.

Si specifica in ogni caso che non dovranno essere sottoposti a lavaggio i vetri, i metalli, gli intonaci dipinti e non, e tutti i reperti di natura organica, le ceramiche con sovrappitture e ingobbi delicati, la coroplastica, e, in genere, tutti i materiali di cui si sospetti la possibilità di un danneggiamento conseguente all'operazione.

Nel caso di setacciatura sotto getto d'acqua, il materiale deve essere fatto asciugare lentamente su fogli di carta in un contenitore aperto, in un luogo ben areato, asciutto, ma non esposto ai raggi solari o ad altra fonte di calore. Quando perfettamente asciutto, il campione può essere conservato in capsule rigide di plastica, con carta o cotone.

Nel caso si prevedano analisi radiocarboniche di alcuni frammenti, si dovrà evitare per questi il contatto con materiali di origine vegetale o animale, sostituendo alla carta materiale plastico o di alluminio, più adatto.

Sui legni umidi l'obiettivo primario è il rinterro; qualora ciò non sia possibile od opportuno, occorre innanzitutto evitare un repentino disseccamento con aspersioni ripetute di acqua distillata; quindi si procederà, a seconda delle condizioni del materiale e sotto la guida di un restauratore, ad un intervento di stabilizzazione dell'umidità in vasca oppure di essiccazione controllata. Per i legni conservati aderenti ai metalli è opportuno che il reperto venga trasferito il più rapidamente possibile presso un laboratorio di restauro.

5.5.5 Documentazione scientifica

La documentazione scientifica dello scavo, da compiersi a cura dell'appaltatore durante e dopo lo scavo, dovrà essere redatta dall'operatore archeologo specializzato responsabile delle indagini secondo le specifiche disposizioni della D.S. e prevedere documenti scritti, fotografici e grafici di piante e sezioni dettagliate degli strati archeologici (*overlay*) e delle strutture individuate, nonché report intermedi da trasmettere durante l'espletamento dei lavori, con frequenza almeno settimanale, ad ANAS ed alla D.S.

La documentazione scientifica integrale relativa alle indagini archeologiche dovrà essere consegnata ad ANAS ed ed alla D.S. su supporto sia cartaceo che digitale entro un tempo massimo di 120 (centoventi) giorni dal termine delle indagini archeologiche, salvo motivate richieste di proroga. Gli elementi/elaborati indispensabili alla redazione della relazione archeologica definitiva da parte del funzionario archeologico responsabile per l'approvazione del Soprintendente di settore territorialmente competente, dovranno tuttavia essere consegnati, alla S.A. e alla Soprintendenza, con un limite di almeno 30 (trenta) giorni dal termine delle indagini archeologiche (cfr. Circolare n. 1 anno 2016 DG-AR). La Soprintendenza e la S.A. hanno facoltà di richiedere consegne intermedie e/o preliminari in base alla complessità e tipologia dell'opera.

In caso di esito archeologicamente negativo degli scavi, la documentazione scientifica dovrà comunque essere prodotta in forma ridotta, e dovrà essere consegnata ad ANAS, su supporto sia cartaceo che digitale, entro un tempo massimo di 15 (quindici) giorni dal termine delle indagini archeologiche.

Qualsiasi forma di divulgazione della documentazione scientifica dovrà essere preventivamente autorizzata dalla Soprintendenza e dalla S.A..

Tutta la documentazione sarà sottoscritta dall'operatore archeologo specializzato responsabile dell'esecuzione delle indagini.

Giornale di scavo

Redatto da parte dell'Archeologo responsabile di cantiere, vi dovranno essere indicati tutti gli interventi effettuati, le motivazioni che ne sono alla base, il numero e la denominazione delle U.S. scavate, nonché le informazioni generali relative al cantiere, cioè condizioni atmosferiche, numero degli operatori presenti, attività del personale, intervento di qualsiasi specialista e qualunque altra informazione utile alla migliore comprensione a posteriori del lavoro. Saranno sempre indicate le figure professionali e i mezzi utilizzati; Sul Giornale dei lavori sarà registrato anche l'esito dei sopralluoghi sul cantiere della stazione appaltante e della D.S. e ogni indirizzo, prescrizione, ordine dalla medesima impartito sui lavori da svolgere e sulla metodologia di intervento.

Schede di Unità Stratigrafica (US)

Contestualmente allo scavo verranno redatte le schede di Unità Stratigrafica (US), Unità Stratigrafica Muraria (USM), Unità Stratigrafica di Rivestimento (USR), su modello schedografico dell' I.C.C.D., i relativi elenchi ed il diagramma di scavo. Ove necessario sarà compilata anche la scheda "Reperti Antropologici" su format che verrà fornito dalla D.S..

Tale documentazione sarà a cura dell'operatore archeologico specializzato o del responsabile di settore.

Relazione finale di scavo

La relazione finale di scavo dovrà essere prodotta a cura dell'Archeologo Responsabile Scientifico, e dovrà contenere una descrizione delle attività svolte e dei relativi esiti, delle modalità di intervento, delle fasi di lavoro, dovrà inoltre essere corredata da documentazione fotografica puntuale, nonché le schede di Saggio stratigrafico (SAS) e quant'altro necessario a descrivere il lavoro svolto.

Documentazione fotografica

La documentazione fotografica sarà a cura del responsabile di ciascun settore o lavorazione e verrà effettuata in formato digitale con una risoluzione di almeno 300 dpi; verrà eseguita con adeguata attrezzatura, quali macchine fotografiche ottiche intercambiabili, cavalletti e possibilità di illuminazione artificiale, con opportuna indicazione della scala metrica, dell'orientamento, della data e della denominazione del soggetto, e documenterà:

- lo stato dei luoghi prima, durante e al termine dell'intervento;
- lo stato di ogni US, USM, USR, sezione, struttura individuata o caso particolare (es. crollo, prelievo di pani etc.);
- i reperti mobili di particolare interesse.

Tale documentazione dovrà essere correlata al testo della relazione e/o alle schede compilate ed accompagnata da un inventario informatizzato in formato *.xls, comprendente l'elenco di tutti gli scatti effettuati e articolato nei seguenti campi: nome file (costituito da un numero progressivo senza riferimento all'estensione del file); estensione file (es. jpg); località e/o indirizzo; soggetto (es. scavo □ sondaggio □ lavori di □, US, tomba No etc.); data di ripresa; autore dello scatto; note.

A richiesta della D.S. si provvederà all'eventuale esecuzione di fotopiano a mosaico, fotogrammetria analogico-digitale terrestre, scanner-laser, nonché all'esecuzione di foto d'insieme etc.

Documentazione grafica

La documentazione grafica consisterà in:

- posizionamento su base catastale con l'indicazione del foglio e dei numeri delle particelle e/o su base aerofotogrammetrica (CTR □ Carta Tecnica Regionale) delle aree interessate dalle indagini e degli eventuali reperti immobili rinvenuti da prodursi in scala adeguata;
- planimetria quotata (con quote s.l.m.) iniziale e finale di ciascuna area di indagine (sondaggi) in scala 1:100 e/o 1:200 o secondo le indicazioni della D.S.;
- planimetrie di dettaglio in scala adeguata degli eventuali reperti immobili riportati in luce (comprese le singole US);
- sezioni generali delle aree scavate in scala 1:100 e/o 1:200;
- eventuale altra documentazione grafica quali piante composite, prospetti, rilievi di dettagli e/o di alzati.

Tutta la documentazione grafica verrà elaborata vettorialmente in files CAD formato *.dwg, in coordinate coerenti con quelle della cartografia di (layers obbligatori: capisaldi, riferimenti interni, limite area d'indagine, quota assoluta) e consegnata sia in formato digitale (*.dwg e *.pdf) su supporto magnetico (Cd/Dvd) che cartaceo.

Ogni elaborato grafico dovrà riportare nel cartiglio (fornito da ANAS) l'indicazione del progetto di riferimento; il numero univoco del rilievo; il codice univoco dell'area di indagine; il soggetto rilevato, la scala numerica. Le tavole, saranno di norma orientate al nord cartografico e riporteranno oltre al simbolo del nord il disegno della scala grafica e la legenda nel caso di utilizzo di simboli grafici. I disegni di reperti dovranno contenere prospetto e sezione con annessa scala grafica.

Tale documentazione sarà a cura del tecnico incaricato per la documentazione grafica.

5.5.6 Operazioni di post-scavo

Le operazioni di post-scavo dovranno prevedere:

- l'accurata protezione delle strutture rinvenute nel corso delle attività di scavo, come sopra descritto;
- controllo, riordino e informatizzazione del giornale di scavo, delle schede di U.S., del matrix e degli elenchi della documentazione grafica, fotografica e dei reperti;
- controllo e riordino della documentazione grafica e fotografica;
- redazione delle piante di US e di quelle generali, da eseguirsi a cura del Responsabile della documentazione grafica, sottoposta al controllo del Responsabile Scientifico;
- redazione della relazione finale a cura del Responsabile Scientifico;
- sistemazione definitiva dei reperti e consegna alla Soprintendenza secondo le indicazioni della D.S.

5.6 Durata delle prestazioni

Le attività sopra descritte dovranno essere sviluppate secondo quanto indicato nei singoli contratti attuativi, in particolare la durata delle prestazioni dovrà essere di volta in volta determinata analizzando le singole attività previste dal progetto.

5.7 Collaudo

È normato dal D.M. 159/2017, Titolo V, art. 24 e in particolare comma 4. il collaudo relativo alle indagini archeologiche dovrà essere fatto in corso d'opera, sempre che non sussistano le condizioni per il rilascio del certificato di regolare esecuzione.

L'organo di collaudo dovrà comprendere anche un tecnico con la qualifica di archeologo in possesso di specifica esperienza e capacità professionale coerenti con l'intervento con esperienza almeno quinquennale e in possesso di specifiche competenze coerenti con l'intervento.

5.8 Oneri dell'appaltatore

Saranno a totale carico dell'appaltatore:

- l'impianto e conduzione del cantiere;
- la pulizia e predisposizione dell'area di indagine;

- la fornitura della documentazione grafica e fotografica nei vari periodi del corso d'opera, nel numero e nelle dimensioni indicate da ANAS SpA;
- la pulizia e la regolarizzazione delle superfici, scarpate, pareti, cigli e testimoni, l'apposizione dei riferimenti topografici e la cartellinatura dei riferimenti stratigrafici.

Sarà inoltre a totale carico dell'appaltatore la fornitura dei materiali e degli strumenti occorrenti per la realizzazione dei lavori di indagine archeologica, di documentazione archeologica e di immagazzinamento dei reperti, come:

- materiali per il rilievo: picchetti, mazzuolo, asticelle metalliche, cordino, chiodi, livelli ottici, livelle da filo, metri a stecca, scalimetri, squadre, goniometri, compassi con prolunga, etc.;
- materiali per la pulizia e la sistemazione dell'area: falcetti, rastrelli, cesoie, seghe, martelli, tenaglie, etc.;
- materiali da scavo: carrucole, palanche, pompa idrovora, carriole, mazze, picconi, zappe, pale, malepeggio, puntelli, zeppe, cazzuole, ganci per pulire muri, cucchiari, bisturi, sessole, palette, secchi, pennelli, spazzole, scopette, spruzzatori, chiodi, cartellini, pennarelli, setacci a mano c/o sospesi, bidoni e setacci per flottazione, sacchi di argilla espansa, rete frangivento, tela di juta, cassette metalliche per gli attrezzi, schede di US etc.;
- materiali per i reperti: cassette, cassette per le carote, scatole, sacchi e sacchetti, piccoli contenitori, cartellini, etichette, filo metallico plastificato, quaderni per classificare i reperti, inchiostro di china, tavoli e sgabelli, pennelli e porta pennelli, penne con pennino, forbici, cassette per gli attrezzi, cerchiometro, calibro, lente d'ingrandimento etc.;
- materiali per il disegno: griglie, paline, filo a piombo, livelle, bussole, tavolette, cordini per edilizia, scotch, puntine da disegno, rotelle da 20 metri, rotella da m 50, carta millimetrata, carta millimetrata a metraggio, fogli prestampati in carta da lucido o poliestere in varie dimensioni, plastica indeformabile di vario spessore, plastica a metraggio per disegni a contatto, mine, matite, gomme, matite colorate, retini etc.;
- materiali per documentazione informatica: computer, software di base tipo Microsoft Office, software specifici tipo CAD e GIS, supporti magnetici, altra attrezzatura hardware occorrente.

I materiali saranno della migliore qualità ed il più possibile compatibili con le indicazioni della stazione appaltante.

L'appaltatore è infine tenuto a comporre, per lo scavo stratigrafico, squadre con maestranze che abbiano documentata esperienza di lavoro di gruppo, e resta responsabile di ogni mancato conseguimento di risultato che derivi dal mancato affiatamento di queste.

6. PRODUZIONE DEGLI ELABORATI: SPECIFICHE TECNICHE

Tutte le attività, indagini indirette e indagini dirette, dovranno essere corredate dalla relativa documentazione scientifica.

Gli elaborati grafici dovranno normalmente essere prodotti su tavole di formato leggibile e concordato preventivamente con ANAS, impaginate con cartiglio approvato da ANAS, conformi ai possibili standard di plottaggio e dovranno inoltre essere resi disponibili su file. La fascia di indagine dovrà essere centrata rispetto alla planimetria. Le relazioni tecniche dovranno essere prodotte in formato UNI A4

con eventuali figure e tabelle integrate nel testo o in allegato. Gli elaborati grafici, allegati alla relazione, saranno redatti in formato A1 o A0 o A3 piegati in A4 a colori.

La codificazione di ciascun elaborato dovrà seguire le Istruzioni Operative ANAS e corrisponderà anche al nome del file corrispondente che verrà opportunamente evidenziato nel cartiglio.

Le specifiche di editing di dettaglio saranno concordate con ANAS durante il corso dei lavori ed in tempo utile per il completamento delle prestazioni.

6.1 Informatizzazione degli elaborati.

Tutti gli elaborati grafici dovranno essere informatizzati.

In particolare, i formati dei file consegnati dovranno essere compatibili con i seguenti software:

- AUTOCAD per la grafica 2D e 3D (versione 2010-2018);
- MS-WORD per Windows per la redazione dei testi;
- MS-EXCEL per Windows per il calcolo e la redazione di tabelle e/o grafici;
- Formati "raster" più diffusi (.pdf, .tif, .jpg, .pcx, .dwt, ecc) per i certificati e gli altri elaborati tecnici (certificati di calibrazione strumenti, grafici, ecc.), per le immagini e/o documenti a immagine.

Inoltre, il set di penne (file ctb) sarà fornito da ANAS e dovrà essere scrupolosamente rispettato dal Prestatore.

Ogni relazione redatta con MS-WORD o con MS-EXCEL dovrà essere contenuta in un unico file (o su più files, se di dimensioni eccessive). Tutti i grafici, disegni, figure, tabelle, tabulati, allegati, testi, fotografie presenti nel documento cartaceo dovranno essere altresì inseriti all'interno dello stesso file della relazione senza l'utilizzo di collegamenti o riferimenti su altri file.

I testi delle relazioni dovranno essere forniti anche in formato .pdf/A, tali da permettere la stampa di quanto consegnato su carta, senza la necessità di operazioni di successivo assemblaggio, mentre le tavole dovranno essere fornite in formato sia .pdf/A, sia *.dwg (ogni elaborato su un singolo file), sia nelle forme richieste dalle Soprintendenze competenti nei cui territori ricade l'opera in progetto ed indicate di volta in volta nei singoli contratti attuativi; infatti sono oramai diverse le Soprintendenze che hanno creato sistemi specifici (per esempio il webGIS RAPTOR nelle Regioni Piemonte, Lombardia, Veneto, ecc.) disponibili nei relativi siti internet ufficiali, nei quali è previsto un accesso diretto e personalizzato delle ditte archeologiche "affinché possano riversare, secondo standard precostituiti e possibilmente condivisivi, il materiale digitale pertinente alla documentazione, implementando dinamicamente sia i dati alfanumerici, sia geografici." (da Sitografia portali Soprintendenze nelle regioni citate).

A tal proposito si richiede di fornire il puntuale posizionamento e l'areale delle indagini effettuate, nonché dei relativi esiti, in formato vettoriale ESRI shapefile *.shp.

Gli elaborati grafici progettuali dovranno essere redatti in modo tale da consentirne la riduzione in formato A3 senza che la loro leggibilità venga alterata.

6.2 Consegna degli elaborati

La documentazione cartacea, grafica e fotografica dell'attività di studio, progettazione ed esecuzione delle indagini e degli scavi archeologici dovrà essere consegnata secondo quanto prescritto nelle schede delle attività. La consegna avverrà sempre e comunque in formato cartaceo e su supporto informatico (DVD contenente la versione originale dei file e una in .pdf pronta per la stampa). La scelta

del formato, dei contenuti, e delle modalità di restituzione degli elaborati della documentazione grafica e fotografica (cfr. supra), dovrà essere preventivamente concordata con ANAS ed approvata da quest'ultima.

Tutti gli elaborati dovranno essere così presentati:

- n. 1 copia su CD-ROM o DVD in versione editabile;
- n. 1 copia su CD-ROM o DVD in versione non editabile;
- n. 1 copia su supporto cartaceo (elaborati grafici piegati, relazioni fascicolate).

Quantitativi e modalità diversi, in diminuzione rispetto a quanto sopra elencato, potranno essere previsti solo su indicazione di ANAS.

7. PRESCRIZIONI DI ASSICURAZIONE QUALITÀ E SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE

7.1 Obiettivi - Campo di Applicazione - Documenti Correlati

L'Affidatario è tenuto, nell'espletare le attività connesse al presente Contratto, ad applicare un Sistema Qualità conforme alla Norma UNI EN ISO 9001.

7.2 Onnicomprensività del compenso

L'Affidatario riconosce che tutti i corrispettivi connessi con l'applicazione del presente capitolato, comprendono e compensano gli oneri derivanti da tutte le prescrizioni ivi ordinata e che pertanto in nessun caso potrà richiedere e/o pretendere ulteriori compensi a tale titolo.

7.3 Prescrizioni generali

L'Affidatario è tenuto ad organizzare e a gestire le attività necessarie alla esecuzione dell'incarico oggetto del Contratto sulla base di un Programma Esecutivo Dettagliato (P.E.D.) che dovrà essere trasmesso al Referente di ANAS entro e non oltre 5 giorni dalla data di sottoscrizione del verbale di avvio dell'esecuzione dei lavori. ANAS può richiedere modifiche/integrazioni di detto piano che dovranno essere tempestivamente recepite dall'Affidatario. L'Affidatario deve produrre un modello di Programma Esecutivo Dettagliato entro 20 giorni dalla stipula dell'Accordo Quadro; tale modello, a seguito di approvazione di ANAS, dovrà essere successivamente consegnato con la pianificazione delle attività specifiche relative al singolo Contratto Applicativo. Il Programma Esecutivo Dettagliato dovrà indicare i tempi, le risorse, i mezzi e le attrezzature da utilizzare per lo sviluppo dello specifico incarico, definire la struttura organizzativa che provvederà allo sviluppo delle attività di supporto specialistico richieste e indicare il nominativo del Responsabile delle attività contrattuali e dei Responsabili delle eventuali funzioni coinvolti. Per ognuna della figure devono essere definiti ruoli e responsabilità. L'Affidatario deve inoltre descrivere nel documento le modalità operative che intende mettere in atto per garantire il rispetto dei tempi di esecuzione delle attività e delle prestazioni attese.

Il documento deve essere sviluppato in coerenza con i contenuti delle specifiche applicabili del Sistema di gestione Qualità di ANAS.

7.4 Gestione delle Non Conformità (NC)

L'Affidatario è tenuto a gestire le NC riscontrate secondo le prescrizioni della norma UNI EN ISO 9001 e le procedure del proprio Sistema Qualità. L'Affidatario deve provvedere alla gestione delle NC da esso stesso rilevate ma anche segnalate da ANAS o da enti terzi. L'Affidatario è tenuto ad aprire le Non Conformità mediante relativo rapporto entro 24 ore dal momento della rilevazione e a darne comunicazione ad ANAS.

7.5 Registrazione dei controlli

L'Affidatario, sulla base della documentazione di progetto, delle Specifiche tecniche e delle procedure di esecuzione delle attività è tenuto a conservare la documentazione di registrazione qualità (report, certificati della strumentazione utilizzata, rapporti e registri di non conformità, ecc.) prodotta nel corso delle attività, che deve essere tenuta a disposizione di ANAS e fornita su sua richiesta e comunque e alla conclusione di ogni contratto attuativo. L'Affidatario ha l'obbligo di inviare ad ANAS (tramite e-mail), entro e non oltre 5 cinque dalla sottoscrizione del verbale di avvio dell'esecuzione dei lavori, la programmazione di dettaglio delle attività che intende svolgere, indicando:

- data, luogo ed ora di svolgimento dell'attività;
- riferimenti del soggetto responsabile dell'attività per conto dell'Affidatario;
- descrizione dell'attività.

Non saranno contabilizzate attività e servizi o parti di essi per i quali:

- non siano stati formalmente presentati ed accettati da ANAS i documenti di registrazione della qualità;
- non risultino positivamente risolte e chiuse tutte le Non Conformità riscontrate;
- non siano stati effettuati i controlli previsti e formalmente accettati da ANAS.

Le operazioni di misura, prova e collaudo sono riconosciute valide solo se le apparecchiature utilizzate risultino tarate da centri SIT nazionali o altri Enti internazionali riconosciuti dall'EA (European Accreditation) ovvero, da laboratori qualificati a cura dell'Affidatario secondo i criteri previsti dalla Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura" garantendo comunque il riferimento alla catena metrologica SIT per i campioni utilizzati per la taratura. Qualora la strumentazione non richieda la taratura di enti esterni saranno riconosciute valide le caratteristiche indicate nelle schede tecniche del produttore. I codici identificativi degli strumenti di misura utilizzati devono essere indicati nei documenti di registrazione che attestano le prove eseguite.

7.6 Verifiche Ispettive

ANAS si riserva il diritto, in qualunque momento, di effettuare verifiche ispettive al fine di accertare il soddisfacimento delle prescrizioni contrattuali e per valutare il rispetto delle prescrizioni di qualità e il grado di efficienza del Piano Esecutivo di Dettaglio predisposto dall'Affidatario. Le eventuali Non Conformità rilevate nel corso delle verifiche devono essere risolte mediante un Piano delle Azioni Correttive, che riporta le azioni e i tempi per risolvere le criticità, da inviare ad ANAS per approvazione.

7.7 Sistema di Gestione Ambientale (UNI EN ISO 14001:2004)

Le attività di indagine e scavo archeologico e le connesse attività di bonifica da ordigni bellici dovranno garantire la conformità dei requisiti del Sistema di Gestione Ambientale sviluppato da ANAS per adesione volontaria alla UNI EN ISO 14001, per attuare la propria Politica Ambientale e gestire i propri aspetti ambientali. In particolare, le attività dovranno avvenire nel rispetto dei contenuti del Manuale Integrato Qualità, Ambiente, Salute e Sicurezza.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it



STRUTTURE TERRITORIALE/DIREZIONE

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto - Parte 2

IT.PRL.05.09 – Rev. 1.0

**INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE
ANALISI DI RISCHIO**

**PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA
SCAVO**

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers. Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima Emissione	SETTEMBRE 2020

INDICE

1	PREMESSA	6
2	PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
2.1	Manuali e linee guida	7
3	PRESCRIZIONI ESECUTIVE/ONERI DELL'ESECUTORE	7
4	ACCERTAMENTO DI QUALITA' DEI GAS NEI TERRENI (SOIL GAS)	8
4.1	Sistemi di campionamento	8
4.2	Numero minimo dei punti di campionamento e posizionamento	8
4.3	Interasse tra i punti di campionamento	9
4.4	Installazione di sonde di monitoraggio "nesty probes"	9
4.5	Materiale di costruzione della sonda	9
4.6	Configurazione costruttiva della sonda	10
4.7	Modalità di campionamento	11
4.8	Linea di campionamento	11
4.9	Spurgo del sistema di campionamento	12
4.10	Portata campionamento soil gas	13
4.11	Frequenze campionamento	13
4.12	Registrazione delle condizioni ambientali ed idrologiche	13
4.13	Trasporto e Conservazione dei campioni di soil gas	14
5	ACCERTAMENTO DI QUALITA' DEI TERRENI	14
5.1	Esecuzione dei pozzetti esplorativi	15
5.2	Descrizione	15
5.3	Modalità di campionamento da pozzetto esplorativo	16
5.4	Modalità di esecuzione delle perforazioni (sondaggi ambientali/microcarotaggi)	17
5.5	Descrizione	17
5.6	Modalità di campionamento dei terreni da sondaggio ambientale/geognostico/microcarotaggio	20
5.7	Criteri da adottare per l'analisi dei composti volatili	22
5.8	Criteri da adottare per l'analisi dei composti non volatili	22
5.9	Conservazione dei campioni di terreno	22
6	ACCERTAMENTO DI QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE	23

6.1	Installazione dei pozzi di monitoraggio	23
6.2	Modalità di campionamento delle acque sotterranee	24
6.3	Misure freaticometriche	24
6.4	Spurgo dei pozzi di monitoraggio	24
6.5	Campionamento delle acque sotterranee	25
7	PHYTOSCREENING	26
8	RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO DEI PUNTI DI INDAGINE	27
9	ANALISI DI LABORATORIO	27
9.1	Caratterizzazione gas interstiziali	27
9.2	Caratterizzazione ambientale suolo, sottosuolo e acque sotterranee	27
9.3	Caratterizzazione ambientale in aree di servizio carburante	27
9.4	Omologa per terre e rocce da scavo da smaltire come rifiuto	29
10	PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	30
11	ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA	31
12	PIANO DI UTILIZZO TERRE E ROCCE DA SCAVO	31
12.1	Caratterizzazione terre e rocce e delle acque interessate dallo scavo	32
12.2	Contenuti minimi della relazione tecnica	33
12.3	Schede ed allegati cartografici	35
12.4	Schede descrittive dei siti di produzione/utilizzo	35
12.5	Schede descrittive dei siti potenzialmente inquinati	36
12.6	Schede descrittive dei pozzetti esplorativi/sondaggi ambientali	36
12.7	Schede descrittive dei siti di estrazione	36
12.8	Inquadramento urbanistico (preferibilmente in scala 1:5.000)	37
12.9	Carta geologica e geomorfologica (preferibilmente in scala 1:5.000)	37
12.10	Carta idrogeologica (preferibilmente in scala 1:5.000)	37
12.11	Planimetria ubicazione siti potenzialmente inquinati (preferibilmente in scala 1:5.000/1:2.000)	37
12.12	Planimetria ubicazione dei siti campionati (preferibilmente in scala 1:5.000)	38
12.13	Planimetria ubicazione siti di produzione/utilizzo, aree di cantiere e viabilità di servizio (preferibilmente in scala 1:5.000/1:2.000)	38

- | | | |
|-------|--|----|
| 12.14 | Planimetria ubicazione con impianti, sottoservizi sia presenti che smantellati e da realizzare (preferibilmente scala 1:5000 1:2000) | 38 |
| 12.15 | Elaborazione profili di scavo e/o riempimento (pre e post operam); | 38 |

1 PREMESSA

La presente Sezione del Capitolato descrive l'insieme delle attività di caratterizzazione ambientale delle matrici terreno, gas interstiziale nel terreno e acque sotterranee che possono essere interessate dal tracciato stradale. Tali indagini forniranno i dati necessari per programmare una corretta gestione delle terre e rocce da scavo con la stesura del piano di utilizzo delle terre, ed eventuali interventi di messa in sicurezza, analisi di rischio ambientale e sanitaria ed interventi di bonifica.

Di seguito vengono indicate le attività previste per:

- accertamento dello stato di qualità ambientale del suolo, sottosuolo e acque sotterranee e terre e rocce da scavo da destinare al riutilizzo e/o da smaltire come rifiuto;
- prelievo di campioni da pozzetti esplorativi o sondaggi ambientali/geognostici/microcarotaggi;
- analisi di laboratorio;
- stesura di rapporti tecnici;
- analisi di rischio;
- stesura del Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo ("PdU") ai sensi del D.P.R. 120/2017 (se necessario).

2 PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si elenca di seguito la principale normativa di riferimento a cui si rimanda per maggiore approfondimento sugli argomenti trattati nell'ambito delle presenti Norme Tecniche:

- D.M. 05.02.1998 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;
- D.Lgs 03.04.2006 n. 152 e s.m.i. "Norme in materia ambientale";
- Decreto 05.04.2006 n. 186 "Regolamento recante modifica al D.M. 05.02.1998 - Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli art. 31 e 33 del D.lgs 05.02.1997 n. 22;
- D.Lgs. 16 marzo 2009, n.30 - Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento;
- D.Lgs 03.12.2010 n. 205 "Disposizioni di attuazione delle direttive 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio";
- D.M. 27.09.2010 e s.m.i. - "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 3 agosto 2005";
- Decisione 2014/955/UE che modifica la Decisione 2000/532/CE relativa all'elenco dei rifiuti ai sensi della Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio;

- Regolamento 2014/1342/UE "Regolamento recante modifica del regolamento CE n. 850/2004 del Parlamento Europeo e del Consiglio relativo agli inquinanti organici persistenti per quanto riguarda gli allegati IV e V";
- D.Lgs. 13 ottobre 2015, n.172 – Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque;
- D.M. Ambiente 12 febbraio 2015, n. 31 – Regolamento recante criteri semplificati per la caratterizzazione, messa in sicurezza e bonifica dei punti vendita carburanti;
- Decreto 24 giugno 2015 - Modifica del decreto 27 settembre 2010, relativo alla definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.
- D.P.R. 13 giugno 2017 n.120 – Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'art. 8 del decreto legge 12 settembre 2014, n.133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n.164.
- Decreto 28 marzo 2018, n.69 – Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di conglomerato bituminoso ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152;
- D. Lgs 03 settembre 2020, n. 121 – Attuazione della direttiva (UE) 2018/850, che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.

2.1 Manuali e linee guida

- Metodi Analitici per i fanghi – IRSA/CRR Quaderno 64 del gennaio 1985.
- Linea guida per le strategie di campionamento e l'elaborazione statistica e geostatistica dei dati ambientali, Provincia di Milano – 2006;
- Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati, APAT – 2006;
- "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati e alle discariche" – rev. 2 del 2008
- Linea guida operativa per il campionamento, il trasporto e l'analisi dei gas interstiziali nei siti contaminati, ARPA Emilia Romagna (2015)
- Protocollo operativo delle attività di phytoscreening, ARTA – 2015
- Fitofarmaci: Linee guida per la progettazione del monitoraggio di acque, sedimenti e biota, ISPRA 182/2018 – 2018;
- Linee guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee, ISPRA 174/2018 – 2018;
- "Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" Delibera n. 54 SNPA 2019.

3 PRESCRIZIONI ESECUTIVE/ONERI DELL'ESECUTORE

Per una corretta esecuzione delle indagini, l'Aggiudicatario è tenuto a garantire:

- l'apporto di un esperto in Indagini Ambientali incaricato per il coordinamento dello studio conoscitivo, la redazione del piano di indagini analitiche, e la stesura della relazione tecnica finale dello stato di inquinamento dei materiali provenienti dagli scavi;
- un servizio di assistenza tecnica da parte di professionista esperto e di gradimento della Stazione Appaltante per il prelievo dei campioni di terreno.

Inoltre l'aggiudicatario dovrà garantire l'esecuzione delle seguenti attività:

- Scelta delle imprese e dei laboratori, accreditati presso ACCREDIA, in modo da garantire un elevato livello di professionalità ed organizzazione interna.
- Predisposizione di un programma delle attività di indagine congruente con il cronoprogramma complessivo della progettazione;
- Acquisizione tempestiva dei certificati di cantiere (risultati delle prove, ecc.), ancorché in bozza, e trasmissione al Responsabile tecnico ANAS.

4 ACCERTAMENTO DI QUALITA' DEI GAS NEI TERRENI (SOIL GAS)

Lo studio della distribuzione delle concentrazioni delle sostanze contaminanti nei gas interstiziali (soil gas), e della loro variabilità nel tempo può costituire un supporto alle attività di caratterizzazione dei siti contaminati.

In particolare, il monitoraggio dei soil gas può essere previsto in fase di caratterizzazione, al fine di delimitare l'estensione della sorgente di contaminazione ed al fine di supportare l'individuazione dei punti di campionamento dei terreni e delle acque sotterranee.

La misura delle concentrazioni dei contaminanti presenti nei gas interstiziali può essere utile, inoltre, al fine di verificare il rischio potenziale associato all'inalazione, in ambienti aperti e confinati, di vapori provenienti dal terreno e/o dalla falda.

4.1 Sistemi di campionamento

Ai fini del campionamento dei gas interstiziali si propongono due diversi sistemi di rilevazione in relazione alle condizioni idrogeologiche locali:

- **Sonde permanenti/semipermanenti:** da installare all'interno di fori di sondaggio: sistema di campionamento da preferire ad altri, purché la loro installazione sia compatibile con le condizioni idrogeologiche locali (profondità della falda, porosità del terreno);
- **Flux chamber:** da utilizzare in presenza di terreni con una permeabilità molto bassa, tale da impedire la libera circolazione gassosa, ed in presenza di falde che impediscono la corretta installazione di sonde fisse.

Nel presente Capitolato si prevedrà l'installazione di sonde permanenti o semipermanenti.

4.2 Numero minimo dei punti di campionamento e posizionamento

Il campionamento di soil gas dovrà essere effettuato suddividendo le superfici da indagare in aree omogenee per presunta contaminazione, geologia e idrogeologia.

I punti di campionamento, realizzati attraverso l'installazione di sonde permanenti o semipermanenti, andranno posizionati, per ciascuna area omogenea, secondo i seguenti criteri:

- nel caso di sorgenti di contaminazione note, l'ubicazione dei punti di campionamento dovrà essere effettuata secondo uno **schema ragionato** (poligoni di Thiessen);
- nel caso in cui non si conoscano le sorgenti di contaminazione, i punti di campionamento potranno essere ubicati in **modo sistematico**, sulla base di un criterio di tipo casuale o statistico.

In ciascun sito potenzialmente contaminato, nel rispetto di quanto sopra riportato, dovranno essere eseguiti almeno 3 punti di campionamento di soil gas e, possibilmente, un ulteriore punto di campionamento in una zona di bianco.

4.3 Interasse tra i punti di campionamento

I punti di monitoraggio del soil gas in fase di caratterizzazione preliminare ai fini della valutazione dell'estensione della contaminazione avranno un interasse variabile tra i 15 ed i 50 m; nei casi di contaminazioni da idrocarburi, si consigliano interassi non superiori ai 10-20 m.

Laddove le distanze tra i punti di monitoraggio dovessero risultare diverse da quelle sopra indicate e nello specifico risultassero avere un interasse inferiore alla decina di metri, si dovrà verificare il raggio di influenza di ciascun punto di monitoraggio del soil gas al fine di valutare eventuali interferenze che potrebbero invalidare i campionamenti eseguiti.

4.4 Installazione di sonde di monitoraggio "nesty probes"

Ai fini di un corretto campionamento, e per garantire un adeguato isolamento del sistema di misura soil gas dall'aria esterna, la sonda (soil gas probe) andrà posizionata nel terreno insaturo ad una profondità di almeno 1 m dal p.c., e preferibilmente ad una profondità di 1,5 m da p.c., al fine di ridurre la probabilità di ingressi di aria esterna durante le fasi di campionamento.

La profondità della sonda dovrà comunque essere tale da risultare sempre a ca. 1 m al di sopra della frangia capillare facendo riferimento al massimo livello piezometrico rilevato nei monitoraggi delle acque sotterranee.

4.5 Materiale di costruzione della sonda

Le sonde permanenti o temporanee dovranno essere installate all'interno di fori di sondaggio realizzati con metodi di perforazione a rotazione (esclusi metodi a rotazione a fluido o ad aria) o percussione e utilizzando i medesimi accorgimenti presi per la realizzazione dei piezometri.

Le sonde devono essere realizzate con materiali inerti e non porosi, in **Tabella 1** sono riportati i materiali utilizzabili e le relative incompatibilità con alcune sostanze.

Tabella 1 - Materiale sonda

Materiale sonda	Note
Acciaio inossidabile	Materiale largamente utilizzato. Non adatto al campionamento di acido solfidrico
PVC	Non adatto in presenza di composti clorurati
Polietilene (LDPE-HDPE)	Sconsigliato poiché permeabile ai gas

4.6 Configurazione costruttiva della sonda

Le sonde permanenti o temporanee dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- **Diametro sonda:** per minimizzare i volumi di spurgo si dovranno utilizzare i diametri nel range 3÷25 mm (da 1/8" a 1").
- **Tratto filtrante sonda:** lo spessore del tratto filtrante deve risultare di alcune decine di cm e, per sonde poste alla profondità di 1,5 m dal p.c., il tratto filtrante è di regola pari a 30 cm, ossia pari ad 1/5 della lunghezza del sondaggio.

Di seguito si riporta lo schema del materiale di riempimento da utilizzare nell'intercapedine foro di sondaggio – sonda, valido per una sonda posta alla profondità di 1,5 m (cfr. **Figura 1**).

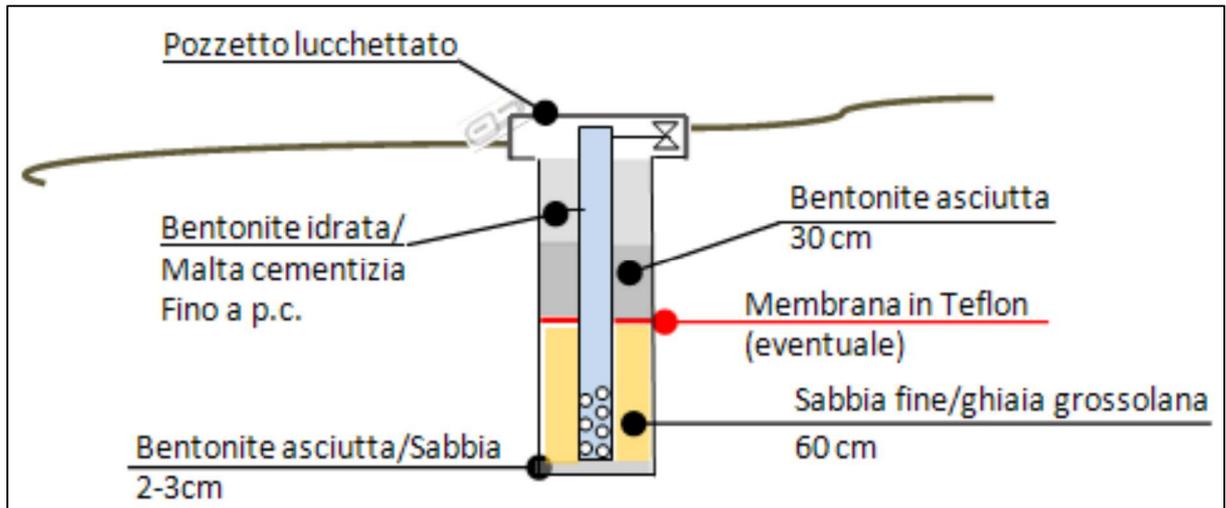
Fondo foro:

- Isolato dal terreno sottostante con bentonite asciutta per qualche centimetro o, in alternativa posa di qualche centimetro di sabbia grossolana/ghiaia per drenare il fondo e non aspirare piccole particelle di particolato.

Riempimento intercapedine foro – sonda:

- Strato drenante da realizzarsi con sabbia grossolana/ghiaia fine in corrispondenza del tratto filtrante della sonda, e per un'altezza pari al tratto fenestrato e fino a 30 cm al di sopra dello stesso;
- Membrana in Teflon (eventuale);
- 30 cm di bentonite non idrata;
- Bentonite idrata/miscela cementizia fino a piano campagna;
- Sigillatura della testa dei pozzetti con miscele bentonitiche/cementizie;
- Testa della sonda chiusa con valvola e allestita con innesto a T.

Figura 1 - Schema esemplificativo del riempimento dell'intercapedine foro-sonda



4.7 Modalità di campionamento

Successivamente all'installazione di sonde permanenti o semipermanenti, realizzate con metodi di perforazione a rotazione, al fine di garantire il progressivo riequilibrio dei gas interstiziali, sarà necessario attendere un tempo minimo di 48 h prima di procedere con le operazioni di spurgo e campionamento del soil gas.

4.8 Linea di campionamento

La sonda andrà dotata di una valvola collegata ad un raccordo a tre vie (sistema a T) dotato su ciascun ramo di valvola di esclusione, che consenta il campionamento in contraddittorio.

Al sistema a T andranno collegate le due linee di campionamento, dotate ciascuna di flussimetro posto in linea a valle del supporto di campionamento. A valle del flussimetro verranno posti il vacuometro e la pompa di aspirazione.

A monte del sistema di campionamento, se necessario, potrà essere posizionato un adeguato sistema di filtrazione della condensa eventualmente realizzato con un gorgogliatore vuoto o altro idoneo sistema.

Si raccomanda di proteggere la linea di campionamento dagli agenti atmosferici nel corso delle misure.

Per la linea di campionamento potranno essere utilizzati i materiali riportati nella successiva

Tabella 2 - Materiale linea di campionamento

Linea di campionamento Materiale tubazione	Note
Teflon [®]	Materiale raccomandato
Polieterchetone (PEEK)	
Nylaflow [®]	Scarsa capacità di recupero di naftalene
Rilsan [®]	
Rame	Solitamente non utilizzato
Silicone Tygon Neoprene Gomma HDPE LDPE	Materiali sconsigliati per permeabilità ai gas e rischio di contaminazione del campione

I materiali utilizzati per le linee di campionamento, dopo ciascun utilizzo, dovranno essere sottoposti a pulizia adeguata o sostituiti. Si sottolinea che la linea di campionamento predisposta in modo inadeguato potrà determinare l'invalidamento del campionamento.

4.9 Spurgo del sistema di campionamento

Prima di procedere al campionamento bisognerà effettuare lo spurgo dell'aria stagnante presente nel sistema di campionamento costituito dalla sonda e dalla linea di campionamento.

Il volume di spurgo (**VLC** – volume della sonda e linea di campionamento) è calcolato come il volume morto del sistema, definito come la somma:

- del volume della sonda di campionamento;
- il volume interno dei tubi della linea di campionamento;
- il volume dei pori dello strato drenante posto nell'intercapedine foro-sonda;
- il volume dei pori della bentonite asciutta.

Dovrà essere effettuato uno spurgo di 3 volumi di aria pari a 3 VLC.

Nella fase di spurgo (prima e dopo) si dovranno registrare le misure di O₂ e CO₂ ed è consigliabile registrare le misure di Metano e dei Composti Volatili fino alla stabilizzazione dei parametri CO₂ e O₂, o al raggiungimento del picco dei Composti Volatili.

Nel caso di terreni a bassa permeabilità, è consigliabile ridurre i volumi di spurgo, calcolandoli in modo empirico, ossia aspirando a portata costante il flusso di soil gas e, cronometrando mediante strumentazione da campo (gas analyzer, PID), il tempo entro cui si verifica la stabilizzazione dei parametri CO₂ e O₂, oppure il tempo entro cui viene raggiunto il picco dei Composti Volatili.

Il tempo entro cui occorrono le condizioni anzidette determinerà il tempo di spurgo e, nota la portata di aspirazione, sarà noto anche il volume di aria aspirato.

Lo spurgo dovrà essere eseguito preferibilmente con pompe a basso flusso, con portata variabile nel range 0,1-0,2 l/min ed applicando al sistema una depressione di 25 mbar; nel caso in cui lo spurgo venga effettuato con strumentazione da campo, tipo Gas Analyzer/PID, la portata di aspirazione risulterà maggiore e pari a 0,5÷0,6 l/s.

Poiché lo spurgo determina un disequilibrio del sistema, prima del campionamento è consigliabile attendere un tempo di riequilibrio pari a 2 minuti per ogni litro di soil gas aspirato.

4.10 Portata campionamento soil gas

Il campionamento del soil gas dovrà essere eseguito con pompe a basso flusso, con portata variabile preferibilmente nel range 0,1-0,2 l/min e fino ad un massimo di 0,5 l/min, sempre che sia garantito l'equilibrio del sistema, applicando una depressione di 25 mbar.

La portata di campionamento andrà monitorata in continuo inserendo nella linea di campionamento un flussimetro calibrato, in alternativa dovranno essere utilizzate pompe personali calibrate con dumper.

Nel caso di campionamento in contraddittorio la portata di aspirazione del soil gas dovrà essere comunque variabile nel range 0,1-0,2 l/min e fino ad un massimo di 0,5 l/min, verranno pertanto raddoppiati i tempi di campionamento per garantire un adeguato volume di aspirazione ad entrambi i campioni.

In questo caso ciascuna linea di campionamento dovrà essere dotata di flussimetro in linea.

4.11 Frequenze campionamento

E' necessario effettuare almeno 4 campagne di monitoraggio soil gas, una per stagione meteorologica, a meno di indicazioni diverse dettate dalla specificità del caso in esame.

Almeno una delle campagne dovrà effettuarsi nella stagione secca a distanza di almeno 2 gg da una precipitazione significativa.

Il campionamento dei gas interstiziali andrà effettuato a temperatura ambiente superiore a 0°C.

In condizioni metereologiche particolari, che non consentono di rispettare le indicazioni su riportate, si potrà decidere di effettuare eccezionalmente solo 2 campagne di monitoraggio, di cui almeno una da effettuarsi nella stagione estiva.

4.12 Registrazione delle condizioni ambientali ed idrologiche

Nel corso del campionamento del soil gas andranno registrati i seguenti dati:

- data ultima pioggia;
- umidità aria;
- temperatura dell'aria;
- pressione atmosferica;
- velocità e direzione del vento;
- O₂ in aria;
- CO₂ in aria;
- temperatura del soil gas;
- O₂, CO₂, del soil gas (da registrarsi prima e dopo lo spurgo, prima e dopo il campionamento).

E' preferibile effettuare contestualmente al monitoraggio del soil gas il monitoraggio delle acque sotterranee nei piezometri significativi, avendo cura di procedere preliminarmente al campionamento del soil gas per non creare un disequilibrio al sistema.

In ogni caso si dovrà procedere a rilevare nei piezometri significativi i seguenti dati:

- livello piezometrico;
- temp acque sotterranee.

4.13 Trasporto e Conservazione dei campioni di soil gas

Dopo il campionamento le fiale dovranno essere chiuse con gli appositi tappi di plastica a tenuta (si sconsiglia l'uso di fiale con estremi a rottura), eventualmente avvolte in carta stagnola e poste in barattoli in vetro con tappo a vite e letto di carbone attivo granulare, i quali dovranno essere opportunamente sigillati, oppure, chiuse e poste in contenitori a tenuta (buste sigillabili, vasetti in vetro).

Al fine di evitare la degradazione delle sostanze fotosensibili, i campioni dovranno essere conservati ad una temperatura di 4 °C sia durante che dopo il trasporto.

Le analisi di laboratorio dovranno essere eseguite al max entro 15 giorni.

Per ogni lotto di fiale usato per il prelievo dovrà pervenire al laboratorio una fiala vergine dello stesso lotto, al fine di determinare eventuali contaminazioni non riferibili al prelievo effettuato.

5 ACCERTAMENTO DI QUALITA' DEI TERRENI

Di seguito si indicano le modalità di esecuzione dei pozzetti esplorativi, dei sondaggi ambientali (o microcarotaggi) e dei pozzi di monitoraggio, nonché le modalità di prelievo dei campioni di terreno.

La qualità dei risultati delle analisi chimiche può essere fortemente compromessa da una esecuzione non corretta delle fasi di perforazione, campionamento, conservazione e trasporto dei campioni, occorre quindi che queste attività siano sottoposte ad un controllo di qualità mirato a garantire:

- l'assenza di contaminazione derivante dall'ambiente circostante o dagli strumenti impiegati per il campionamento e prelievo;

- la pulizia degli strumenti e attrezzi usati per la perforazione;
- l'assenza di perdite di sostanze inquinanti dalle attrezzature utilizzate per lo scavo, la perforazione e dalle pareti dei campionatori;
- la protezione del campione da contaminazione derivante da cessione dei contenitori;
- un'adeguata temperatura al momento del prelievo per evitare la dispersione delle sostanze volatili;
- un'adeguata temperatura di conservazione dei campioni;
- l'assenza di alterazioni biologiche nel corso dell'immagazzinamento e conservazione;
- l'assenza in qualunque fase di modificazioni chimico-fisiche delle sostanze.

Per ogni attività prevista e descritta di seguito, dovrà essere espressamente individuato il responsabile della stessa, che garantirà le corrette modalità esecutive.

5.1 Esecuzione dei pozzetti esplorativi

5.2 Descrizione

L'esecuzione dei pozzetti per l'indagine ambientale dei terreni sarà preceduta da una verifica de visu della presenza di eventuali sottoservizi. Qualora venissero individuati nel corso delle indagini in sito, potrà essere necessario apportare delle variazioni alla posizione dei pozzetti, fermo restando che ogni modifica sarà concordata con la Committenza.

Le attività di scavo dovranno essere effettuate senza creare pregiudizio agli interventi e alle opere di prevenzione, messa in sicurezza, bonifica e ripristino necessarie ai sensi del Titolo V, della Parte IV, e della Parte VI del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e nel rispetto della normativa vigente in tema di salute e sicurezza dei lavoratori. Inoltre dovranno essere adottate le precauzioni necessarie a non aumentare i livelli di inquinamento delle matrici ambientali interessate e, in particolare, delle acque sotterranee soprattutto in presenza di falde idriche superficiali.

Le eventuali fonti attive di contaminazione, quali rifiuti o prodotto libero, rilevate nel corso delle attività di scavo, dovranno essere rimosse e gestite nel rispetto delle norme in materia di gestione dei rifiuti.

L'esecuzione dei pozzetti esplorativi dovrà essere eseguita con la massima accortezza con mezzi meccanici e/o manualmente in presenza di sottoservizi. Lo scavo con pala meccanica dovrà essere effettuato con l'ausilio di un operatore a terra che assista, munito di idonei utensili (piccone, badile, ecc.), allo scavo e possa verificare la presenza di eventuali sottoservizi. Il mezzo meccanico impiegato dovrà essere tale da garantire il raggiungimento della profondità almeno di 2 m dal p.c. Il ricorso allo scavo manuale non potrà avvenire per profondità superiori a 1,5 m dal p.c. in assenza di appropriati sistemi di protezione delle pareti dello scavo.

Lo scavo dovrà avvenire in maniera tale da preservare le proprietà naturali del sottosuolo, consentire la ricostruzione litostratigrafica dei terreni investigati e la raccolta di campioni rappresentativi.

Il mantenimento dello scavo aperto per la durata del campionamento, comporta l'obbligo di adeguati provvedimenti contro infortuni e danni a terzi, rispettando la normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro. Compilate le indagini, lo scavo dovrà essere completamente richiuso con lo stesso materiale precedentemente asportato. L'occlusione definitiva degli scavi deve essere condotta ripristinando lo stato dei luoghi in modo da non alterare il naturale deflusso delle acque superficiali e/o sotterranee e non pregiudicare la stabilità dei versanti interessati e/o di manufatti posti in prossimità.

L'Affidatario è tenuto a garantire la presenza a tempo pieno in cantiere di un tecnico qualificato (Geologo o Ingegnere Ambientale o Chimico).

5.3 Modalità di campionamento da pozzetto esplorativo

Le attività di campionamento dovranno essere eseguite ai sensi di quanto riportato nell'Allegato 2 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e del D.P.R. 120/2017.

Per la formazione dei campioni da ciascun pozzetto esplorativo si farà ricorso a campioni composti prelevati dalla parete di scavo per ciascun metro di profondità avendo cura di valutare la percentuale in massa degli elementi di origine antropica (eventuale terreno di riporto).

Al fine di considerare una rappresentatività media, si prospettano le seguenti casistiche:

- campione composito di fondo scavo;
- campione composito su singola parete o campioni composti su più pareti in relazione agli orizzonti individuabili e/o variazioni laterali;
- campione ricavato dall'intera profondità di scavo in ciascun pozzetto per l'omologa del rifiuto.

Per scavi superficiali, di profondità inferiore a 2 metri, i campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche sono almeno due: uno per ciascun metro di profondità.

Il terreno scavato da ciascun pozzetto esplorativo (es.: 2 m di profondità) verrà abbancato in modo da formare 2 cumuli posti ad una distanza idonea dal ciglio dallo scavo (non meno di 1 m) al fine di non pregiudicare la stabilità dello stesso.

Ciascun metro di scavo dovrà essere caratterizzato in modo da ottenere un campione composito che per quartatura darà il campione finale da sottoporre ad analisi chimica. Ogni singola aliquota che andrà a comporre il campione dovrà essere uguale alle altre in termini di volume e peso. In particolare si procederà unendo tutte le aliquote che comporranno il campione (preventivamente omogeneizzate tramite quartatura), successivamente, con l'aiuto di una paletta di acciaio inossidabile, o con palette usa e getta, si omogeneizzerà il campione manualmente.

Da ciascun pozzetto verrà prelevato anche un campione composito finalizzato all'ottenimento dell'omologa del rifiuto che sarà rappresentativo dell'intera profondità di scavo. Il campione per

analisi tal quale e test di cessione può essere ottenuto con le modalità precedentemente indicate unendo successivamente le aliquote provenienti da ciascun metro. La quantità del campione finale non dovrà essere inferiore a 2,5 kg.

Nella formazione del campione da inviare alle analisi di laboratorio occorre tenere presente alcuni accorgimenti, in particolare:

- identificare e scartare materiali estranei che possano alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.), indicandoli opportunamente nel rapporto di campionamento;
- al fine di ottenere un campione omogeneo e rappresentativo, la frazione granulometrica superiore ai 2 cm sarà scartata in campo, ad eccezione dei campioni tal quali di terreno da destinare ad omologa rifiuto. Qualora si abbia evidenza di una contaminazione antropica anche del sopravaglio le determinazioni analitiche saranno condotte sull'intero campione, compresa la frazione granulometrica superiore ai 2 cm, e la concentrazione sarà riferita allo stesso;

Per l'analisi di composti organici volatili sarà necessario prelevare del terreno subito dopo lo scavo (senza sottoporlo alla quarantazione) e conservarlo direttamente in una fiala (vial) dotata di tappo ermetico.

Dopo la formazione del campione lo stesso va immediatamente trasferito all'interno di frigo box termici mantenuto a circa 4°C con panetti refrigeranti congelati, fino al definitivo recapito (entro 24 ore) presso il laboratorio di analisi che sarà accreditato ACCREDIA.

Il responsabile delle operazioni di campionamento deve anche descrivere eventuali evidenze visive e olfattive di inquinamento e particolarità stratigrafiche e litologiche rilevabili dalle pareti dello scavo. Possibili campioni volti all'individuazione di eventuali contaminazioni ambientali (come nel caso di evidenze organolettiche) dovranno essere prelevati con il criterio puntuale.

L'elenco dei campioni inviati al laboratorio e delle analisi chimiche previste dovrà essere riportato su apposita scheda (Catena di Custodia) che accompagnerà i campioni nella spedizione.

5.4 Modalità di esecuzione delle perforazioni (sondaggi ambientali/microcarotaggi)

5.5 Descrizione

L'esecuzione dei sondaggi ambientali per l'indagine dei terreni sarà preceduta da una verifica di visu della presenza di eventuali sottoservizi. Qualora fossero individuati sottoservizi nel corso delle indagini in sito, potrà essere necessario apportare delle variazioni alla posizione dei pozzetti, fermo restando che ogni modifica sarà concordata con la Committenza.

I carotaggi devono essere effettuati, compatibilmente con la natura litologica dei terreni attraversati, con metodi di perforazione a secco, preferibilmente senza ricorrere all'ausilio di fluidi o fanghi e comunque evitando il più possibile fenomeni di surriscaldamento. Pertanto durante la perforazione, in particolare quando devono essere ricercati contaminanti volatili o termodegradabili, il terreno non deve subire surriscaldamento. La velocità di rotazione deve essere sempre moderata, in

modo da limitare l'attrito tra suolo e attrezzo campionatore, ovvero ricorrere a sistemi di percussione.

In caso di livelli di terreno contaminati, occorre porre molta attenzione, durante la perforazione, nell'evitare di attraversare il primo livello impermeabile in posto sottostante il livello di terreno inquinato. Il foro che verrebbe a crearsi metterebbe in comunicazione la zona contaminata superiore con quella sottostante in caso di dilavamento con acque meteoriche.

In alternativa all'esecuzione dei sondaggi, per il prelievo di campioni di terreno è ammessa l'esecuzione di microcarotaggi; la terebrazione potrà essere eseguita sia con l'impiego di attrezzatura portatile a percussione (drilling percussion set), con utilizzo di carotieri asolati del diametro di 50 mm e lunghezza utile di recupero di 1 m, sia mediante carotiere da 80 mm azionato da un martello a rotopercussione portatile munito di aste di prolunga in acciaio. Con entrambe le metodologie la perforazione dovrà essere eseguita a secco.

Nel corso delle perforazioni, sulle carote di terreno estratte oltre alle osservazioni standard (classificazione litologica, grado di umidità, consistenza, ecc.), dovranno anche essere effettuati dei test dello spazio di testa (TST)⁽¹⁾ in sito. Tali misurazioni saranno effettuate circa ogni metro di avanzamento mediante l'uso di un fotoionizzatore, in grado di rilevare, all'interno di una miscela gassosa, la presenza di concentrazioni anche minime (fino a 0,1 ppm) di composti organici volatili. Mediante queste analisi sarà possibile ottenere una valutazione preliminare in tempo reale dello stato di qualità del sottosuolo e ottimizzare quindi le successive operazioni di prelievo dei campioni da inviare in laboratorio.

In presenza di eventuali strati superficiali contaminati è consigliabile procedere alla perforazione sostenendo le pareti del perforo mediante una tubazione di rivestimento provvisoria (camicia di acciaio) ed approfondire il rivestimento man mano che avanza la perforazione stessa.

E' necessario segnalare e registrare ogni eventuale venuta d'acqua del foro, specificando la profondità, quantificando l'entità del flusso ed eseguire misure del livello piezometrico in corrispondenza delle più significative variazioni litologiche al fine di rilevare eventuali variazioni dei livelli idrici. Nel caso di perforazioni di durata superiore alla giornata, eseguire la misura del livello piezometrico a fine giornata e proteggere il foro da eventuali contaminazioni esterne; registrare il livello piezometrico anche il giorno successivo alla ripresa delle operazioni di perforazione.

Al termine della perforazione i fori di sondaggio dovranno essere riempiti con bentonite.

⁽¹⁾ Il TST permette di rilevare in modo speditivo alcune informazioni preliminari circa l'eventuale livello di contaminazione da composti organici volatili di un campione di acqua o di terreno. Viene eseguito riempiendo un contenitore di vetro, per metà della capacità, con il campione da analizzare. Dopo aver sigillato la bocca del contenitore con una pellicola di plastica, questo viene agitato per alcuni secondi. Con un fotoionizzatore portatile si misura, nello spazio di testa del contenitore (cioè nello spazio soprastante il campione), la concentrazione di composti organici che si sono in esso sviluppati. L'esito del TST, pur non essendo confrontabile con valori normativi di riferimento, è comunque correlabile con le concentrazioni di diversi composti volatili rilevabili nel campione con metodi più rigorosi e permette di orientare in modo mirato le indagini successive.

Particolare attenzione e cura andrà posta nelle operazioni di decontaminazione delle attrezzature utilizzate per il prelievo dei suoli e delle acque sotterranee, e precisamente:

- gli strumenti e le attrezzature impiegati nelle diverse operazioni devono essere costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modifichi le caratteristiche delle matrici ambientali e del materiale di riporto e l'eventuale concentrazione delle sostanze contaminanti;
- le operazioni di prelievo dei campioni devono essere compiute evitando la migrazione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata;
- controllare l'assenza di perdite di oli lubrificanti e altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le attrezzature utilizzate durante il campionamento; nel caso di perdite verificare che queste non producano contaminazione del terreno prelevato; riportare comunque le informazioni nel verbale di giornata;
- alla fine di ogni perforazione bisogna decontaminare tutti gli attrezzi e gli utensili che operano in superficie, mentre gli attrezzi e gli utensili che operano in profondità nel perforo devono essere decontaminati ad ogni "battuta" in modo da evitare fenomeni di contaminazione incrociata o perdita di rappresentatività del campione;
- prima di operare il prelievo garantire la pulizia di strumenti, attrezzi e utensili di perforazione rimuovendo completamente, sia internamente che esternamente, i materiali potenzialmente inquinanti che potrebbero aderire alle pareti degli strumenti; tali operazioni dovranno essere compiute mediante l'uso di idropulitrice con acqua in pressione e getti di vapore acqueo;
- in tutte le operazioni di decontaminazione sarà utilizzata acqua non contaminata di origine certa (acquedotto pubblico);
- nel maneggiare le attrezzature dovranno essere utilizzati guanti puliti per prevenire il diretto contatto con il materiale estratto (usare guanti monouso);
- per garantire che dopo le operazioni di decontaminazione l'acqua e l'umidità presenti sulle pareti esterne ed interne delle apparecchiature evaporino naturalmente, ricorrere all'uso alternato di due carotieri; nel caso in cui le condizioni climatiche non garantiscano l'evaporazione, procedere all'asciugatura con carta da filtro esente da contaminazione;
- in caso di pioggia durante le operazioni di estrazione è necessario garantire che il campione non sia modificato dal contatto con le acque meteoriche; le operazioni di prelievo possono essere eseguite solo nel caso si garantisca una adeguata protezione delle attrezzature e delle aree su cui sono disposti i campioni;
- per la decontaminazione delle attrezzature deve essere predisposta un'area delimitata e impermeabilizzata, posta ad una distanza dall'area di campionamento sufficiente ad evitare la migrazione dell'inquinamento delle matrici campionate;

- tutte le acque derivanti dall'attività di decontaminazione dell'attrezzatura saranno stoccate in appositi contenitori (bulk), caratterizzate e successivamente dovranno essere rimosse e gestite nel rispetto delle norme in materia di gestione dei rifiuti.

5.6 Modalità di campionamento dei terreni da sondaggio ambientale/geognostico/microcarotaggio

Le attività di campionamento, ai sensi di quanto riportato nell'Allegato 2 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e del D.P.R. 120/2017, devono rispettare alcune condizioni di base per potere ottenere campioni che rappresentino correttamente la situazione esistente nel sito.

In particolare:

- la composizione chimica del materiale prelevato non deve essere alterata a causa di surriscaldamento, di dilavamento o di contaminazione da parte di sostanze e/o attrezzature durante il campionamento;
- la profondità del prelievo nel suolo deve essere determinata con la massima accuratezza possibile;
- l'estrusione della carota dovrà avvenire senza utilizzo di fluidi;
- i terreni estratti dal carotiere saranno appoggiati sopra un telo di polietilene che verrà rinnovato ad ogni prelievo;
- il campione è composto da più spezzoni di carota rappresentativi dell'orizzonte individuato al fine di considerare una rappresentatività media;
- i campioni saranno preparati facendo uso di opportuna paletta di acciaio inox; la paletta di acciaio, dopo la preparazione delle aliquote previste per ogni singolo campione, sarà lavata e infine asciugata con carta;

Nel caso di prelievo di campione da sondaggio geognostico, prima dell'esecuzione del campione andrà arrestata l'eventuale perforazione a circolazione di fluido, effettuate delle manovre di pulizia del foro e successivamente eseguita la perforazione a secco ed a bassa velocità di rotazione per il prelievo della carota da cui ricavare il campione da sottoporre ad analisi chimica.

Per ogni posizione di prelievo è necessario eseguire preventivamente un rilievo stratigrafico di massima, allo scopo di evidenziare le variazioni degli orizzonti litologici della sezione da campionare, in modo che i campionamenti riguarderanno tutti i singoli strati omogenei, non trascurando quelli con evidenze organolettiche anomale.

Il campione di terreno dovrà essere prelevato dalla carota estratta dopo le osservazioni standard (classificazione litologica, colore, consistenza ecc.) e aver effettuato l'adeguata documentazione fotografica. Nel caso in cui si ricercassero i composti volatili si dovranno adottare i criteri riportati nel seguente Paragrafo 5.7. La descrizione della stratigrafia deve essere effettuata a cura di un geologo o ingegnere ambientale con provata esperienza nel campo delle indagini ambientali.

Si richiede di effettuare il prelievo di un campione per ogni strato litologicamente omogeneo, non trascurando quelli con evidenze organolettiche anomale. Nel caso siano presenti strati impermeabili, potenzialmente in grado di costituire una barriera alla diffusione verticale degli inquinanti, il campionamento dovrà limitarsi allo spessore superiore degli strati stessi, evitandone in ogni modo l'attraversamento.

La profondità d'indagine è determinata in base alle profondità previste degli scavi. I campioni da sottoporre

ad analisi chimico-fisiche sono almeno:

- campione 1: da 0 a 1 m dal piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due.

Per scavi superficiali, di profondità inferiore a 2 metri, i campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche sono almeno due: uno per ciascun metro di profondità.

Nella formazione del campione da inviare alle analisi di laboratorio occorre tenere presente alcuni accorgimenti, in particolare:

- identificare e scartare materiali estranei che possono alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.), indicandoli opportunamente nel rapporto di campionamento;
- al fine di ottenere un campione omogeneo e rappresentativo la frazione granulometrica superiore ai 2 cm sarà scartata in campo. Qualora si abbia evidenza di una contaminazione antropica anche del sopravaglio le determinazioni analitiche saranno condotte sull'intero campione, compresa la frazione granulometrica superiore ai 2 cm, e la concentrazione sarà riferita allo stesso;
- il campione di top-soil sarà prelevato tramite palette o spatole in acciaio nei primi 10 cm di terreno avendo cura di rimuovere l'eventuale manto erboso o altro materiale estraneo;
- omogeneizzare il campione per avere una distribuzione uniforme dei contaminanti (tale azione va evitata per le analisi dei composti organici volatili);
- suddividere il campione in più parti omogenee, adottando metodi di quartatura riportati nella normativa (IRSA-CNR, Quaderno 64 del gennaio 1985);
- il contenitore in cui riporre il campione deve essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante e deve essere conservato in luogo adeguato a preservarne inalterate le caratteristiche chimico-fisiche;
- l'aliquota di terreno da destinare al test di cessione va prelevata tal quale senza scartare l'aliquota superiore ai 2 cm;
- La quantità di ciascun campione finale (caratterizzazione ambientale e test di cessione) non dovrà essere inferiore a 2,5 kg.

Il responsabile delle operazioni di campionamento deve anche descrivere eventuali evidenze visive e olfattive di inquinamento e particolarità stratigrafiche e litologiche rilevabili dalla carota.

Le cassette catalogatrici utilizzate per la raccolta delle carote andranno fotografare, con una scala di riferimento e un numero di catalogazione con data e numero del sondaggio.

Ogni campione sarà prelevato in unica aliquota oppure in duplice o triplice aliquota (di cui una da destinare alle analisi di laboratorio, una per le autorità di controllo ed una per le possibili analisi di verifica) a seconda dei casi.

5.7 Criteri da adottare per l'analisi dei composti volatili

Per limitare la volatilizzazione, nella formazione del campione da predisporre per l'analisi dei composti volatili devono essere ridotti i tempi di esposizione all'aria dei materiali. Il prelievo dei campioni deve essere eseguito immediatamente sul tal quale, senza eseguire la vagliatura dei materiali procedendo comunque all'allontanamento manuale dei corpi estranei e della frazione grossolana eventualmente presenti. Su un'aliquota a parte dello stesso campione dovrà essere determinato il contenuto d'acqua, al fine di poter riferire la concentrazione dell'inquinante alla sostanza secca.

Per l'analisi di composti organici volatili sarà necessario prelevare del terreno subito dopo l'estrazione delle carote (senza sottoporlo alla quartazione), conservandolo direttamente in una fiala (vial) dotata di tappo ermetico.

5.8 Criteri da adottare per l'analisi dei composti non volatili

Le carote prelevate e disposte nella cassetta catalogatrice, rappresentano i terreni che vengono utilizzati per la formazione dei campioni. Nel caso in cui, al momento dell'estrazione del materiale o all'atto della perforazione, si rilevino evidenze che richiedono analisi specifiche, quali particolarità litologiche, strati di rifiuti o episodi di inquinamento, la formazione del campione dovrà avvenire su sezioni di spessore inferiore.

Il materiale utilizzato nella formazione del campione (porzione di una o più carote) deve essere omogeneizzato sul telo e prelevato sulla base delle tecniche di quartatura per ottenere un campione rappresentativo dell'intero strato individuato. Le operazioni di formazione del campione devono essere effettuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione.

5.9 Conservazione dei campioni di terreno

La scelta del contenitore in cui riporre il campione va effettuata in funzione delle caratteristiche dell'inquinante ricercato, in modo da garantire la minore interazione tra le sostanze inquinanti e le pareti del contenitore. Nei casi di inquinanti organici sono da utilizzarsi contenitori in vetro con

tappi a chiusura ermetica e sottotappi in teflon; ciascuna aliquota dei campioni di terreno sarà collocata in contenitori di vetro oscurato, di volume pari a 500 cm³ per la determinazione, di metalli, idrocarburi pesanti (C>12) e composti organici. Per l'aliquota del campione destinata alla ricerca di metalli possono essere impiegati anche contenitori in polietilene. Per la determinazione delle concentrazioni di idrocarburi leggeri (C≤12) sarà prelevato, per ciascuna campione, del terreno dalla carota estratta da porre in vial da 40 cm³ acidificata e pretrata in laboratorio. I contenitori devono essere completamente riempiti di campione, sigillati, contrassegnati esternamente evidenziando il numero del progetto, n. di aliquote che hanno concorso alla formazione del campione, il nome del punto di prelievo, la profondità di campionamento, la data e l'ora di prelievo e firma dell'addetto.

Dopo la formazione del campione lo stesso va immediatamente trasferito all'interno di frigo box termici mantenuto a 4° C con panetti refrigeranti congelati, fino al definitivo recapito (entro 24 ore) presso il laboratorio di analisi che sarà accreditato ACCREDIA. Nel caso siano da determinare inquinanti facilmente degradabili e volatili e la consegna dei campioni ai laboratori di analisi non possa avvenire in tempi brevi, si dovrà procedere alla conservazione dei campioni stessi in ambiente refrigerato. In subordine, sarà da considerare l'aggiunta di sostanze conservanti, che non interferiscano con le analisi.

L'elenco dei campioni inviati al laboratorio e delle analisi chimiche previste verrà riportato su apposita scheda (Catena di Custodia) che accompagnerà i campioni nella spedizione.

6 ACCERTAMENTO DI QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE

6.1 Installazione dei pozzi di monitoraggio

Nel foro di sondaggio che sarà attrezzato a pozzo di monitoraggio per le acque sotterranee dovrà essere installata una tubazione in PVC microfessurata (con aperture definite in funzione della granulometria effettiva dell'acquifero da filtrare) e cieca nelle porzioni insature. Il diametro della tubazione dovrà essere di 3-4" (pollici) con fondo chiuso attraverso fondello cieco impermeabile. La giunzione dei tubi dovrà essere realizzata avvitando i vari spezzoni di tubi con le estremità filettate (maschio - femmina) senza forzare l'avvitamento e deformare le estremità dei tubi, per garantire il passaggio degli strumenti di lettura dei livelli piezometrici e di campionamento delle acque.

Nello spazio anulare tra il tubo in PVC e la parete del foro sarà posato un filtro drenante costituito da ghiaietto siliceo uniforme di adeguata granulometria; la realizzazione del filtro verrà proseguita immettendo sabbia per uno spessore di 0,2 m al di sopra del tratto di tubazione microfessurata, seguita dal tappo impermeabile di bentonite per lo spessore di 0,5 m e dalla sigillatura dell'intercapedine del tratto cieco con miscela di cemento e bentonite fino a boccapozzo dotato di tappo a vite a tenuta.

Tutti i pozzi di monitoraggio saranno completati con chiusino carrabile o tubo metallico di protezione fuori terra con lucchetto, nel caso si utilizzi un chiusino carrabile il tappo del bocca pozzo dovrà essere chiuso con lucchetto. Le chiavi relative alle teste dei pozzi dovranno essere opportunamente custodite e messe a disposizione della Committenza.

Al fine di ripristinare la conducibilità idraulica naturale all'interno delle formazioni litologiche attraversate, il pozzo di monitoraggio installato sarà sviluppato mediante emungimento per rimuovere le particelle fini in grado di intasare il dreno ed intorbidire le acque sotterranee. L'emungimento, che dovrà essere eseguito tramite pompa sommersa o air lift, sarà protratto fino ad ottenimento di acqua chiara e comunque per il tempo necessario ad eliminare l'eventuale torbidità presente nelle acque sotterranee. I tubi utilizzati per il sollevamento dell'acqua dovranno essere in materiale plastico.

6.2 Modalità di campionamento delle acque sotterranee

Il campionamento delle acque sotterranee si articola nelle seguenti attività:

- misure freatimetriche;
- spurgo;
- campionamento.

6.3 Misure freatimetriche

In corrispondenza dei pozzi di monitoraggio da campionare, allo scopo di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica ed individuare, di conseguenza, la direzione di flusso locale delle acque sotterranee, sarà effettuato il rilievo plano-altimetrico (del p.c. e della testa pozzo) e la misura del livello piezometrico rispetto alla testa pozzo mediante sonda freatimetrica. In questa fase verrà effettuata anche la misura della profondità del pozzo di monitoraggio, allo scopo di verificare lo stato di conservazione e la possibilità di introdurre la strumentazione di misura e pompaggio. Tutte le misure dovranno essere effettuate prendendo come riferimento la testa della tubazione in PVC.

La misura della profondità della superficie freatica permetterà di calcolare lo spessore della colonna d'acqua all'interno di ciascun pozzo di monitoraggio e, conoscendo la profondità dello stesso, il volume di acqua da emungere prima di procedere alle operazioni di campionamento.

Nell'eventualità in cui si presenti prodotto idrocarburico surnatante si dovrà procedere alla misurazione dello spessore apparente mediante sonda interfase.

6.4 Spurgo dei pozzi di monitoraggio

Successivamente alla misura del rilievo freatimetrico verrà emunta l'acqua presente all'interno di ciascun pozzo e nel dreno al fine di garantire le condizioni di massima rappresentatività dei campioni prelevati (spurgo). Per questa operazione si potrà utilizzare una pompa sommersa a bassa portata (o in alternativa pompe peristaltiche, ad aria o gas inerte compressi) per evitare il trascinarsi di materiale fine, con rischio di intorbidimento dell'acqua e di abbassamento eccessivo del livello di falda.

Il pozzo sarà sottoposto ad adeguato spurgo (di circa 1 ora) per l'eliminazione dell'acqua contenuta in esso da considerarsi scarsamente rappresentativa della qualità della falda. Il campionamento delle acque potrà essere effettuato al raggiungimento delle seguenti condizioni:

- stabilizzazione del livello d'acqua nel piezometro;

- stabilizzazione dei parametri chimico-fisici misurati in continuo durante lo spurgo (pH, temperatura, conducibilità elettrica, RedOx, Ossigeno disciolto);
- valori di Torbidità inferiori a 70 NTU;

oppure:

- spurgo minimo di 3-5 volumi di colonna d'acqua contenuta nel piezometro;

Le acque di spurgo (insieme a quelle di decontaminazione di tutte le attrezzature) dovranno essere stoccate in sito all'interno di fusti a tenuta su supporto impermeabile (telo) e successivamente caratterizzate per essere rimosse e gestite nel rispetto delle norme in materia di gestione dei rifiuti.

6.5 Campionamento delle acque sotterranee

I campioni, come previsto dall'Allegato 2 al Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs 152/06, saranno prelevati in modalità dinamiche a basso flusso subito dopo l'effettuazione dello spurgo con una portata di emungimento pari a 0,5-1 l/min al fine di ridurre i fenomeni di modificazione chimico-fisica (quali il trascinarsi dei colloidi o reazioni di ossidoriduzione) ed evitare la volatilizzazione dei composti leggeri, ;

Qualora si sia in presenza di acquiferi poco produttivi si procederà al campionamento statico mediante campionatore monouso (bailer) in questo caso occorrerà evitare fenomeni di turbolenza e di aerazione sia durante la discesa del campionatore, sia durante il travaso del campione d'acqua nel contenitore specifico. Si procederà ad un campionamento statico con campionatore monouso anche nei pozzi di monitoraggio con eventuale presenza di prodotto surnatante per il prelievo selettivo del prodotto.

Dovrà essere prelevato un campione da ciascun pozzo di monitoraggio, ogni campione sarà prelevato in unica aliquota oppure in duplice o triplice aliquota (di cui una da destinare alle analisi di laboratorio, una per le autorità di controllo ed una per le possibili analisi di verifica) a seconda dei casi. Ogni contenitore sarà contraddistinto da un'etichetta in cui si riporta il nome identificativo del pozzo di monitoraggio e la data di prelievo. L'aliquota per la determinazione dei metalli sarà sottoposta a filtrazione (in campo) con filtro da 0,45 µm al fine di rimuovere i solidi in sospensione. Per le modalità di conservazione dei campioni vale quanto già indicato in precedenza per i campioni di terreno.

Al termine di ogni campionamento si provvederà alla decontaminazione di tutta l'attrezzatura utilizzata (pompa sommersa, cella di flusso, sonda multiparametrica, ecc.) tramite l'utilizzo di saponi industriali biodegradabili ed alla sostituzione della tubazione di adduzione.

Ad ogni campagna di monitoraggio verrà approntata l'apposita scheda di campo ove saranno registrati i seguenti dati di campionamento:

- numero del progetto;
- denominazione del campione (normalmente corrispondente al nome del pozzo ed alla data di campionamento in formato anno, mese e giorno) [es. PZ1-160112];
- Punto di campionamento (corrispondente al nome del pozzo);
- data ed ora del campionamento;
- quota della testa pozzo;
- profondità della superficie piezometrica rispetto alla testa pozzo;
- eventuale presenza di prodotto in fase separata e suo spessore apparente;
- profondità del pozzo;
- portata di emungimento dello spurgo;
- durata dello spurgo;
- volume indicativo di acqua rimossa durante lo spurgo;
- nome e cognome dell'operatore;
- eventuali altre note utili.

7 PHYTOSCREENING

Le tecniche di phytoscreening si basano sulla capacità dell'apparato radicale di assorbire i contaminanti, disciolti e trasportati dall'acqua di infiltrazione, di falda o dal soil-gas. Le sostanze così assorbite sono trasferite, dal moto verticale della linfa, per tutta la lunghezza del tronco fino a raggiungere la chioma (rami e foglie).

Poiché, in generale sono campionabili i tronchi di molte specie di alberi, quanto sopra sarà eseguito in corrispondenza di alberi con un tronco di diametro non inferiore ai 10-15 cm. Il campionamento avverrà sul tronco, piuttosto che dai rami.

Per il campionamento dei tronchi di albero si utilizzano campionatori incrementali quali, ad esempio, il succhiello di Pressler o il martello incrementale, comunemente utilizzati nelle misure forestali.

Il campione di tronco verrà prelevato a circa 1 metro dal p.c. Dopo aver raggiunto la profondità necessaria di campionamento, di solito non superiore ai 6 cm, viene estratta la carota e immediatamente riposta all'interno del vial con tappo in teflon. Il campione può essere ridotto in due o più frammenti e quindi riposto nel contenitore al fine di poter avere tutta la superficie del campione disponibile per l'estrazione con solvente. La conservazione per il trasporto dei campioni prelevati può essere eseguita senza particolari accorgimenti, infatti, è sufficiente riporli all'interno di borse termiche refrigerate equipaggiate con piastre eutettiche o frigoriferi portatili, mantenendo una temperatura costante intorno ai 4°C.

La lista dei contaminanti da ricercare andrà valutata includendo gli analiti:

- identificati nelle indagini preliminari;

- rinvenuti nelle matrici acque sotterranee, suolo superficiale e suolo profondo;
- associati alle attività svolte nel sito;
- prodotti dalla degradazione dei contaminanti presenti nel sito.

8 RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO DEI PUNTI DI INDAGINE

Su ciascun punto di indagine (suolo e acque sotterranee) andrà effettuato il rilievo piano altimetrico. Il sistema di riferimento da utilizzare sarà quello WGS84 nella rappresentazione UTM convertite nel sistema Gauss-Boaga, in ogni caso dovrà essere coerente con quelle del progetto in esame.

Il rilievo piano-altimetrico andrà eseguito anche in corrispondenza del p.c. e della testa pozzo dei pozzi di monitoraggio per le acque sotterranee allo scopo di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica ed individuare, di conseguenza, la direzione di flusso locale delle acque sotterranee.

9 ANALISI DI LABORATORIO

9.1 Caratterizzazione gas interstiziali

La lista dei contaminanti da ricercare deve includere i composti volatili:

- identificati nelle indagini preliminari;
- rinvenuti nelle matrici acque sotterranee, suolo superficiale e suolo profondo;
- associati alle attività svolte nel sito;
- prodotti dalla degradazione dei contaminanti presenti nel sito.

9.2 Caratterizzazione ambientale suolo, sottosuolo e acque sotterranee

Gli analiti che verranno ricercati, ai fini della caratterizzazione ambientale della matrice ambientale suolo, sottosuolo e acque sotterranee, saranno scelti dalla Committenza di volta in volta in base alla finalità dell'indagine, alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale, di inquinamento diffuso, nonché di possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera ed alla storia pregressa del sito (o su richiesta dell'autorità competente) tra quelli indicati nella Tabella 1 (per suolo e sottosuolo) e Tabella 2 (per acque sotterranee) dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

Le analisi chimico-fisiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite. Nell'impossibilità di raggiungere tali limiti di quantificazione saranno utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra.

9.3 Caratterizzazione ambientale in aree di servizio carburante

Nel caso di indagine ambientale in aree di servizio carburante il protocollo analitico minimo farà riferimento ai contaminanti indicati in Allegato 1 art. 3, comma 2, lettera c del D.M. Ambiente 12

febbraio 2015, n. 31 (short-list dei parametri da ricercare nelle aree interessate da attività di distribuzione carburante), riportate nelle seguenti tabelle per i terreni (**Tabella 3**) e per le acque sotterranee (**Tabella 4**).

Tabella 3 - Lista delle sostanze da ricercare per le sorgenti suolo superficiale e suolo profondo

Contaminante	Da ricercare
Idrocarburi C < 12 Idrocarburi C > 12 (C12-C40)	Sempre Speciazione MADEP solo su campione maggiormente rappresentativo che presenta superamento delle Csc per Idrocarburi C < 12 e C > 12, in considerazione delle sorgenti individuate
Benzene	Sempre
Toluene	Sempre
Etilbenzene	Sempre
Stirene	Sempre
Xilene	Sempre
Ipa indicati nell'allegato 5 del Dlgs 152/2006	Nel caso di presenza di sversamenti da serbatoi con olii pesanti con modalità da concordare con l'Ente di controllo
MTBE	Sempre (limite proposto da Iss) *
ETBE	Qualora non sia documentabile che nel sito non sono state utilizzate benzine contenenti tale additivo
Piombo	Nel caso che il punto vendita sia attivo da prima del 2002
Piombo tetraetile	Nel caso che il punto vendita sia attivo da prima del 2002 (limite proposto da Iss) **

* Il limite proposto da Iss per MTBE ed ETBE nei suoli verde pubblico e residenziali è 10 mg/kg ss e per i suoli industriali è 250 mg/kg ss (Parere del 2001 n. 57058 IA/12).
** Il limite proposto da Iss per piombo tetraetile nei suoli verde pubblico e residenziali è 0.01 mg/kg ss e nei suoli industriali è 0.068 mg/kg ss (Parere del 17 dicembre 2002 n. 49759 IA.12).

Tabella 4 - Lista delle sostanze da ricercare per le acque sotterranee.

Contaminante	Da ricercare
Idrocarburi totali espressi come n-esano	Sempre Speciazione MADEP solo su campione maggiormente rappresentativo che presenta superamento delle Csc per Idrocarburi totali espressi come n-esano, in considerazione delle sorgenti individuate
Benzene	Sempre
Toluene	Sempre
Etilbenzene	Sempre
Stirene	Sempre
Xilene	Sempre
Ipa indicati all'allegato 5 del Dlgs 152/2006	Nel caso di presenza di sversamenti da serbatoi con olii pesanti con modalità da concordare con l'Ente di controllo
MTBE	Sempre (limite proposto da Iss) *
ETBE	Qualora non sia documentabile che nel sito non sono state utilizzate benzine contenenti tale additivo
Piombo tetraetile	Nel caso che il punto vendita sia attivo da prima del 2002 (limite proposto da Iss) **

* Il limite proposto da Iss per MTBE ed ETBE nelle acque di falda è 40 µg/l (Parere del 12 settembre 2006 n. 45848).
** Il limite proposto da Iss per piombo tetraetile nelle acque è di 0.1 µg/l (Parere del 17 dicembre 2002 n. 49759 IA.12).

Nel caso in cui la ricostruzione delle attività svolte sul sito evidenziasse la presenza attuale e/o pregressa di attività di piccola manutenzione meccanica o assimilabili dovranno essere ricercati, nei

suoli e nelle acque sotterranee, anche i seguenti composti: Cloruro di vinile; 1,2-DCA (1,2 – Dicloroetano); TCE (Tricloroetilene); 1,2-DCE (1,2-Dicloroetilene).

Le analisi chimico-fisiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite. Nell'impossibilità di raggiungere tali limiti di quantificazione saranno utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra.

9.4 Omologa per terre e rocce da scavo da smaltire come rifiuto

Il protocollo analitico da applicare sui campioni di terreno per l'omologa rifiuto dovrà includere analisi sul tal quale e test di cessione per ammissibilità in discarica (D.Lgs. 121/2020) e impianto di recupero (D.M. del 05/02/1998 punto 7.31-bis modificato dal Decreto n° 186/06). Sulla base degli esiti delle analisi chimiche condotte (tal quale e test di cessione) e delle informazioni fornite dalla Committenza dovrà essere assegnato il Codice dell'Elenco Europeo dei Rifiuti (Codice CER) da attribuire al rifiuto, assegnare le caratteristiche di pericolosità, compresi i codici di pericolosità, e formulare il giudizio sulla ammissibilità del rifiuto in discarica e/o impianto di recupero con individuazione della relativa tipologia.

Di seguito si indica l'elenco, non necessariamente esaustivo, degli analiti da ricercare ai fini dell'omologa rifiuti, da integrare se necessario.

Su campione tal quale

- pH;
- Scheletro;
- Sostanza secca a 105°C;
- Ceneri 600°C;
- Metalli (As, Cd, Co, Cr, Cr VI, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn);
- BTEX;
- IPA;
- Idrocarburi pesanti, leggeri e totali;
- Amianto.

Test di cessione all'acqua

- Metalli (As, Sb, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Zn);
- Anioni (Cloruri, Fluoruri, Solfati);
- Indice di fenolo;
- Carbonio organico disciolto (DOC);

- Solidi disciolti totali (TDS).

Test di cessione

- Anioni (Nitrati, Fluoruri, Solfati, Cloruri);
- Cianuri totali;
- Metalli (Ba, Cu, Zn, Be, Co, Ni, V, As, Cd, Cr tot, Pb, Se, Hg);
- Amianto;
- COD;
- pH.

10 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

I risultati conseguiti nel corso delle attività di caratterizzazione ambientale eseguite verranno presentati nell'ambito di una Relazione Tecnica descrittiva, elaborata dall'Affidatario che riporti almeno i seguenti elementi fondamentali:

- Descrizione sintetica del sito;
- Localizzazione e tipologia del sito;
- Descrizione delle indagini eseguite, metodologie di campionamento e analisi effettuate;
- tabelle riepilogative dei risultati di laboratorio con indicazione delle metodiche, unità di misura, risultato, incertezza, valore limite, data di esecuzione delle analisi, accreditamento ACCREDIA confronto con le CSC (D.Lgs 152/06);
- rapporti di prova di laboratorio con indicazione delle metodiche di laboratorio adottate, unità di misura, valore della misura, incertezza di misura, valore limite, data di esecuzione delle analisi, accreditamento ACCREDIA confronto con le CSC (D.Lgs 152/06);
- commento/interpretazione dei risultati ottenuti in base al confronto con i limiti normativi di riferimento;
- indicazione del codice CER da attribuire ai campioni destinati alle analisi di caratterizzazione rifiuto, caratteristiche di pericolosità (codici H) e il giudizio sulla ammissibilità in discarica del rifiuto indicando la categoria di discarica (inerti, rifiuti non pericolosi o pericolosi) e l'impianto di recupero idoneo per il conferimento;
- documentazione fotografica delle operazioni di prelievo dei campioni;
- tabella riepilogativa dei rilievi plano-altimetrici realizzati;
- planimetria (in scala opportuna) con ubicazione georiferita di tutte le indagini ambientali realizzate.

11 ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA

Redazione di Analisi di Rischio sanitaria-ambientale si applicata ai siti contaminati, nel caso in cui siano stati registrati superamenti dei valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) indicati nelle tabelle 1 e 2 inserite in allegato 5, parte IV, titolo V del D.Lgs. 152/06. L'Analisi di Rischio, deve essere conforme con quanto riportato all'Allegato 1 alla parte quarta del Decreto Legislativo 152/2006 e condotta secondo le specifiche Linee Guida del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e secondo i criteri indicati nelle linee guida APAT (Criteri Metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio). Al fine dell'elaborazione dell'Analisi di Rischio dovranno essere utilizzati i software consigliati dagli Enti competenti con l'obiettivo di fornire uno strumento che ricalchi situazioni anche specifiche (es. SIN- Siti di Interesse Nazionale) in accordo con le procedure APAT-ISPRA e con quanto previsto dalla normativa vigente (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.).

L'Analisi di Rischio dovrà determinare le concentrazioni soglia di rischio (CSR), così come definite dall'Art. 240 comma 1 lettera c) del Decreto Legislativo 152/2006, per ciascun contaminante per il quale è stato registrato un superamento dei valori delle CSC, in fase di caratterizzazione del sito (modalità inversa- backward mode) e/o calcolare il rischio associato al bersaglio esposto derivante da una sorgente a concentrazione nota (modalità diretta- forward mode).

L'elaborazione dell'Analisi di Rischio deve includere anche le modifiche ed integrazioni, qualora richieste dagli Enti di controllo.

Il documento prodotto dovrà contenere:

- elaborazione dei risultati delle indagini eseguite e dei dati storici raccolti e rappresentazione dello stato di contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee;
- elaborazione del Modello Concettuale Definitivo:
 - identificazione delle sorgenti primarie e secondarie di contaminazione;
 - vie di migrazione delle sorgenti secondarie delle matrici ambientali;
 - bersagli della contaminazione (ricettori ambientali e ricettori umani);
 - parametrizzazione del Modello Concettuale del Sito.
- identificazione dei livelli di concentrazione residua accettabili e/o calcolo del rischio.

12 PIANO DI UTILIZZO TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il Piano di Utilizzo ("PdU") dovrà contenere tutti gli elementi previsti dal D.P.R. 120/2017 ("Regolamento") e le indicazioni della "Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" Delibera n. 54 SNPA 2019.

Il documento ha l'obiettivo di fornire alle Autorità competenti il rispetto delle condizioni e dei requisiti previsti dall'articolo 184 -bis del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e dall'articolo 4 del suddetto Regolamento, ai fini dell'utilizzo come sottoprodotti delle terre e rocce da scavo generate in cantieri di grandi dimensioni. Esso stabilisce, inoltre, le procedure e le modalità affinché la gestione e l'utilizzo dei materiali avvenga nel rispetto della salute umana e dell'ambiente.

Pertanto, sulla base della documentazione di progetto, si dovrà produrre l'elaborato descrittivo, i grafici e le tavole secondo quanto previsto dall'Allegato 5 del suddetto Regolamento.

12.1 Caratterizzazione terre e rocce e delle acque interessate dallo scavo

Gli analiti che verranno ricercati, ai fini della caratterizzazione ambientale della matrice ambientale suolo, sottosuolo e acque sotterranee, saranno scelti dalla Committenza di volta in volta in base alla finalità dell'indagine, alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale, di inquinamento diffuso, nonché di possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera ed alla storia pregressa del sito (o su richiesta dell'autorità competente).

Il protocollo analitico minimale da considerare è quello riportato in **Tabella 5** (Tabella 4.1, Allegato 4 del D.P.R. 13 giugno 2017, n.120).

Tabella 5 - Set analitico minimale previsto dal DPR 120/2017

Arsenico
Cadmio
Cobalto
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Mercurio
Idrocarburi C>12
Cromo totale
Cromo VI
Amianto
BTEX (*)
IPA (*)
(*) Da eseguire nel caso in cui l'area da scavo si collochi a 20 m di distanza da infrastrutture viarie di grande comunicazione e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera. Gli analiti da ricercare sono quelli elencati alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, Parte Quarta, Titolo V, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Le analisi chimico-fisiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite. Nell'impossibilità di raggiungere tali limiti di quantificazione saranno utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra.

Il laboratorio procederà alle analisi applicando tutte le metodiche di preparazione e tecniche analitiche più idonee per ottenere i migliori risultati da confrontare con le CSC Tabella 1, Colonna A e B dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs 152/06 s.m.i..

12.2 Contenuti minimi della relazione tecnica

- Premessa
 - descrizione dello scopo, contenuti del rapporto tecnico e documenti di riferimento;
- Quadro normativo di riferimento;
- Descrizione dell'opera;
- Inquadramento urbanistico-territoriale dei siti di produzione
 - descrizione dei siti di produzione dei materiali da scavo con l'indicazione delle diverse tipologie di scavo e dei relativi volumi in banco suddivisi nelle diverse litologie;
 - indicazione delle eventuali strutture presenti, anche interrato, che possano aver dato luogo a potenziali inquinamenti quali impianti produttivi, impianti termici, serbatoi e cisterne, sistemi di raccolta e smaltimento reflui;
 - destinazione d'uso urbanistica;
- Inquadramento urbanistico-territoriale dei siti di destinazione
 - descrizione del luogo di destinazione, anche temporaneo, e degli usi in esso svolti o previsti;
 - descrizione del tipo di riutilizzo del terreno (riempimenti, rilevati, rimodellazioni, reinterri);
 - individuazione dei processi industriali di impiego dei materiali da scavo con l'indicazione dei relativi volumi di utilizzo suddivisi nelle diverse tipologie e sulla base della provenienza dai vari siti di produzione;
 - destinazione d'uso urbanistica;
 - eventuali vincoli ambientali esistenti sull'area di riutilizzo;
- Inquadramento geologico ed idrogeologico

Sulla base della documentazione di progetto inerente gli studi geologici ed idrogeologici, riportare:

- descrizione del contesto geologico della zona;
 - ricostruzione stratigrafica del suolo/sottosuolo, mediante l'utilizzo dei risultati di eventuali indagini e natura litologica del materiale scavato; riporti se presenti dovranno essere evidenziati nella ricostruzione stratigrafica del suolo/sottosuolo;
 - descrizione del contesto idrogeologico della zona (presenza o meno di acquiferi e loro tipologia) anche mediante indagini pregresse;
 - livelli piezometrici degli acquiferi principali, direzione di flusso, con eventuale ubicazione dei pozzi e piezometri se presenti;
 - le modalità di esecuzione e le risultanze della caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo eseguita in fase progettuale in conformità alle previsioni degli Allegati 1, 2 e 4 del Regolamento;
- Studio conoscitivo

Redazione dello studio conoscitivo avente lo scopo di individuare e quantificare le problematiche connesse con la presenza di inquinanti nei terreni da movimentare per la realizzazione dell'infrastruttura stradale. Tale individuazione corrisponde a determinare, lungo il tracciato, le zone dove risulta una probabilità più elevata di movimentare terreni o acque di falda inquinate, in corrispondenza delle quali effettuare accertamenti puntuali.

Per la redazione dello studio, ed in particolare per la valutazione comparativa delle condizioni ambientali nelle diverse porzioni di tracciato, andranno raccolte presso Amministrazioni Pubbliche e/o Enti una serie di informazioni relative alla situazione ambientale sia pregressa che in essere, dovranno essere effettuati riscontri mediante esame della stampa locale/nazionale nonché analisi da foto aeree, ricognizioni sul territorio mediante anche la realizzazione di interviste con la popolazione. Il complesso di tali attività dovrà contribuire a definire un quadro realistico della situazione ambientale delle terre e rocce da scavo.

Si dovrà quindi definire lo "Status Ambientale Iniziale" dei terreni e delle acque interessati dal tracciato e garantire l'esecuzione delle seguenti attività, non necessariamente esaustive (la caratterizzazione si dovrà comunque sviluppare nell'ambito dell'area più direttamente interessata dal tracciato):

- indagine volta ad individuare le eventuali situazioni critiche ambientali attuali o pregresse, eseguita mediante l'ausilio di informazioni in possesso degli Organismi locali (Comune, Provincia, Regione e Università); consorzi di bonifica, parchi e riserve naturali, enti gestori di infrastrutture di trasporto (ferroviarie o stradali) e quant'altro. Verifica dei censimenti predisposti dalle Autorità preposte (Regioni, Province, ecc.) ai sensi della normativa vigente ed in particolare del D. M. dell'Ambiente n. 185 del 16/5/1989 relative ai siti potenzialmente contaminati e/o individuazione delle attività industriali che possono provocare o aver provocato un'eventuale contaminazione dei terreni;
- verifica della presenza di aree che siano o siano state interessate da interventi di bonifica o siano comprese nell'anagrafe dei siti da bonificare;
- verifica della presenza di aree comprese nel perimetro d'attività industriali rientranti nelle categorie contemplate dall'allegato 1 al d.lgs. 4 agosto 1999, n. 372 (attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento);
- verifica di interferenze con aree interne a impianti autorizzati allo svolgimento di attività di smaltimento e/o recupero di rifiuti avvalendosi del regime semplificato di cui agli articoli 31 e 33 del D.Lgs. n. 22/1997, con l'esclusione degli impianti mobili;
- fotointerpretazione dedicata, anche mediante foto satellitari, con eventuali controlli a terra finalizzati all'individuazione delle principali attività svolte e/o presenza di siti potenzialmente inquinati;
- individuazione di serbatoi o cisterne interrati, sia dismessi, che rimossi che in uso e che contengano o abbiano contenuto idrocarburi e/o sostanze etichettate ai sensi della direttiva 67/548/CE e successive modifiche ed integrazioni;

- individuazione di attività e/o insediamenti di tipo civile, agricolo, industriale che possano per la loro rilevanza costituire una potenziale fonte di contaminazione dei terreni;
 - verifica della presenza di carichi di traffico elevati, e relativo potenziale inquinante, in corrispondenza di tratti stradali interferenti con il tracciato in progetto, oppure di adeguamenti in sede con relativo allargamento della piattaforma stradale;
- Piano di campionamento ed analisi

Saranno illustrati gli esiti del piano di campionamento ed analisi, con:

- descrizione delle indagini eseguite con indicazione delle fasi di lavoro e caratteristiche delle attrezzature impiegate;
- planimetria con ubicazione georiferita di tutti i pozzetti esplorativi;
- log stratigrafici dei pozzetti esplorativi;
- tabelle con l'esito delle analisi di laboratorio, con indicazione delle metodiche di laboratorio e dell'accreditamento ACCREDIA, da confrontare con le CSC Tabella 1, Colonna A e B dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del Dlgs 152/06;
- grafici e istogrammi raffiguranti le concentrazioni;
- certificati delle analisi di laboratorio e confronto;
- documentazione fotografica.

Saranno indicati i risultati dell'omologa rifiuto e fornite valutazioni finali circa il regime cui assoggettare il materiale proveniente dagli scavi in relazione all'eventuale smaltimento dei materiali come rifiuto in base al quadro legislativo vigente in materia ambientale e di smaltimento rifiuti.

- Cantierizzazione e gestione materie

Saranno riportati gli esiti della cantierizzazione e dello studio sulla gestione materie con individuazione dei siti di approvvigionamento e deposito definitivo/smaltimento. In funzione del cronoprogramma dei lavori di scavo saranno valutate le fasi e tempi di stoccaggio e l'individuazione dei percorsi previsti per il trasporto del materiale da scavo tra le diverse aree impiegate nel processo di gestione del cantiere (siti di produzione, aree di caratterizzazione, aree di deposito in attesa di utilizzo, siti di utilizzo e processi industriali di impiego) ed indicazione delle modalità di trasporto previste (a mezzo strada, ferrovia, nastro trasportatore, ecc.). Saranno esaminate le modalità di scavo con valutazione sul possibile deterioramento delle qualità ambientali del materiale scavato. Inoltre, con riferimento a quanto previsto dall'Allegato 3 del Regolamento, saranno descritte le operazioni finalizzate al miglioramento delle caratteristiche merceologiche del materiale di scavo per rendere l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace.

[12.3 Schede ed allegati cartografici](#)

[12.4 Schede descrittive dei siti di produzione/utilizzo](#)

Per tutti i siti interessati dalla produzione e dalla destinazione, comprese le aree temporanee, dovranno essere fornite schede grafico descrittive, con indicato, in via indicativa e non esaustiva, quanto segue:

- denominazione del sito, desunta dalla toponomastica del luogo;
- localizzazione del sito;
- inquadramento su ortofoto e Carta Tecnica Regionale;
- documentazione fotografica con indicato, su stralcio planimetrico, il punto di ripresa fotografica;
- indicazione della destinazione urbanistica attuale futura;
- eventuali vincoli ambientali esistenti sull'area di riutilizzo;
- indicazione degli estremi catastali.

12.5 Schede descrittive dei siti potenzialmente inquinati

Per tutti i siti potenzialmente inquinati dovranno essere fornite schede grafico-descrittive, con indicato, in via indicativa e non esaustiva, quanto segue:

- denominazione del sito e/o relativa codifica;
- localizzazione del sito;
- indicazione degli estremi catastali;
- principali sorgenti di inquinamento;
- morfologia e litologia prevalente;
- informazioni idrogeologiche (soggiacenza falda, distanza da pozzi, vulnerabilità acquiferi, ecc.);
- superficie e uso prevalente;
- presenza di vincoli;
- tipologia di rifiuto;
- documentazione fotografica.

12.6 Schede descrittive dei pozzetti esplorativi/sondaggi ambientali

Per tutti i siti investigati mediante pozzetti esplorativi dovranno essere fornite schede grafico descrittive, con riportato, in via indicativa e non esaustiva, quanto segue:

- denominazione del sito e/o relativa codifica;
- localizzazione del sito;
- log stratigrafici dei pozzetti esplorativi/sondaggi ambientali;
- documentazione fotografica.

12.7 Schede descrittive dei siti di estrazione

Per tutti i siti di approvvigionamento (cave) individuati da piani regionali o contattando direttamente gli operatori di settore, dovranno essere fornite schede grafico-descrittive, con riportato, in via indicativa e non esaustiva, quanto segue:

- denominazione del sito, desunta dalla toponomastica del luogo;
- localizzazione del sito e coordinate geografiche;
- ubicazione con inquadramento su ortofoto e Carta Tecnica Regionale;
- documentazione fotografica con indicato, su stralcio planimetrico, il punto di ripresa fotografica;
- tipologia del materiale estratto;
- stima cubatura giacimento;
- distanza dal sito di progetto;
- autorizzazioni.

12.8 Inquadramento urbanistico (preferibilmente in scala 1:5.000)

Planimetria di progetto scala: 1:5.000 e indicazione di tutti i siti di destinazione e produzione sullo strumento di pianificazione urbanistica, con indicazione delle zone residenziali, di verde privato, di espansione, delle zone produttive, commerciali e terziarie, delle aree agricole, dei servizi ed attrezzature di uso pubblico, delle aree con attrezzature tecnologiche, delle aree di rispetto, delle zone adibite ad attività di cava, di depurazione, delle aree di recupero ambientale e quant'altro previsto dai piani regolatori comunali.

12.9 Carta geologica e geomorfologica (preferibilmente in scala 1:5.000)

Rappresentazione delle unità litologiche, stratigrafiche e tettoniche, delle formazioni, dei limiti delle formazioni, degli elementi strutturali più significativi (sinclinali, anticlinali, faglie, giaciture ed inclinazioni degli strati), delle aree potenzialmente instabili, dei processi geomorfologici attuali o passati e ubicazione delle indagini geognostiche. Sull'elaborato verrà riportato il tracciato stradale nonché evidenziati i siti di produzione/destinazione.

12.10 Carta idrogeologica (preferibilmente in scala 1:5.000)

Rappresentazione scala 1:5.000 delle unità omogenee dal un punto di vista della permeabilità, indicazione della direzione e soggiacenza della falda, ubicazione dei punti di captazione (domestici, agricoli, industriali) e delle aree a rischio idrogeologico. Sull'elaborato verrà riportato il tracciato stradale nonché evidenziati i siti di produzione/destinazione.

12.11 Planimetria ubicazione siti potenzialmente inquinati (preferibilmente in scala 1:5.000/1:2.000)

Planimetria di progetto su base cartografica e ubicazione dei siti potenzialmente inquinati, identificati con apposita codifica, con indicazione dell'idrografia superficiale, dei principali processi fluviali

(scarpate di terrazzi fluviali, paleoalvei, ecc.) ed antropici (orli di scarpate artificiali, ex cave colmate, ecc.), degli elementi idrogeologici più significativi (pozzi, fontanili, direzione e soggiacenza falda, ecc.).

12.12 Planimetria ubicazione dei siti campionati (preferibilmente in scala 1:5.000)

Planimetria di progetto su base cartografica con ubicazione dei pozzetti esplorativi eseguiti, identificati con apposita codifica.

12.13 Planimetria ubicazione siti di produzione/utilizzo, aree di cantiere e viabilità di servizio (preferibilmente in scala 1:5.000/1:2.000)

Individuazione dei siti di produzione/utilizzo, anche temporanei, nonché della viabilità interessata dai mezzi d'opera per il trasporto del materiale scavato tra le diverse aree impiegate nel processo di gestione (siti di produzione, aree di caratterizzazione, aree di deposito in attesa di utilizzo, siti di utilizzo e processi industriali di impiego) ed indicazione delle modalità di trasporto previste (a mezzo strada, ferrovia, slurrydotto, nastro trasportatore, ecc.). L'elaborato fornisce evidenza, per ciascun sito, dei volumi di terreno di scavo da produrre (volume in banco e volume in cumulo) e da allocare.

12.14 Planimetria ubicazione con impianti, sottoservizi sia presenti che smantellati e da realizzare (preferibilmente scala 1:5000 1:2000)

Individuazione di impianti, sottoservizi sia presenti che smantellati e da realizzare (preferibilmente scala 1:5000 1:2000), con caposaldi topografici (riferiti alla rete trigonometrica catastale o a quella IGM, in relazione all'estensione del sito, o altri riferimenti stabili inseriti nella banca dati nazionale ISPRA);

12.15 Elaborazione profili di scavo e/o riempimento (pre e post operam);

Elaborazione dei profili di scavo e/o riempimento (pre e post operam) sulla base di quanto previsto nel PdU ed elaborazione di uno schema/tabella riportante i volumi di sterro e di riporto.

STRUTTURE TERRITORIALE/DIREZIONE

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto - Parte 2

IT.PRL.05.10 – Rev. 2.0

RILIEVI, INDAGINI E MONITORAGGIO

Redatto da:

Il Progettista

Il RUP

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	DPRL - Coordinamento Progettazione	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers. Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima Emissione	MARZO 2020
2.0	Revisione	DICEMBRE 2020

INDICE

1	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI	13
1.1	RESPONSABILITÀ DELL’AFFIDATARIO	14
1.2	LEGGE 464/84	14
1.3	PROGRAMMAZIONE DEI SERVIZI	15
1.4	VARIAZIONI ED INTEGRAZIONI DEI SERVIZI PREVISTI	15
1.5	CONDUZIONE E PRESENTAZIONE DEI SERVIZI	16
1.6	RILIEVI PLANOALTIMETRICI DEI PUNTI DI INDAGINE	16
1.7	NORME PER LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI	17
	PARTE PRIMA – RILIEVI GEOLOGICI E TERRITORIALI	19
2	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	19
3	RILEVAMENTO GEOLOGICO	19
3.1	RILEVAMENTO LITOLOGICO E STRATIGRAFICO	20
3.2	RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO	21
3.3	RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO	24
4	RILIEVI GEOSTRUTTURALI E/O GEOMECCANICI	26
4.1	RILIEVI GEOMECCANICI	26
4.2	RILIEVI GEOSTRUTTURALI TRAMITE TECNICHE FOTOGRAFICHE	30
4.3	RILIEVI GEOSTRUTTURALI TRAMITE TECNICHE LASER-SCANNER	33
5	RILIEVI FOTOGRAMMETRICI	35
5.1	FOTO-INTERPRETAZIONE AEREA E SATELLITARE	36
5.2	FOTO-MONITORAGGIO AEREO E SATELLITARE	37
5.3	FOTO-MONITORAGGIO TERRESTRE	38
6	RILIEVI INTERFEROMETRICI	39

6.1	INTERFEROMETRIA SAR SATELLITARE	40
6.2	INTERFEROMETRIA SAR TERRESTRE	43
7	RILIEVI DIRETTI NEL SOTTOSUOLO	47
7.1	PROSPEZIONI DI GAS NEL SOTTOSUOLO	47
	PARTE SECONDA – MONITORAGGIO GEOTECNICO E GEOMORFOLOGICO	50
8	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	50
9	ATTIVITÀ A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO	54
9.1	COMPENSO FISSO PER INSTALLAZIONE/APPRONTAMENTO PER OGNI CAMPAGNA DI INSTALLAZIONE O DISINSTALLAZIONE DI QUALSIASI STRUMENTO O SENSORE	54
9.2	COMPENSO PER OGNI CAMPAGNA DI MISURE IN SITO, SUCCESSIVE ALLA PRIMA	56
9.3	SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO	56
9.4	SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO GEOTECNICO / STRUTTURALE / GEOMORFOLOGICO	57
10	PIEZOMETRI	58
10.1	PIEZOMETRO A TUBO APERTO IN PVC	59
10.2	PIEZOMETRO DI CASAGRANDE A DOPPIO TUBO	63
10.3	PIEZOMETRO ELETTRICO	68
10.4	PIEZOMETRO ELETTRICO AD INFISSIONE	72
10.5	TRASDUTTORE DI PRESSIONE	75
10.6	MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO	78
11	INCLINOMETRI / ESTENSOINCLINOMETRI	79
11.1	TUBO INCLINOMETRICO IN ABS O ALLUMINIO	80
11.2	INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI	87
11.3	TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO IN ABS	90
11.4	MISURA MANUALE DI TUBO INCLINOMETRICO (SIA IN ALLUMINIO CHE IN ABS)	97
11.5	MISURA MANUALE DI INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI	97

11.6	MISURA MANUALE DI TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO	98
12	ESTENSIMETRI / ASSESTIMETRI	98
12.1	ESTENSIMETRO MULTIBASE CON ASTE IN FIBRA DI VETRO	99
12.2	ESTENSIMETRO MONOBASE IN ACCIAIO	103
12.3	ESTENSIMETRO INCREMENTALE IN PVC (DOTATO DI RICONTRI DI MISURA INTERNI A BATTUTA)	108
12.4	ESTENSIMETRO MAGNETICO	112
12.5	ASSESTIMETRO A FLUIDO MULTIPUNTO	117
12.6	TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO	120
12.7	MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO	122
12.8	MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO	123
13	BARRETTE ESTENSIMETRICHE	124
13.1	BARRETTA ESTENSIMETRICA (SIA A SILDARE CHE ANNEGATA IN CLS)	124
13.2	MISURA DI BARRETTA ESTENSIMETRICA	127
14	CELLE DI CARICO E CELLE DI PRESSIONE	128
14.1	CELLA DI CARICO PER CENTINA	129
14.2	CELLA DI CARICO A COMPRESSIONE (PER PROVE DI CARICO SU PALI)	131
14.3	CELLA DI CARICO TOROIDALE PER TIRANTI	134
14.4	CELLA DI CARICO A TRAZIONE PER FUNI	137
14.5	CELLA DI PRESSIONE NATM	140
14.6	MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE	143
15	FESSURIMETRI / MISURATORI DI GIUNTO	143
15.1	FESSURIMETRO MANUALE A PIASTRA (SIA PIANO CHE ANGOLARE)	144
15.2	FESSURIMETRO ELETTRICO O A CORDA VIBRANTE	146
15.3	ESTENSIMETRO A FILO	149
15.4	MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO	152

16	CLINOMETRI DA PARETE / TILTMETRI	152
16.1	CLINOMETRO FISSO BIASSIALE	153
16.2	PIASTRA CLINOMETRICA REMOVIBILE IN OTTONE	156
16.3	CLINOMETRO A BARRA	159
16.4	MISURA DI CLINOMETRO (DI QUALSIASI TIPO)	162
17	PENDOLI / COORDINOMETRI	162
17.1	PENDOLO DRITTO	163
17.2	COORDINOMETRO FISSO (SIA OTTICO CHE TELECOORDINOMETRO)	166
17.3	MISURA DI COORDINOMETRO (DI QUALSIASI TIPO)	169
18	SENSORI DI TEMPERATURA / TERMOMETRI	169
18.1	SENSORE DI TEMPERATURA	170
18.2	MISURA DI SENSORE DI TEMPERATURA (DI QUALSIASI TIPO)	172
19	ANCORAGGI PER MISURE CON DISTOMETRO A NASTRO	173
19.1	ANCORAGGIO PER MISURE DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO	173
19.2	MISURA DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO	176
20	MATERIALI E STRUMENTAZIONI VARIE (STRUMENTAZIONE A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO GEOTECNICO/GEOMORFOLOGICO)	177
20.1	STAZIONE METEO	177
20.2	PANNELLO SOLARE	180
20.3	CAVO MULTIPOLARE TWISTATO	181
20.4	CAVO IN ACCIAIO (PER INSTALLAZIONI DI PENDOLI, ESTENSIMETRI A FILO, ECC.)	183
20.5	TUBO IDRAULICO	184
20.6	COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI	185
21	STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO	187
21.1	MINIPRISMA	196
21.2	TARGET RIFLETTENTE (SIA ADESIVO CHE IMBULLONATO)	198

21.3	CAPOSALDO TOPOGRAFICO	201
21.4	STAFFA LIVELLOMETRICA A PERNO O BULLONI TORICI	203
21.5	NASTRO LIVELLOMETRICO CON CODICE A BARRE	206
21.6	STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE	209
22	ACQUISIZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI	216
22.1	DATALOGGER	218
22.2	UNITÀ WIRELESS E GATEWAY	221
22.3	MISURE TRAMITE UAD	225
23	DISINSTALLAZIONE STRUMENTI	229
23.1	DISINSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE RECUPERABILE AL TERMINE DEL MONITORAGGIO	230
	PARTE TERZA – INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	233
24	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	233
25	SONDAGGI GEOGNOSTICI	238
25.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A CAROTAGGIO CONTINUO	238
25.2	SONDAGGI GEOGNOSTICI AD ANDAMENTO DIREZIONATO A CAROTAGGIO CONTINUO	245
25.3	SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A DISTRUZIONE DI NUCLEO	246
25.4	TEREBRAZIONE CON REGISTRAZIONE DEI PARAMETRI DI PERFORAZIONE	247
25.5	CAMPIONAMENTO GEOTECNICO NEI SONDAGGI	249
26	PROVE GEOTECNICHE IN FORO	252
26.1	PROVE DI PENETRAZIONE DINAMICA SPT	252
26.2	PROVE SCISSOMETRICHE VT IN FORO DI SONDAGGIO	254
26.3	PROVA PRESSIOMETRICA	257
26.4	PROVA DILATOMETRICA IN ROCCIA	261
26.5	PROVE DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LEFRANC	262

26.6	PROVA DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LUGEON	263
27	PROVE PENETROMETRICHE	266
27.1	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH	266
27.2	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO MECCANICO	268
27.3	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO ELETTRICO	270
27.4	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO	272
27.5	PROVA PENETROMETRICA CON CONO SISMICO	274
28	ALTRE PROVE GEOTECNICHE IN SITU	276
28.1	PROVE DI CARICO SU PIASTRA IN TERRE	276
28.2	DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ IN SITO	277
28.3	PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA LWD	278
28.4	DETERMINAZIONE CBR IN SITO	278
28.5	PROVA CON MARTINETTO PIATTO	279
29	POZZETTI E TRINCEE ESPLORATIVE	280
29.1	POZZETTI GEOGNOSTICI	280
	PARTE QUARTA – INDAGINI GEOFISICHE	282
30	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	282
31	LOG GEOFISICI	282
31.1	OTTICO	283
31.2	ACUSTICO	286
31.3	SONICO	287
31.4	DIREZIONALITÀ DEL FORO	288
31.5	CONDUCIBILITÀ ELETTRICA E TEMPERATURA	289
31.6	GAMMA RAY	291
31.7	MICROMULINELLO	292

31.8	CALIPER MECCANICO	294
32	PROSPEZIONI SISMICHE	295
32.1	PROVE DOWN-HOLE	296
32.2	PROVE CROSS-HOLE	301
32.3	PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE	302
32.4	PROSPEZIONI SISMICHE A RIFLESSIONE	305
32.5	PROSPEZIONE SISMICA IBRIDA	308
32.6	PROSPEZIONE GEOTOMOGRAFICA	309
32.7	PROVE PER ONDE SUPERFICIALI ATTIVE (MASW)	311
32.8	PROVE PER ONDE SUPERFICIALI PASSIVE (RE.MI)	314
32.9	INDAGINI DI SISMICA PASSIVA (HVSR)	315
33	PROSPEZIONI ELETTRICHE	317
33.1	PROSPEZIONI GEOELETTRICHE	317
33.2	TOMOGRAFIA ELETTRICA	319
34	PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE	321
34.1	PROSPEZIONI CON GEORADAR	322
35	PROSPEZIONI GRAVIMETRICHE	325
35.1	PROSPEZIONI GRAVIMETRICHE/MICROGRAVIMETRICHE	325
36	ALTRE TIPOLOGIE DI PROSPEZIONI	326
36.1	RILIEVO ULTRASONICO CON SONDA BOREHOLE TELEVIEWER (BHTV)	326
36.2	INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE	328
	PARTE QUINTA – PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO	331
37	PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI	331
38	PROVE SU CAMPIONI DI TERRA	332
38.1	APERTURA ED ESTRAZIONE DEL CAMPIONE	333

38.2	DESCRIZIONE DEI CAMPIONI	334
38.3	ANALISI GRANULOMETRICA MEDIANTE SETACCI	334
38.4	ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE DI UNA TERRA	335
38.5	DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE	335
38.6	DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA	336
38.7	DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI	336
38.8	DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG (LIQUIDO E PLASTICO)	337
38.9	DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG (LIMITE DI RITIRO)	337
38.10	DETERMINAZIONE TENORE IN CARBONATI	338
38.11	CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA PER USO STRADALE	338
38.12	PROVA DI TAGLIO CON SCISSOMETRO DA LABORATORIO	339
38.13	PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	339
38.14	PROVA EDOMETRICA	339
38.15	PROVA DI TAGLIO DIRETTO	340
38.16	PROVA DI TAGLIO ANULARE	341
38.17	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA – UU341	
38.18	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA – CU	342
38.19	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA – CD	342
38.20	PROVA DI PERMEABILITÀ IN LABORATORIO	343
38.21	PROVA DI RIGONFIAMENTO	343
38.22	PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)	344
38.23	PROVA TRIASSIALE CICLICA DI TIPO PROPERTY (TXC-P)	344
38.24	PROVA TRIASSIALE CICLICA A LIQUEFAZIONE (TXC-L)	345
38.25	PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)	345
39	PROVE SU MISCELE NON LEGATE E LAGATE CON LEGANTI IDRAULICI	346
39.1	PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR	346
39.2	DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA CBR	347

39.3	PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROVINI COMPATTATI	347
39.4	PROVA DI RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA DI PROVINI COMPATTATI	348
39.5	DENSITÀ RELATIVA DI TERRENI NON COERENTI	348
40	PROVE SU ROCCE (PIETRE NATURALI)	349
40.1	CARATTERISTICHE FISICHE	349
40.2	DETERMINAZIONE DELL'ASSORBIMENTO D'ACQUA A PRESSIONE ATMOSFERICA	349
40.3	DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL GELO	350
40.4	PROVA DI COMPRESSIONE A CARICO CONCENTRATO (POINT LOAD TEST)	350
40.5	PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SEMPLICE (UCS)	351
40.6	PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE CON ESTENSIMETRI (UCS)	351
40.7	PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE SU ROCCIA	352
40.8	DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A FLESSIONE	352
40.9	PROVA DI TAGLIO SU GIUNTO	353
40.10	ESTRAZIONE PROVINI CILINDRICI DA CAROTE O CAMPIONI DI ROCCIA INFORME	353
40.11	RETTIFICA DI CUBETTI E CAROTE	354
40.12	ANALISI PETROGRAFICA MEDIANTE SEZIONE SOTTILE	354
40.13	ANALISI MINERALOGICA TRAMITE DIFFRATTOMETRIA A RAGGI X	354
41	PROVE SU AGGREGATI	355
41.1	DETERMINAZIONE DELL'EQUIVALENTE IN SABBIA	356
41.2	MASSA VOLUMICA DEI GRANULI E ASSORBIMENTO D'ACQUA	356
41.3	PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE (C.L.A.)	356
41.4	PROVA DI RESISTENZA ALL'ABRASIONE DI AGGREGATI (MICRODEVAL)	357
41.5	PROVA LOS ANGELES	357
41.6	MASSA VOLUMICA APPARENTE DI AGGREGATI ADDENSATI	358
41.7	MASSA VOLUMICA APPARENTE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO	358
41.8	MASSA VOLUMICA REALE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO	359
41.9	MASSA VOLUMICA IN MUCCHIO E DEI VUOTI INTERGRANULARI	359

41.10	INDICE DEI VUOTI, POROSITÀ DI UN AGGREGATO	360
41.11	COEFFICIENTE DI FRANTUMAZIONE	360
41.12	PERDITA PER DECANTAZIONE	360
41.13	DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL GELO E DISGELO	361
41.14	DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA	361
41.15	DETERMINAZIONE DELLA FORMA DEI GRANULI – INDICE DI APPIATTIMENTO	362
41.16	DETERMINAZIONE DELLA FORMA DEI GRANULI – INDICE DI FORMA	362
41.17	ANALISI PETROGRAFICA SOMMARIA	363
41.18	PERCENTUALE DI SUPERFICI FRANTUMATE NEGLI AGGREGATI GROSSI	363
41.19	CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE	363
41.20	VALORE DEL BLU DI METILENE	364
41.21	CONSUMO INIZIALE DI CALCE (C.I.C.)	364
41.22	CONTENUTO IN SOLFATI	365

1 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

L'oggetto delle presente Sezione del Capitolato è costituito dall'insieme delle attività necessarie per l'esecuzione del rilevamento e dei rilievi strumentali in ambito geologico, del monitoraggio geotecnico e geomorfologico, delle indagini geognostiche, delle prospezioni geofisiche e per le prove di laboratorio su terre e rocce.

Nell'esecuzione di tali attività, senza che l'elencazione debba considerarsi esaustiva, saranno da intendersi a carico dell'Affidatario tutti gli oneri ed adempimenti necessari per l'ottenimento dei permessi e per l'accesso ai punti di rilievo e di indagine, per le occupazioni delle aree, lo stazionamento del personale e delle attrezzature necessarie, per il ripristino delle condizioni precedenti l'esecuzione delle lavorazioni, il risarcimento di eventuali danni a terzi, i carburanti e ogni altro materiale di consumo, i costi logistici e del personale, le attrezzature accessorie, la fornitura di acqua per le perforazioni, il trasporto e la spedizione dei campioni ai laboratori, l'interpretazione, la restituzione e la documentazione dei rilievi e delle lavorazioni eseguiti ed ogni altro onere necessario per l'espletamento a perfetta regola d'arte dei Servizi. Sono inoltre a carico dell'Affidatario tutti gli oneri relativi a tutti i sopralluoghi ritenuti necessari all'espletamento dei Servizi, se non diversamente specificato all'interno delle singole voci. L'Affidatario è quindi tenuto ad assicurarsi, preventivamente all'inizio delle attività in sito, dell'acquisizione dei permessi di accesso e che sul suolo e nel sottosuolo e/o sulle o nelle strutture e sui o nei manufatti interessati dalle indagini e nelle aree di servizio e negli accessi, non esistano impedimenti di qualsiasi genere (quali, ad esempio, vincoli, alberature, servizi, sottoservizi di acque, energia elettrica, telecomunicazioni, cavidotti, fognature, condutture di qualsiasi genere quali gas, teleriscaldamento, aria compressa, ecc.) che possano limitare l'agibilità delle attrezzature od essere danneggiati od arrecare danni. Tale indagine dovrà essere condotta presso tutti gli enti pubblici e/o altri soggetti privati e dovrà essere finalizzata all'ottenimento di una esaustiva documentazione relativa all'ubicazione dei sottoservizi. L'Affidatario dovrà, comunque, provvedere tempestivamente ad eliminarli o proteggerli, dovendo l'ANAS rimanere sollevata ed indenne da ogni responsabilità verso chiunque per danni accidentali di qualsiasi genere, anche provenienti da imprevisti geologici (ad esempio: falde artesiane, presenza di gas naturali, alterazioni di condizioni idrogeologiche e simili, cavità e vuoti sotterranei) ed antropici (contaminazioni di suoli ed acque, presenza di discariche o rifiuti in genere, serbatoi interrati, cavità antropiche, ecc.).

Qualora i luoghi d'indagine ricadano in aree soggette a vincoli di carattere amministrativo, ambientale, urbanistico, archeologico o di qualunque altro genere, sarà compito dell'affidatario, in ciò delegato dall'ANAS, provvedere all'ottenimento di tutte le autorizzazioni previste per l'accesso ai luoghi, riscontrando tutti gli adempimenti richiesti e fornendo agli Enti interessati tutta la documentazione allo scopo necessaria.

L'Affidatario non potrà nulla pretendere per eventuali ritardi nell'ultimazione dei servizi dovuti a difficoltà nell'ottenimento delle relative autorizzazioni.

Oltre al rispetto delle normali procedure antinfortunistiche previste dalla vigente legislazione, nel caso che la Società sia chiamata ad operare entro aree nelle quali esistano o siano temuti fenomeni di inquinamento ad opera di sostanze tossiche o nocive, essa è tenuta a prendere le misure di sicurezza per prevenire la contaminazione da diretto contatto o inalazione del personale addetto ai lavori.

L'Affidatario dovrà, in ogni momento, a semplice richiesta dell'ANAS, dimostrare di aver provveduto in tal senso.

Gli oneri tutti sopra specificati si intendono compensati nell'importo complessivo dei Servizi.

Tutti i punti d'indagine (sondaggi, prove penetrometriche, pozzetti geognostici, estremi delle basi geofisiche, strumentazione di monitoraggio, ecc.) dovranno essere opportunamente georeferenziati a seguito di apposito rilievo planoaltimetrico, eseguito secondo le indicazioni dell'ANAS. Gli esiti del rilievo verranno riportati in apposito elaborato denominato "Rapporto tecnico sui rilievi planoaltimetrici".

1.1 RESPONSABILITÀ DELL'AFFIDATARIO

Ai sensi di quanto disposto dal D.Lgs. 81/2008 "Testo Unico sulla Sicurezza" e ss.mm.ii., l'Affidatario dovrà predisporre, prima dell'inizio dei lavori, il piano delle misure di sicurezza fisica dei lavoratori.

L'Affidatario risponderà del rispetto del piano stesso attraverso il responsabile incaricato di eseguire l'attività oggetto dell'incarico.

Qualora previsto dall'ANAS, l'Affidatario sarà tenuto a rispettare quanto previsto nel Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenti (DUVRI) redatto, secondo quanto specificato nella Procedura Aziendale ANAS - PA.DCROS.03 del 01.09.2011, ai sensi dell'Art. 26, comma 3 del D.Lgs. 81/08, in cui vengono previsti i costi per la sicurezza da rischi interferenti, non soggetti a ribasso.

L'Affidatario dovrà osservare le norme derivanti dalle vigenti Leggi relative alla prevenzione ed assicurazione infortuni sul lavoro, alle varie previdenze e assicurazioni sociali ed ogni altra disposizione in vigore, o che potrà intervenire nel corso del contratto, per la tutela materiale e morale dei lavoratori.

1.2 LEGGE 464/84

Sarà onere dell'Affidatario ottemperare alla Legge 4 agosto 1984 n. 464, che prevede l'obbligo di comunicare al Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia (ISPRA) le informazioni relative a studi o indagini nel sottosuolo nazionale, per scopi di ricerca idrica o per opere di ingegneria civile, riguardanti in particolare le indagini a mezzo di scavi, perforazioni e rilievi geofisici spinti a profondità maggiori di 30 metri dal piano campagna e, nel caso delle gallerie, maggiori di 200 metri di lunghezza. L'Affidatario dovrà porre a conoscenza il Responsabile dei servizi per conto di ANAS delle avvenute trasmissioni. Quest'ultima non procederà alla liquidazione finale dei Lavori, Forniture o Servizi in assenza dei suindicati adempimenti.

La trasmissione della documentazione deve avvenire mediante una comunicazione preventiva di inizio indagine e, successivamente, una comunicazione definitiva di fine indagine (o sospensione), attenendosi alle modalità di trasmissione reperibili sul sito dell'ISPRA.

1.3 PROGRAMMAZIONE DEI SERVIZI

L'ANAS fornirà all'Affidatario, all'atto della consegna dei servizi, e comunque prima dell'avvio delle attività, i seguenti dati:

- Planimetria ubicativa delle aree da rilevare, delle verticali d'indagine e delle prospezioni geofisiche;
- Piano di monitoraggio, laddove previsto, con indicazione della tipologia della strumentazione prevista e relativa ubicazione planimetrica, della frequenza delle letture, ecc.;
- Scheda sintetica delle indagini previste, con riferimento alle progressive o alle opere in progetto, comprendente: tipologia di indagine richiesta (sondaggi, pozzetti esplorativi, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, altro), profondità da raggiungere, prove in sito, prelievo di campioni richiesti compatibilmente con la natura dei terreni che verranno accertati, posa in opera di strumentazione (piezometri, inclinometri, prove geofisiche, ecc.) ed ogni altra tipologia di indagini ritenuta opportuna.

1.4 VARIAZIONI ED INTEGRAZIONI DEI SERVIZI PREVISTI

Le indicazioni contenute nel piano di monitoraggio e nel programma delle indagini (Scheda sintetica) consegnati all'Affidatario devono ritenersi come previsioni, e possono essere soggette ad adeguamenti, sulla base di elementi di carattere progettuale o logistico. L'ANAS, pertanto, si riserva piena ed ampia facoltà di introdurre, in sede di esecuzione dei Servizi, quelle varianti che riterrà opportune nell'interesse della buona riuscita e dell'economia degli stessi, in funzione delle esigenze progettuali, senza che l'Affidatario possa trarne motivi per avanzare pretese di compensi ed indennizzi di qualsiasi natura e specie.

L'Affidatario, per contro, non potrà variare né modificare il programma dei servizi, senza averne ottenuto la preventiva autorizzazione dall'ANAS, la quale avrà diritto di non valutare quelle lavorazioni che risultassero eseguite in contravvenzione a tale disposizione e, altresì, di fare ripristinare, a spese dell'Affidatario stesso, le condizioni morfologiche, di stabilità e di permeabilità del terreno preesistenti alla esecuzione delle stesse, secondo le modalità che verranno fissate dall'ANAS.

E' fatto obbligo all'Affidatario di apportare ai servizi, anche se già elaborati e presentati, tutte le modifiche e le integrazioni ritenute necessarie e richieste dall'ANAS, senza che ciò dia diritto a speciali o maggiori compensi.

1.5 CONDUZIONE E PRESENTAZIONE DEI SERVIZI

In relazione a tutte le operazioni tecniche oggetto dei servizi (rilievi, sondaggi, prove in situ e laboratorio, prospezioni, prelievi, analisi, ecc.) l'Affidatario fornirà le relative elaborazioni, grafiche e numeriche, secondo le prescrizioni fornite dall'ANAS.

Tutti gli elaborati di cui sopra verranno presentati, su supporto cartaceo (n.1 copia) e su supporto magnetico (DVD; CD-ROM).

Gli elaborati grafici dovranno normalmente essere prodotti su tavole di formato A1, impaginate in una mascherina prodotta dall'ANAS, e dovranno inoltre essere resi disponibili su file.

In particolare i formati dei file consegnati dovranno essere compatibili con i seguenti software:

- AUTOCAD, per la grafica 2D e 3D;
- MS-WORD per Windows per la redazione dei testi;
- MS-EXCEL per Windows per il calcolo e la redazione di tabelle e/o grafici;
- formati "raster" più diffusi (.pdf, .tif, .jpg, .pcx, ecc.) per i certificati e gli altri elaborati tecnici (certificati di calibrazione strumenti, grafici, ecc.);
- Supporti GIS (shape file), laddove specificato nel contratto e richiesto dalla S.A.;
- Piattaforme WEB, laddove specificato nel contratto e richiesto dalla S.A.

In aggiunta, potrà essere concordata con l'ANAS la fornitura delle stratigrafie di sondaggio in formato diverso (modificabile).

Tutti gli elaborati prodotti e consegnati, relativi ai servizi svolti (rapporti, relazioni, elaborati grafici, planimetrie e carte tematiche, certificati di laboratorio, ecc.), saranno redatti e firmati, per le parti di rispettiva competenza, dal Responsabile tecnico indicato dall'Affidatario all'atto della consegna dei servizi e dal Direttore del Laboratorio (Geologo o Ingegnere specializzato nelle discipline geotecniche, iscritti all'Albo Professionale).

Le operazioni d'indagine saranno considerate ultimate all'atto della trasmissione formale all'ANAS della documentazione tecnica definitiva relativa alle stesse. L'Affidatario dovrà comunque tenere aggiornata la documentazione preliminare dei lavori e trasmetterla con frequenza almeno settimanale al funzionario ANAS incaricato del controllo dei Servizi.

1.6 RILIEVI PLANOALTIMETRICI DEI PUNTI DI INDAGINE

L'Affidatario provvederà alle operazioni topografiche di rilievo planoaltimetrico di ogni singolo punto di prova, secondo le modalità e le procedure indicate dall'ANAS. Sarà sua cura il reperimento degli elementi

di appoggio del rilievo topografico (capisaldi, coordinate, ecc.). Di tali operazioni l'Affidatario fornirà all'ANAS i relativi elaborati grafici.

In particolare, dovrà essere prodotto uno specifico elaborato (**Rapporto tecnico sui rilievi pianoaltimetrici**) nel quale verrà esposta la metodologia utilizzata, il sistema di riferimento o la rete di stazioni GNSS utilizzati, i capisaldi di appoggio e/o le stazioni permanenti e virtuali per i rilievi GPS ed i relativi apparati, il grado di precisione/approssimazione delle misure, e corredato da una scheda di rilievo monografica per ogni punto rilevato, recante le coordinate planimetriche nel sistema di riferimento indicato (usualmente duplice: Gauss-Boaga e WGS84), la quota e la documentazione fotografica relativa alle operazioni di rilievo di campagna.

Le indagini geognostiche e geofisiche saranno georeferenziate in un apposito elaborato (**Ubicazione planimetrica delle indagini**) nella scala indicata dall'ANAS, con i seguenti contenuti:

- ubicazione di tutte le indagini eseguite nell'area interessata dal progetto;
- simbologia per i diversi tipi di indagini e codice identificativo di ciascuna di esse, riportato in planimetria;
- tabella riepilogativa delle coordinate delle indagini.

1.7 NORME PER LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI

La contabilizzazione e la conseguente valorizzazione delle operazioni eseguite verrà effettuata dall'ANAS successivamente alla consegna della documentazione tecnica ad esse relativa ed al completo recepimento delle osservazioni formulate dall'ANAS in ordine ad eventuali carenze o incompletezza della documentazione fornita. L'ANAS, quindi, sottoporrà all'Affidatario il relativo libretto delle misure per la necessaria accettazione.

L'Affidatario, nel corso dello svolgimento dei servizi, sarà comunque tenuto a seguire per proprio conto l'avanzamento e la quantificazione delle operazioni tecniche, affinché l'importo degli stessi venga contenuto entro l'ammontare complessivo indicato nel Contratto.

I servizi verranno quantificati a misura, in base ai prezzi unitari, allegati al Contratto, che risultano dall'apposito Elenco Prezzi ANAS in vigore, con le deduzioni del ribasso pattuito. Tali prezzi comprendono ogni spesa per forniture, trasporti, ecc., le quote per assicurazioni sociali del personale, ogni spesa per dare a piè d'opera macchinari, strumentazioni, dispositivi, ecc., nonché tutte le spese per prelievi, prove in sito e/o in laboratorio, per i mezzi d'opera provvisori, nessuna esclusa, e quanto altro occorra per dare i servizi completi a perfetta regola d'arte, intendendosi nei prezzi stessi compreso ogni compenso per gli oneri tutti che l'Affidatario dovrà sostenere a tale scopo.

I prezzi medesimi, diminuiti del ribasso offerto e sotto le condizioni contenute nel Contratto, s'intendono accettati dall'Affidatario, in base a sue valutazioni e sono, quindi, da intendersi invariabili durante lo svolgimento dei servizi ed indipendenti da qualsiasi eventualità.

La valorizzazione di eventuali operazioni aggiuntive non previste verrà concordata con l'Affidatario ed effettuata applicando l'Elenco Prezzi ANAS in vigore, deducendo dai corrispondenti articoli il ribasso offerto.

PARTE PRIMA – RILIEVI GEOLOGICI E TERRITORIALI

2 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

L'oggetto della presente Sezione del Capitolato è costituito dall'insieme delle attività connesse all'acquisizione dei dati di base di supporto agli studi inerenti la geologia, in senso generale, al rilievo in remoto ed al monitoraggio dei fenomeni naturali, con particolare riferimento alle condizioni geostrutturali e di stabilità dei versanti, inclusa la necessaria fase interpretativa in funzione degli specifici scopi prefissati.

Tutte le attività descritte e contenute nella presente sezione si caratterizzano per la necessità di prevedere, oltre ad una prima fase di acquisizione ed elaborazione dei dati, una successiva fase volta all'interpretazione degli stessi in funzione del contesto geologico e geomorfologico sito-specifico, attraverso la quale gli stessi possano trovare validità ed efficacia. La natura intellettuale di queste attività presuppone che esse siano svolte da strutture dotate di adeguata specializzazione. In particolare, l'Affidatario è obbligato a garantire la presenza, a tempo pieno, all'interno dell'unità lavorativa, di un Geologo in possesso dell'abilitazione alla professione. L'Affidatario sarà tenuto a comunicare all'ANAS, in occasione della consegna dei servizi, il nominativo ed i riferimenti del Geologo.

3 RILEVAMENTO GEOLOGICO

Le attività riguardanti i rilievi diretti sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Rilevamento litologico e stratigrafico;
- Rilevamento geomorfologico;
- Rilevamento idrogeologico.

Data la natura dei servizi richiesti il Geologo, in possesso dell'abilitazione alla professione, indicato dall'Affidatario, sarà responsabile dell'intero svolgimento dei servizi, curerà e coordinerà l'esecuzione delle attività di rilevamento, della stesura della relazione tecnica conclusiva e di tutti gli elaborati grafici richiesti.

Gli elaborati cartografici tematici (Carte Lito-stratigrafiche, Geomorfologiche, Idrogeologiche, Profili e Sezioni geologiche, ecc.) dovranno essere redatti in scala appropriata al livello d'indagine proposto e comunque con un dettaglio non inferiore ad 1:5.000, secondo i criteri di rappresentazione cartografica e gli schemi tipologici richiesti e forniti dall'ANAS. Essi dovranno, fra l'altro, essere corredati di tutte le informazioni utili all'individuazione della società o ente di appartenenza e ad una chiara e corretta comprensione dello studio.

Tutti gli elaborati cartografici dovranno essere redatti su basi topografiche di adeguato dettaglio e georeferenziati nel sistema UTM (ellissoide di riferimento WGS84) e Gauss-Boaga.

La valorizzazione dei servizi, di carattere professionale, dovrà essere basata su criteri oggettivi e commisurata al grado di complessità della prestazione ed alle difficoltà di ordine logistico, orografico, ecc. nonché all'impegno previsto, in termini temporali e di risorse impiegate, ed alla tipologia della documentazione prodotta, e sarà comprensiva di tutti gli oneri e spese ipotizzabili per il compiuto completamento dell'incarico.

3.1 RILEVAMENTO LITOLOGICO E STRATIGRAFICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Q.08.001** "Rilievo geologico di dettaglio su basi cartografiche"
- **Q.08.010** "Redazione schede di rilievo"
- **Q.08.014** "Stesura di relazione geologico-tecnica finale"
- **Q.08.016** "Restituzione grafica di elaborati geologici"

3.1.1 Descrizione

Consiste nella raccolta sistematica sul terreno delle informazioni riguardanti le caratteristiche geologiche dell'area e nella loro rappresentazione, mediante opportune simbologie e graficismi, su una base topografica a scala idonea. In conformità a tali caratteristiche il rilevamento geologico in sito deve essere eseguito da personale tecnico dotato di comprovata esperienza in questo specifico settore.

Questo rilevamento è finalizzato all'individuazione della litologia delle rocce affioranti (con annotazione di colore, spessore, granulometria, addensamento, tessitura, classazione, matrice, stratificazione, presenza di strutture sedimentarie, presenza di fossili), della datazione (da confermare con eventuale studio paleontologico), dei rapporti stratigrafici e tettonici (giacitura degli strati, individuazione della successione stratigrafica, presenza di elementi tettonici fragili e/o duttili con indicazione delle loro caratteristiche peculiari), delle coperture quaternarie, con analisi delle caratteristiche geotecniche, valutazione degli spessori e grado di attività.

3.1.2 Modalità esecutive

Fasi operative:

1. Ricerche bibliografiche preliminari (carte preesistenti, foto aeree, pubblicazioni e studi sull'area di interesse o zone limitrofe);
2. Rilevamento di campagna (ricerca di affioramenti, raccolta di campioni, annotazioni su libretto di campagna);

3. Elaborazione e rappresentazione dei dati (creazione di una legenda, di carte e sezioni geologiche e di note illustrative).

3.1.3 Documentazione finale

- Relazione tecnica, con indicazione dell'ubicazione dell'area di studio, studi e pubblicazioni precedenti, criteri e metodologia adottata nelle attività di rilevamento, quadro geologico generale, descrizione della successione stratigrafica individuata, descrizione degli affioramenti;
- Schede di rilevamento degli affioramenti (corredate da relativa documentazione fotografica) secondo i tipi forniti dall'ANAS;
- Carta degli affioramenti rilevati, in scala adeguata, comprendente la codifica univoca dei punti di stazione, con riferimento alle schede di dettaglio, il cromatismo simbolico riferito alla litologia rilevata, ed una rappresentazione sintetica della giacitura misurata, riferita agli elementi stratimetrici e/o tettonici;
- Carta lito-stratigrafica a scala adeguata, derivante dall'elaborazione e dall'estrapolazione areale delle informazioni di base contenute negli elaborati di cui ai punti precedenti;
- Profili e sezioni geologiche generali e di dettaglio, redatti sia secondo le esigenze generali di rappresentazione dell'assetto geologico-strutturale dell'area studiata che per eventuali situazioni critiche individuate, sia sulla base delle esigenze progettuali rappresentate dall'ANAS;
- Riferimenti bibliografici.

3.2 RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Q.08.001** "Rilievo geologico di dettaglio su basi cartografiche"
- **Q.08.010** "Redazione schede di rilievo"
- **Q.08.014** "Stesura di relazione geologico-tecnica finale"
- **Q.08.016** "Restituzione grafica di elaborati geologici"

3.2.1 Descrizione

Consiste nella raccolta sistematica sul terreno dei dati riguardanti sia le forme (di erosione e di accumulo) sia i depositi superficiali e nella loro rappresentazione, mediante opportune simbologie e graficismi, su una base topografica a scala idonea. Il rilevamento è finalizzato ad una descrizione accurata e ad un'analisi rigorosa degli aspetti fisici del territorio indagato, con particolare riguardo agli elementi geomorfologici di

criticità che lo caratterizzano. In conformità a tali caratteristiche il rilevamento geomorfologico in sito deve essere eseguito da personale tecnico dotato di comprovata esperienza in questo specifico settore.

3.2.2 Modalità esecutive

Il rilevamento geomorfologico dovrà essere condotto, salvo integrazioni e modifiche da parte dell'ANAS S.p.A., secondo le metodologie e le normative tecniche previste nel Quaderno, ser. III, vol. 4, del Servizio Geologico Nazionale (Brancaccio et alii, 1994).

Consta di:

- Ricerca cartografica, bibliografica e d'archivio (IFFI, PAI, ecc.);
- Indagini dirette di terreno;
- Fotointerpretazione.

Il rilevamento geomorfologico diretto di terreno dovrà necessariamente essere svolto contemporaneamente o successivamente a quello geologico. Da quest'ultimo, infatti, vanno desunti i dati relativi alle formazioni del substrato, che andranno rielaborati e ripartiti, secondo criteri geomorfologici, in categorie litologiche fondamentali, in base al loro grado di resistenza ai processi di degradazione ed erosione o ad altri fattori che possono assumere importanza nella morfogenesi (Brancaccio et alii, 1994).

Le indagini in sito devono essere svolte secondo la seguente modalità:

- Utilizzo di basi topografiche aggiornate e di dettaglio ($\geq 1:5.000$);
- Raccolta sistematica in sito dei dati riguardanti forme di erosione e di accumulo e dei depositi superficiali privi di una loro configurazione caratteristica.

Ogni forma, sia essa di erosione o di accumulo, va caratterizzata in base a:

- Criteri morfogenetici (genesì);
- Criteri morfometrici (geometriche);
- Criteri morfoevolutivi (stato di attività);
- Criteri morfocronologici (collocazione cronologica).

Per quanto riguarda, invece, i depositi associati alle forme di accumulo e quelli privi di una loro configurazione caratteristica, andranno acquisiti, tramite apposite schede, i dati riportati ai punti successivi. Queste informazioni (spessore, geometria, caratteristiche stratigrafiche, fisiche, strutturali, ecc.) sono di grande utilità non solo per giungere ad un'interpretazione genetica dei suddetti depositi, ma anche per finalità del tutto applicative, come negli studi finalizzati alla scelta dei tracciati stradali e nella progettazione e realizzazione delle infrastrutture viarie.

Andranno al contempo condotte interviste ai residenti ed al personale su strada (sorveglianti e cantonieri) per acquisire utili informazioni su eventuali dati di sottosuolo e sul tipo, entità e ricorrenza dei più significativi fenomeni geomorfologici avvenuti nell'area d'indagine (movimenti franosi, fenomeni alluvionali, ecc.).

3.2.3 Documentazione finale

- Relazione generale con indicazione dell'ubicazione dell'area di studio, studi e pubblicazioni prece-denti, criteri e metodologia adottata nel rilevamento geomorfologico, quadro geologico-geomorfologico generale, descrizione delle tipologie dei processi, delle forme e dei depositi superficiali riscontrati in sito e cartografati, individuazione e descrizione dettagliata degli elementi geomorfologici di maggiore criticità in funzione delle opere previste nel progetto, documentazione fotografica, riferimenti bibliografici.
- Schede di rilevamento frane, in funzione del livello progettuale (riferimento schede Progetto IFFI);
- Carta Geomorfologica in scala adeguata, recante, fra l'altro, la georeferenziazione delle stazioni di rilievo, riferite alle schede analitiche;
- Schede di rilevamento dei depositi superficiali (naturali ed antropici);
- Eventuale Cartografia tematica (ad es. carta delle isopache dei depositi superficiali, carta della suscettibilità da frana, carta delle acclività, ecc.) in scala adeguata;
- Riferimenti bibliografici.

Tabella 1 - Elementi essenziali costituenti le schede di rilevamento geomorfologico.

Tipologia di rilevamento	Informazioni fornite	
Frane <i>(Progetto IFFI – Amanti et alii, 1996; 2001a; 2001b)</i>	Codice identificativo (ID-frana)	
	Ubicazione plano-altimetrica	Estensione areale
		Sviluppo in profondità
	Caratteristiche litologiche terreni coinvolti	
	Tipologia movimento franoso	
	Stato di attività movimento franoso	
	Interazione con la struttura da realizzare	
	Documentazione fotografica	

Depositi superficiali <i>(Baggio et alii, 1997)</i>	Codice identificativo (ID-affioramento)	
	Ubicazione plano-altimetrica	
	Tipo affioramento (singolo, areale, a gruppo...)	
	Natura affioramento (esposizione naturale, sbancamento artificiale, rilevato antropico...)	
	Dimensioni	Lunghezza affioramento
		Altezza affioramento
	Durevolezza	
	Rappresentazione schematica affioramento	
	Documentazione fotografica	

3.3 RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Q.08.001** "Rilievo geologico di dettaglio su basi cartografiche"
- **Q.08.010** "Redazione schede di rilievo"
- **Q.08.014** "Stesura di relazione geologico-tecnica finale"
- **Q.08.016** "Restituzione grafica di elaborati geologici"

3.3.1 Descrizione

Consiste nella individuazione delle strutture idrogeologiche costituenti il sottosuolo ed interferenti con le opere, della geometria che regola il deflusso idrico sotterraneo, dell'interazione tra acque sotterranee di differenti acquiferi ed acque superficiali, della caratterizzazione fisica e chimica delle acque sotterranee, della definizione del deflusso idrico sotterraneo.

3.3.2 Modalità esecutive

Consta di:

- Raccolta bibliografica di tutte le informazioni (geologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche, tettoniche, idrogeologiche) sull'area di studio;
- Acquisizione dei dati diretti relativi ai punti d'acqua (pozzi, sorgenti) opportunamente georeferenziati, censiti e gestiti da privati o da Enti/Amministrazioni ed ai principali parametri

idrologici e climatici (precipitazioni, temperature, ecc.) presso Servizi Idrografici, Regioni, Università, ecc.;

- Ricostruzione del modello idrogeologico interferente con le opere, con restituzione dei relativi elaborati.

Le informazioni da raccogliere sul campo, relativamente a ciascun pozzo o sorgente saranno, oltre a quelle generali (ubicazione, georeferenziazione, proprietà, stratigrafia, condizionamento, profondità pompa, livello statico/dinamico, ecc.), quelle inerenti i dati caratteristici più significativi, quali l'uso e le caratteristiche chimico-fisiche rilevabili speditivamente (temperatura, pH, conducibilità, O₂ disciolto, altro) eventualmente, su richiesta dell'ANAS, integrate con il prelievo di campioni d'acqua per determinazioni di carattere chimico-fisico e/o microbiologico.

Tramite tali dati, congiuntamente a quelli dedotti da bibliografia, è possibile attribuire ai terreni caratteristiche idrauliche utili alla ricostruzione delle caratteristiche della circolazione idrica sotterranea e della morfologia della superficie piezometrica.

A tale scopo, tramite lettura ed interpretazione delle carte geologiche e rilievi mirati, integrati con i dati di base opportunamente acquisiti, è possibile mappare e quantificare le aree di ricarica delle acque sotterranee e l'infiltrazione dell'acqua stessa ai fini della valutazione del bilancio idrogeologico.

Nelle aree prive di affioramenti, ad esempio in aree di pianura, ove non è possibile effettuare un rilevamento geologico diretto di dettaglio, le informazioni sul sottosuolo sono ricavate da indagini dirette o indirette specifiche (sondaggi, prove di permeabilità, altro).

3.3.3 Documentazione finale

- Relazione generale con indicazione dell'ubicazione dell'area di studio, studi e pubblicazioni precedenti, criteri e metodologia adottata nel rilevamento idrogeologico, quadro geologico-geomorfologico generale, bilancio idrogeologico dell'area di studio, descrizione delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni (permeabilità, conducibilità, chimismo, altro), documentazione fotografica, riferimenti bibliografici.
- Schede di rilevamento dei punti d'acqua secondo standard forniti dall'ANAS;
- Carta dei punti d'acqua censiti (pozzi e sorgenti, ecc.) con codifica univoca e riferimento specifico alle schede analitiche;
- Carta Idrogeologica in scala adeguata;
- Cartografia tematica (ad es. carta delle isopieze, delle isoaline, carta della distribuzione di particolari parametri, carta della vulnerabilità degli acquiferi, ecc.).

4 RILIEVI GEOSTRUTTURALI E/O GEOMECCANICI

Un ammasso roccioso è un mezzo discontinuo, usualmente costituito da blocchi di materiale separati da giunti o da discontinuità; il suo comportamento meccanico dipende quindi sia dalle proprietà del materiale roccioso (matrice) sia dalle caratteristiche delle discontinuità. Inoltre, le discontinuità introducono nell'ammasso roccioso una struttura orientata anche quando il materiale roccioso è isotropo; ne deriva spesso una anisotropia del comportamento meccanico dell'ammasso. Principale obiettivo di tutti questi rilievi sarà dunque quello di definire le proprietà della matrice rocciosa e quelle delle discontinuità e, di conseguenza, la qualità degli ammassi rocciosi investigati mediante l'ausilio dei sistemi classificativi di uso più comune. Dovranno dunque essere tassativamente ricavati tutti i parametri necessari affinché, attraverso l'utilizzo dei metodi di approccio equivalente continuo presenti in letteratura scientifica e tecnica, sia possibile definire le caratteristiche meccaniche, in termini di resistenza e deformabilità, degli ammassi rocciosi, alla scala di versante e/o dell'opera in progetto. Analogamente, attraverso l'utilizzo delle proiezioni stereografiche, dovranno essere evidenziati condizioni di instabilità, anche potenziale, dovute alla presenza ed orientamento nello spazio di piani di discontinuità che possono rappresentare superfici di scorrimento planare e/o di cunei di roccia (Test di Markland).

4.1 RILIEVI GEOMECCANICI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Q.08.015** "Rilievo geostrutturale e geomeccanico di affioramenti rocciosi"
- **Q.08.017** "Rilievo geostrutturale e geomeccanico di pareti rocciose subverticali"

4.1.1 Descrizione

Acquisizione, mediante misure dirette su affioramenti rocciosi naturali o artificiali e/o su fronti di scavo, degli elementi relativi alle caratteristiche geostrutturali e geomeccaniche dell'ammasso roccioso. Tali rilevamenti sono finalizzati a classificazioni di tipo sia qualitativo che quantitativo, e, tramite metodi di approcci equivalenti continui, alla definizione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi.

Il rilevamento geostrutturale permette di definire la distribuzione geometrica e statistica delle discontinuità presenti su un affioramento, la cui rappresentazione spaziale è effettuata tramite il ricorso alle proiezioni stereografiche.

4.1.2 Modalità esecutive

L'esecuzione dei rilievi deve essere conforme alle prescrizioni "ISRM (1978) - Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 15, pp. 319–368", e "ISRM -

Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose. (1993) Rivista Italiana di Geotecnica, n.2, 151-200", alle quali si rimanda direttamente per quanto non espressamente precisato nel seguito.

Il rilievo di ogni stazione di misura si esegue avendo cura di selezionare affioramenti rappresentativi ed omogenei da rilevare e documentare separatamente.

Il rilievo si eseguirà materializzando sul fronte da rilevare una linea, della maggior lunghezza possibile, effettuando le misure in corrispondenza dei punti di intersezione dei piani con la traccia dello stendimento e misurando solo le discontinuità che intersecano la linea di rilievo.

Si dovranno eseguire stendimenti di misura fra loro tendenzialmente ortogonali, in modo da descrivere compiutamente l'ammasso in senso realisticamente tridimensionale.

Regolari alternanze di diversi tipi litologici (es.: sabbie ed argille, marne e calcareniti) potranno essere definite con il termine di "interstratificazione" precisando la media aritmetica dello spessore dei livelli e descrivendo il ritmo delle alternanze.

Ad ogni stazione di misura verrà quindi associata una scheda di rilievo che dovrà contenere innanzitutto le informazioni generali di descrizione del sito come di seguito dettagliate:

- Codice univoco della stazione di misura;
- Data;
- Operatore;
- Località;
- Riferimento cartografico;
- Tipo di affioramento e, nel caso di versante artificiale, il metodo di scavo utilizzato;
- Giacitura del piano affioramento (orientazione, altezza sul piano campagna, larghezza);
- Giacitura di ogni linea di scansione (direzione, inclinazione, lunghezza).

Andranno evidenziati i principali elementi geologici e stratigrafici (formazione, età, litologia, presenza di faglie, pieghe, fratture beanti, presenza di filoni, evidenze di carsismo, contatti litologici interni all'area di rilievo) e descritto il tipo di ammasso (massivo, a blocchi, irregolare, lastriforme, colonnare) secondo la classificazione proposta da Ercoli (1981).

Andrà inoltre evidenziata la presenza e la tipologia di eventuali fenomeni di instabilità in roccia in corrispondenza del fronte di rilievo. Andranno indicate le giaciture dei piani di discontinuità sui quali si è sviluppato il fenomeno gravitativo ed il volume della massa mobilizzata.

La matrice rocciosa, andrà descritta e caratterizzata in base ai seguenti parametri:

- Definizione petrografica: che deve tenere conto, almeno a grandi linee, della modalità di formazione, della costituzione mineralogica e delle caratteristiche tessiturali. La roccia andrà quindi classificata secondo gli schemi adottati in "ISRM (1981) – Basic geotechnical description of rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 18, pp. 85-110";
- Grado di alterazione, che può modificare sostanzialmente le caratteristiche meccaniche della matrice rocciosa. Esso andrà indicato attraverso la classificazione proposta in ISRM (1978);
- Proprietà indice riferite alla classifica tecnica di Deere e Miller (1966), basata sia sulla resistenza a compressione uniassiale, sia sul rapporto tra quest'ultimo e il modulo di tangente di Young. In assenza di prove di laboratorio geotecnico è possibile utilizzare prove speditive di campo quali il Point Load Test o la prova sclerometrica (martello di Schmidt di tipo L) per la stima delle caratteristiche di resistenza e deformabilità della roccia intatta.

Ogni discontinuità intercettata lungo la linea di rilievo dovrà essere descritta in base alle seguenti caratteristiche:

- Intersezione: distanza tra il punto d'inizio della linea di scansione e il punto nel quale il piano di discontinuità interseca la linea;
- Tipo di discontinuità (piano di strato, di scistosità, contratto stratigrafico, piano di clivaggio, faglia, vena, altro);
- Giacitura: ovvero l'orientazione nello spazio, in termini di "direzione di immersione" (*dip direction*) e di inclinazione (*dip*) del piano di discontinuità;
- Estensione o semitraccia. Si intende la lunghezza della discontinuità misurata a partire dal punto di intersezione con la linea di scansione fino alla terminazione superiore od inferiore della discontinuità;
- Terminazione della semitraccia secondo la simbologia indicata dall'ISRM (I = roccia intatta; A = altra discontinuità; O = fuori affioramento);
- Rugosità, o scabrezza riferita alle irregolarità a piccola scala delle pareti della discontinuità e, definita dal valore del parametro JRC (*Joint Roughness Coefficient*), variabile da 1 a 20, ricavato attraverso l'utilizzo di un profilatore a pettine (*Shape Tracer di Barton*) ed ad un abaco proposto da Barton & Choubey (1977);
- Apertura, intesa come distanza ortogonale tra le pareti della discontinuità;
- Riempimento: materiale presente all'interno delle discontinuità aperte, definito precisando composizione granulometrica, mineralogica e la compattezza dello stesso;

- Alterazione delle pareti. Questo parametro fornisce importanti indicazioni, specialmente su fronti di scavo in sotterraneo, circa la presenza di filtrazione di acqua negli ammassi rocciosi, essendo le discontinuità delle vie preferenziali della circolazione idrica in profondità;
- Resistenza a compressione uniassiale delle pareti delle discontinuità JCS (*Joint Compressive Strength*) determinata attraverso l'utilizzo dello sclerometro (Martello di Schmidt di tipo L). Ogni serie di misure dovrà consistere in 10 prove sclerometriche sulla superficie della discontinuità naturale. Secondo quanto prescritto da Barton & Choubey (1977), andranno scartati i 5 valori più bassi e la resistenza a compressione uniassiale andrà determinata sul valore medio dei rimanenti 5 valori di indice di rimbalzo.

Ogni stazione di rilievo geomeccanico dovrà essere corredata da apposita documentazione fotografica.

L'elaborazione dei dati rilevati in sito e riportati sulle schede di rilievo dovrà evidenziare le seguenti caratteristiche dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso investigato:

- Individuazione delle famiglie di discontinuità, anche attraverso l'utilizzo delle rappresentazioni stereografiche, della giacitura media delle stesse e del tipo principale dei piani che ne fanno parte;
- Spaziatura totale, intesa come distanza media, tra due piani di discontinuità lungo la linea di scansione e stima dell'indice RQD (*Rock Quality Designation Index*) come proposto da Deere (1964). Per descrivere qualitativamente la spaziatura delle discontinuità verranno utilizzati i termini di seguito riportati (ISRM, 1978):
 - < 6 cm Fratture molto ravvicinate;
 - 6 ÷ 20 cm Fratture ravvicinate;
 - 20 ÷ 60 cm Fratture moderatamente ravvicinate;
 - 60 ÷ 200 cm Fratture distanziate;
 - > 200 cm Fratture molto distanziate.
- Spaziatura del singolo set di discontinuità, intesa come media delle distanze, misurate in direzione ortogonale tra due piani adiacenti appartenenti alla stessa famiglia;
- Volume Roccioso Unitario (V.R.U.), espresso in metri cubi, ed inteso come volume del blocco tipico di ammasso, stimato sia da evidenze qualitative, come l'osservazione dei detriti eventualmente presenti, sia attraverso valutazioni quantitative utilizzando il valori di spaziatura medi delle singole famiglie di discontinuità individuate;
- Indicazione del J_v , ovvero il numero di discontinuità per metro cubo di ammasso, ricavato secondo le indicazioni dell'ISRM e di Palmstrom (1982, 1985, 1986).

Sulla base dei dati raccolti andrà effettuata una valutazione dei principali schemi classificativi degli ammassi rocciosi fratturati utilizzati in letteratura, fra cui:

- RQD (*Rock Quality Designation Index*) come proposto da Deere (1964);
- Classificazione *Rock Mass Rating* (RMR), proposta da Bieniawsky (1989);
- Classifica NGI o *Rock Quality Index (Q-System)*, proposto da Barton et al. (1974);
- Classifica GSI (*Geological Strength Index*) proposta da Marinos & Hoek (2000).

4.1.3 Documentazione finale

- Relazione generale con indicazione dell'ubicazione dell'area di studio, studi e pubblicazioni precedenti, criteri e metodologia adottata nel rilevamento geostrutturale-geomeccanico, quadro geologico-geomorfologico generale, descrizione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni, documentazione fotografica con visibili le tracce degli stendimenti, riferimenti bibliografici;
- Schede di rilevamento geostrutturale e geomeccanico, corredate da proiezioni stereografiche e dall'indicazione degli indici di qualità geomeccanica degli ammassi (RMR, GSI, ecc.) e dei relativi grafici descrittivi, secondo standard forniti dall'ANAS;
- Planimetria ubicativa delle stazioni di rilievo;
- Carta Geostrutturale in scala adeguata;
- Cartografia tematica a corredo.

4.2 RILIEVI GEOSTRUTTURALI TRAMITE TECNICHE FOTOGRAFICHE

4.2.1 Descrizione

Ottenimento di modelli numerici tridimensionali in forma digitale (DTM) dell'ammasso roccioso accoppiati ad immagini dell'ammasso stesso, per ricavare immagini sulle quali è possibile leggere direttamente le coordinate di ogni punto visibile del pendio e, conseguentemente, calcolarne i parametri geometrici richiesti quali orientazione, spaziatura e persistenza di un cospicuo numero di discontinuità.

E' necessario eseguire una validazione dei risultati, con confronti a campione, con dati acquisiti in tradizionale.

4.2.2 Modalità esecutive

Di seguito una tabella riassuntiva sulle modalità operative volte ad acquisire i dati 3D.

Tabella 2 – Modalità operative per l'acquisizione dei dati 3D.

Fasi	Azioni	Finalità
Operazioni in sito	Presa delle immagini	
	Rilievo di controllo (<i>con punti non visibili di una rete geodetica occorrono almeno quattro punti visibili non allineati ricavabili con GPS o stazione totale</i>)	Georeferenziazione del blocco di immagini
		Controllo della deformazione del blocco di immagini
Operazioni indoor (<i>orientazione del blocco</i>)	Generazione nuvola di punti (<i>tramite algoritmi "image matching"</i>)	
	Messa a punto ed elaborazione della nuvola di punti	Eliminazione degli errori
		Co-registrazione nelle sezioni di sovrapposizione
	Estrazione dei piani e delle tracce (<i>manuale o automatica</i>)	

Quando le immagini necessarie per la realizzazione del DTM sono numerose la sovrapposizione minima deve essere del 50%.

Le operazioni di rilievo da piattaforma fissa dovranno prevedere postazioni di ripresa tali da consentire la riduzione delle zone d'ombra, incrementare la densità del dato e consentire l'identificazione di tutti i sistemi di discontinuità presenti. Ove possibile, si dovranno effettuare rilievi anche da quote diverse dello stesso fronte.

Il numero di postazioni di rilievo dovrà essere funzione dell'estensione dell'area da rilevare, della sua complessità geometrica, della complessità strutturale dell'ammasso (numero di famiglie di discontinuità) e della visibilità. La densità di acquisizione del dato dovrà essere sufficientemente elevata da poter garantire un'adeguata caratterizzazione dei sistemi di discontinuità e delle loro caratteristiche. Salvo diversa indicazione della stazione appaltante si dovranno prevedere una densità della nuvola di punti non inferiore a 2 punti per cm².

Ai fini della successiva esecuzione di una corretta analisi geostrutturale dovranno essere restituiti almeno i seguenti prodotti di base:

- nuvola di punti in colori reali (colorata attraverso le fotografie acquisite dalla fotocamera integrata o calibrata);
- modelli digitali del terreno 3D attraverso l'utilizzo di metodi di interpolazione o approssimazione adeguati siano essi basati su maglie regolari o irregolari (la cui scala dovrà

essere funzione della scala del rilevamento richiesto) con dimensione media del lato della griglia non inferiore a 5 cm;

- curve di livello (la cui scala dovrà essere funzione della scala del rilevamento richiesto);
- prodotti derivati dai modelli digitali del terreno (es. carte delle pendenze e delle esposizioni);
- eventuali ulteriori prodotti (es. ortofoto di precisione).

I dati raccolti devono essere trattati opportunamente tramite analisi probabilistiche che permettano l'individuazione delle famiglie di discontinuità ed i relativi parametri geometrici quantificando i valori medi e le relative dispersioni.

L'esecuzione dell'analisi geostrutturale dovrà prevedere:

- l'identificazione delle principali famiglie di discontinuità;
- il calcolo del valore medio e della deviazione standard dei valori di direzione ed immersione;
- il calcolo dei valori medi di spaziatura per ogni famiglia di discontinuità per tutta l'estensione del fronte di rilievo;
- il calcolo dei valori di persistenza di ogni frattura principale identificata sul fronte;
- il calcolo dei valori di apertura delle discontinuità ove le stesse lo consentano;
- il calcolo della geometria e della dimensione dei blocchi svincolati.

Si dovrà effettuare, inoltre, almeno un sopralluogo sul sito di indagine (da dimostrare all'atto della presentazione dei prodotti finali) da parte del responsabile dell'analisi geostrutturale e l'esecuzione di un numero adeguato di rilievi diretti in parete per la calibrazione e validazione delle analisi. Il numero di rilievi in parete (da definire in accordo con la Stazione Appaltante) non potrà comunque prevedere una interdistanza tra le stazioni maggiore di 30 metri in quota e 100 metri lungo l'estensione longitudinale della parete.

4.2.3 Documentazione finale

- Relazione finale contenente, oltre le specifiche tecniche della commessa:
 - descrizione delle attività di rilievo;
 - indicazione delle strumentazioni utilizzate;
 - descrizione dettagliata delle attività di analisi ed elaborazione dati;
 - strumenti software utilizzati;
 - descrizione dei risultati del rilievo e sue caratteristiche;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;

- indicazione degli strumenti software utilizzati dall'interprete;
- Dati di base (nuvole di punti georiferite in colori reali in formato testo, fotografie, modelli digitali del terreno in scala idonea, elenco coordinate come derivate dal rilievo topografico di supporto, curve di livello con interdistanza adeguata alla scala del rilievo);
- Rappresentazione polare (es. diagramma di Schmidt) di tutte le discontinuità di ammasso misurate;
- Tabelle riepilogative dei valori di giacitura e immersione delle singole famiglie di discontinuità (incluso calcolo della dispersione media) e delle relative spazature, aperture e persistenze;
- Localizzazione dei blocchi svincolati e restituzione della loro geometria e dimensione.

4.3 RILIEVI GEOSTRUTTURALI TRAMITE TECNICHE LASER-SCANNER

4.3.1 Descrizione

Analisi dello stato di fratturazione dell'ammasso e delle sue caratteristiche geometriche eseguito sulla base di nuvole di punti e modelli digitali del terreno (DTM) acquisiti tramite rilievi con sistemi Laser Scanner da piattaforma terrestre.

I sistemi Laser Scanner si basano su sensori installati su piattaforme fisse o mobili in grado di generare numerosi impulsi elettromagnetici, solitamente in lunghezze d'onda variabili tra il visibile e l'infrarosso, e di ricevere la loro risposta da tutti quegli oggetti presenti nell'area di rilievo al fine di attribuirne le coordinate spaziali.

E' richiesta l'integrazione del rilievo Laser Scanner con sensori fotografici (siano essi integrati o esterni al sensore Laser) tali da consentire l'acquisizione di immagini ottiche ad alta risoluzione.

4.3.2 Modalità esecutive

Le operazioni di rilievo da piattaforma fissa dovranno prevedere postazioni di rilievo multiple tali da consentire la riduzione delle zone d'ombra, incrementare la densità del dato e consentire l'identificazione di tutti i sistemi di discontinuità presenti. Ove possibile, si dovranno effettuare rilievi della stessa area anche da quote diverse.

Il numero di postazioni di rilievo dovrà essere funzione dell'estensione dell'area da rilevare, della sua complessità geometrica, della complessità strutturale dell'ammasso e della visibilità. La densità di acquisizione del dato dovrà essere sufficientemente elevata da poter garantire un'adeguata caratterizzazione dei sistemi di discontinuità e delle loro caratteristiche. Salvo diversa indicazione della stazione appaltante si dovranno prevedere le seguenti caratteristiche:

- esecuzione di almeno tre scansioni da posizioni diverse;

- rilievi da distanze inferiori ai 300 m;
- densità della nuvola di punti non inferiore a 2 punti per cm².

Ai fini della successiva esecuzione di una corretta analisi geostrutturale dovranno essere restituiti almeno i seguenti prodotti di base:

- nuvola di punti in falsi colori (colore indicativo dell'ampiezza dell'eco laser);
- nuvola di punti in colori reali (colorata attraverso le fotografie acquisite dalla fotocamera integrata o calibrata);
- modelli digitali del terreno 3D attraverso l'utilizzo di metodi di interpolazione o approssimazione adeguati siano essi basati su maglie regolari o irregolari (la cui scala dovrà essere funzione della scala del rilevamento richiesto) con dimensione media del lato della griglia non inferiore a 5 cm;
- curve di livello (la cui scala dovrà essere funzione della scala del rilevamento richiesto);
- profili topografici lungo tracce di sezione rappresentative (la cui scala dovrà essere funzione della scala del rilevamento richiesto);
- prodotti derivati dai modelli digitali del terreno (es. carte delle pendenze e delle esposizioni);
- eventuali ulteriori prodotti (es. ortofoto di precisione).

L'esecuzione dell'analisi geostrutturale dovrà prevedere:

- l'identificazione delle principali famiglie di discontinuità;
- il calcolo del valore medio e dell'errore nella definizione dei valori di direzione, immersione ed inclinazione;
- il calcolo dei valori medi di spaziatura per ogni famiglia di discontinuità per tutta l'estensione del fronte di rilievo;
- il calcolo dei valori di persistenza di ogni frattura principale identificata sul fronte;
- il calcolo dei valori di apertura delle discontinuità ove le stesse lo consentano;
- il calcolo del numero di discontinuità per m³;
- il calcolo della geometria e della dimensione dei blocchi svincolati.

Si dovrà effettuare, inoltre, almeno un sopralluogo sul sito di indagine da parte del responsabile dell'analisi geostrutturale e l'esecuzione di un numero adeguato di rilievi diretti in parete per la calibrazione e validazione delle analisi Laser Scanner. Salvo diversa indicazione dell'ANAS, si prevede l'esecuzione di un numero di rilievi in parete aventi interdistanza non superiore a 30 metri in quota e 100 metri lungo l'estensione longitudinale della parete.

4.3.3 Documentazione finale

- Relazione finale contenente, oltre le specifiche tecniche della commessa:
 - descrizione delle attività di rilievo Laser;
 - indicazione delle strumentazioni utilizzate;
 - descrizione dettagliata delle attività di analisi ed elaborazione dati;
 - strumenti software utilizzati;
 - descrizione dei risultati del rilievo laser e sue caratteristiche;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;
 - indicazione degli strumenti software utilizzati dall'interprete;
- Dati di base Laser Scanner (nuvole di punti georiferite in colori reali in formato testo, viste prospettive delle nuvole di punti in colori reali, fotografie, modelli digitali del terreno in scala idonea, elenco coordinate geografiche, curve di livello con equidistanza adeguata alla scala del rilievo in formato .dwg o .shp);
- Rappresentazione polare (es. diagramma di Schmidt) di tutte le discontinuità di ammasso misurate con indicazione dei sistemi di discontinuità individuati;
- Tabelle riepilogative dei valori di giacitura delle singole famiglie di discontinuità (incluso calcolo della dispersione media) e delle relative spazature, aperture e persistenze;
- Localizzazione dei blocchi svincolati e restituzione della loro geometria e dimensione.

5 RILIEVI FOTOGRAMMETRICI

La fotogrammetria è una tecnica che consente di determinare metricamente forma e posizione di oggetti, partendo da almeno due fotogrammi distinti che riprendono lo stesso oggetto (Coppia Stereoscopica). Essa, dunque, permette di identificare la posizione spaziale di tutti i punti d'interesse dell'oggetto considerato.

L'applicazione di tecniche di telerilevamento basate sulla fotogrammetria dovrà essere finalizzata all'analisi del territorio, sia a scala locale che regionale, con particolare riferimento all'interpretazione dei caratteri geologici e delle forme e dei processi geomorfologici insistenti nell'area di interesse progettuale.

5.1 FOTO-INTERPRETAZIONE AEREA E SATELLITARE

5.1.1 Descrizione

Identificazione e mappatura di frane e riconoscimento di strutture e caratteri geologici particolari. Attraverso l'interpretazione di fotografie aeree stereoscopiche è possibile ottenere informazioni sui caratteri fisiografici, morfologici, litologici e geologici di un territorio.

5.1.2 Modalità esecutive

Consta di tre fasi:

1. Acquisizione di informazioni bibliografiche di tipo cartografico, scientifico e storico e scelta delle fotografie aeree di diverso tipo, scala ed età;
2. Analisi delle informazioni tramite l'interpretazione delle fotografie aeree, annotazione dei dati foto-interpretati su fogli trasparenti sovrapposti alle foto, trasferimento dei dati foto-interpretati, tramite disegno su carta topografica od informatizzazione direttamente a video (head-up digitizing), revisione della foto-interpretazione, mediante rilettura delle foto a scale diverse e mirati sopralluoghi in campagna;
3. Informatizzazione dei dati foto-interpretati in un sistema informativo geografico (GIS) che consente lo stoccaggio dell'informazione, la creazione di una banca dati, la visualizzazione e l'analisi dei dati.

Individuazione e classificazione di:

- Forma (legata all'aspetto della superficie topografica);
- Dimensione (estensione areale);
- Colore, contrasto e tonalità (caratteristiche di suoli, vegetazione e rocce): definizione dello stato di attività delle frane e caratterizzazione delle aree a diverso grado di umidità;
- Tessitura (legata alle condizioni di rugosità del terreno): definizione della tipologia e della granulometria dei depositi di detrito;
- Pattern (distribuzione spaziale degli oggetti): da cui dedurre caratteristiche di resistenza e di fratturazione delle rocce, per identificare la presenza di faglie o di altri lineamenti tettonici;
- Topografia: riflette i caratteri morfologici quali le differenze di quota, le pendenze, le concavità e convessità presenti nell'area di studio;
- Assetto (caratteri litologici, geologici, morfologici, climatici, vegetazionali, ecc., in rapporto all'ambiente circostante).

5.1.3 Documentazione finale

- Relazione finale che dovrà contenere almeno le seguenti informazioni (ubicazione del sito, descrizione della commessa, descrizione delle modalità di analisi fotointerpretativa comprese indicazioni esplicite degli strumenti di analisi utilizzati, descrizione dei risultati, indicazione degli operatori e dell'interprete);
- Dati di base (foto aeree utilizzate, loro provenienza e caratteristiche, date di riferimento delle singole immagini, piano di volo e strisciata relativa);
- Carta tematica riassuntiva, rappresentativa degli elementi acquisiti.

5.2 FOTO-MONITORAGGIO AEREO E SATELLITARE

5.2.1 Descrizione

Analisi dell'evoluzione geomorfologica di porzioni di territorio e misura dei cambiamenti e degli spostamenti superficiali mediante il confronto di immagini aeree e/o satellitari.

Con il termine "Fotomonitoraggio" si intende l'esecuzione di analisi di immagini ottiche e/o multispettrali e/o radar, in grado di fornire informazioni quantitative e qualitative relative all'evoluzione temporale dei processi geomorfologici che insistono su una determinata porzione di territorio.

5.2.2 Modalità esecutive

L'attività di Fotomonitoraggio potrà essere eseguita con immagini acquisite in diverse modalità, ovvero da diverse piattaforme (aeree, incluso il rilievo con sistemi aeromobili a pilotaggio remoto; satellitari) e da diversi sensori (ottici, multispettrali, radar).

Le analisi con metodologia di Fotomonitoraggio dovranno essere eseguite su *dataset* di immagini acquisite dalla stessa tipologia di piattaforma, su una stessa area, in tempi diversi, e dovranno essere condotte mediante specifici algoritmi che consentano di valutare l'eventuale variazione delle caratteristiche radiometriche (*Change Detection*) e/o lo spostamento verificatosi nell'intervallo di tempo coperto dall'acquisizione delle immagini (*Digital Image Correlation*). L'accuratezza delle analisi dovrà essere almeno pari a 1/10 di pixel.

5.2.3 Documentazione finale

Le analisi, condotte da operatori esperti in telerilevamento e nell'analisi e interpretazione dei processi geomorfologici, dovranno produrre i seguenti prodotti di base:

- Mappe multi-temporali dei cambiamenti derivanti dall'analisi dei dati con algoritmi di *Change Detection*;

- Mappe multi-temporali di spostamento derivanti dall'analisi tra immagini con algoritmi di *Digital Image Correlation*, per la rappresentazione dell'intensità e della direzione degli spostamenti;
- Serie temporali di spostamento dei punti di misura individuati (pixel con elevato coefficiente di correlazione);
- Interpretazione dei risultati e descrizione dei fenomeni osservati.

Tali prodotti dovranno essere forniti su supporto cartaceo attraverso una Relazione Tecnica conclusiva che dovrà contenere almeno le seguenti informazioni: ubicazione del sito, descrizione della commessa, indicazione degli operatori e dell'interprete, descrizione delle immagini selezionate e utilizzate (sensore, piattaforma aerea e/o satellitare, provenienza, caratteristiche di risoluzione spaziale e radiometrica, date di acquisizione) e descrizione degli algoritmi specifici utilizzati.

5.3 FOTO-MONITORAGGIO TERRESTRE

5.3.1 Descrizione

Identificazione e misura dei cambiamenti e degli spostamenti superficiali del terreno e delle strutture mediante il confronto di immagini acquisite da piattaforme terrestri.

Con il termine "Fotomonitoraggio" si intende l'esecuzione di analisi di immagini ottiche e/o multispettrali e/o radar, in grado di fornire informazioni quantitative e qualitative relative all'evoluzione temporale dei processi che inducono variazioni del terreno e delle strutture.

5.3.2 Modalità esecutive

L'attività di Fotomonitoraggio dovrà essere eseguita con immagini acquisite da sensori ad alta risoluzione (ad es. fotocamera DSLR - Digital Single-Lens Reflex) opportunamente installati in modo tale da garantire la massima visibilità durante l'intero periodo di operatività. Le immagini dovranno essere acquisite in automatico con una cadenza minima di 10 minuti nelle ore diurne.

Le analisi con metodologia di Fotomonitoraggio dovranno essere eseguite su *dataset* di immagini acquisite dalla stessa tipologia di piattaforma, su una stessa area, in tempi diversi, e dovranno essere condotte mediante specifici algoritmi che consentano di valutare l'eventuale variazione delle caratteristiche radiometriche (*Change Detection*) e/o lo spostamento verificatosi nell'intervallo di tempo coperto dall'acquisizione delle immagini (*Digital Image Correlation*). L'accuratezza delle analisi dovrà essere almeno pari a 1/10 di pixel.

5.3.3 Documentazione finale

Le analisi, condotte da operatori esperti in telerilevamento e nell'analisi e interpretazione dei processi geomorfologici, dovranno produrre i seguenti prodotti di base:

- Mappe multi-temporali dei cambiamenti derivanti dall'analisi dei dati con algoritmi di *Change Detection*;
- Mappe multi-temporali di spostamento derivanti dall'analisi tra immagini con algoritmi di *Digital Image Correlation*, per la rappresentazione dell'intensità e della direzione degli spostamenti;
- Serie temporali di spostamento dei punti di misura individuati (pixel con elevato coefficiente di correlazione);
- Interpretazione dei risultati e descrizione dei fenomeni osservati.

Tali prodotti dovranno essere forniti su supporto cartaceo attraverso una Relazione Tecnica conclusiva che dovrà contenere almeno le seguenti informazioni: ubicazione del sito, descrizione della commessa, indicazione degli operatori e dell'interprete, descrizione delle immagini selezionate e utilizzate (sensore, piattaforma terrestre, provenienza, caratteristiche di risoluzione spaziale e radiometrica, date di acquisizione) e descrizione degli algoritmi specifici utilizzati.

6 RILIEVI INTERFEROMETRICI

L'interferometria è un metodo di analisi che, attraverso il confronto della fase di segnali elettromagnetici emessi nel campo delle microonde e riflessi dagli oggetti presenti a terra, consente di stimare lo spostamento di determinati punti naturalmente presenti nell'area di rilievo, aventi un adeguato valore di back-scatter del segnale radar, o di riflettori artificiali appositamente installati.

Ogni rilievo interferometrico sarà completato con l'approntamento e la gestione di una specifica piattaforma web-GIS di distribuzione dati. Il servizio dovrà consentire esclusivamente la consultazione e visualizzazione di tutte le misure effettuate da parte degli utenti autorizzati dall'ANAS, tramite una piattaforma cloud web-GIS. L'interfaccia di consultazione dovrà essere in lingua italiana.

Le informazioni accessibili dovranno contenere per ogni punto misurato, il grafico delle serie temporali di spostamento ed i valori di velocità, accelerazione e coerenza temporale.

Tramite il portale web-GIS dovranno essere consultabili le seguenti informazioni:

- Posizione geografica (latitudine, longitudine, quota);
- Velocità;
- Accelerazione;

- Grafico di spostamento misurato;
- Retta di regressione lineare semplice degli spostamenti;
- Informazioni circa l'affidabilità delle misure (coerenza temporale);
- Tool dedicato al filtraggio per la visualizzazione delle misure sulla base di soglie di velocità variabili dinamicamente dall'utente;
- Tool dedicato al filtraggio per la visualizzazione delle misure sulla base di soglie di accelerazione variabili dinamicamente dall'utente;
- Interrogazione interattiva di singoli punti di misura e di gruppi per la consultazione delle serie storiche di spostamento.

6.1 INTERFEROMETRIA SAR SATELLITARE

6.1.1 Descrizione

Misura degli spostamenti eseguita utilizzando immagini SAR acquisite da sensori SAR installati su piattaforme satellitare.

L'interferometria SAR satellitare consiste nell'applicazione di tecniche di analisi interferometrica di immagini SAR (Radar ad Apertura Sintetica) acquisite da sensori installati su appositi satelliti disponibili presso le agenzie spaziali o le aziende autorizzate alla loro commercializzazione.

Le analisi interferometriche SAR satellitari per finalità di radar-interpretazione e monitoraggio geomorfologico dovranno essere eseguite utilizzando appositi metodi di analisi del dato basati su dataset di serie temporali di immagini acquisite sulla stessa area e lungo la stessa orbita in tempi diversi (metodi A-DInSAR - Advanced Differential Interferometric SAR) che consentano la stima delle quote e la rimozione del disturbo atmosferico, al fine di una ottimale stima degli spostamenti.

6.1.2 Modalità esecutive

L'analisi interferometrica SAR satellitare per finalità di radar-interpretazione e monitoraggio geomorfologico dovrà prevedere l'esecuzione di un'analisi di fattibilità a scala dell'intera area di rilevamento, da svolgere attraverso l'utilizzo di software commerciali o algoritmi proprietari, finalizzata ad una migliore interpretazione dei dati interferometrici. L'analisi interferometrica dovrà inoltre essere eseguita, in caso di disponibilità di immagini, utilizzando sia la geometria di acquisizione ascendente che quella discendente.

Dovranno essere identificati, anche attraverso appositi sopralluoghi in sito, una selezione di punti di monitoraggio e la loro corrispondenza con punti a terra. Si dovrà inoltre porre particolare attenzione a distinguere tra punti a terra e punti ubicati su strutture.

Salvo diversa indicazione della stazione appaltante, con particolare riferimento alle attività di monitoraggio, la misura degli spostamenti potrà essere attivata solo nel momento in cui saranno disponibili almeno 10 immagini nella stessa geometria orbitale.

Si dovrà inoltre prevedere in tutti i casi una cross-validazione dei risultati ottenuti attraverso una delle seguenti strategie:

- confronto con dati di monitoraggio indipendente su uno o più settori dell'area analizzata;
- analisi contestuali su immagini satellitari acquisite da satelliti diversi. In caso le opzioni sopra riportate non siano applicabili, si dovranno preventivamente concordare le modalità di cross-validazione con la stazione appaltante.

A livello di progetto definitivo ed esecutivo si dovrà inoltre prevedere un'analisi avanzata di dettaglio a scala locale attraverso metodi in grado di rilevare e quantificare eventuali processi deformativi caratterizzati da andamento non lineare nel tempo, qualora questi rientrino nei limiti di osservabilità tramite tecnica interferometrica SAR satellitare.

Ai fini della successiva esecuzione di una corretta radar-interpretazione geomorfologica dovranno essere restituiti almeno i seguenti prodotti di base:

- coordinate accurate di tutti i punti di misura distinti per geometria orbitale (ascendente e discendente);
- stima dell'estensione a terra e loro geometria di tutti i punti di misura;
- valori di coerenza temporale di tutti i punti di misura;
- valori di quota stimati per tutti i punti di misura;
- valori di spostamento complessivo per tutti i punti di misura;
- valori di spostamento medio annuo per tutti i punti di misura;
- serie temporali di spostamenti di tutti i punti di misura.

Vengono riportati di seguito i requisiti minimi richiesti per i singoli prodotti, salvo diversa indicazione dell'ANAS:

- accuratezza nell'ubicazione dei punti di misura e/o dell'area di misura non inferiore a 15 metri;
- valori di coerenza di tutti i punti di misura non inferiore a 0,6.

Il processo di radar-Interpretazione dovrà essere eseguito utilizzando i dati sopra indicati con il supporto di strumenti informatici software validati dall'ANAS, quali sistemi informativi geografici o sistemi di visualizzazione dati con capacità di rendering tridimensionale ed editing grafico. Si dovranno prevedere, inoltre,

almeno due sopralluoghi sul sito di indagine (su specifiche aree campione da concordare con l'ANAS) da dimostrare all'atto della presentazione dei prodotti finali, dei quali uno prima dell'avvio della attività ed uno prima dell'ultimazione del lavoro, da parte dell'addetto alla radar-interpretazione, al fine di facilitarne il processo interpretativo.

Laddove ritenuto necessario, e solo di specifica autorizzazione da parte di ANAS sarà possibile installare, all'interno dell'area investigata dei riflettori artificiali (*corner reflector*), ovvero triedri/tetraedri metallici appositamente ideati per riflettere il segnale radar con elevata intensità e stabilità nel tempo. Si tratta di dispositivi metallici passivi che non necessitano di alcuna alimentazione e che consentono di ottenere accurate misure di spostamento anche in zone caratterizzate da assenza o scarsità di riflettori naturali e antropici. I *corner reflector* dovranno essere realizzati ed installati in modo da garantire la riflessione del segnale radar sia per la geometria orbitale ascendente che discendente.

6.1.3 Documentazione finale

- Relazione finale contenente, oltre le specifiche tecniche della commessa:
 - Ubicazione del sito;
 - descrizione delle attività di analisi interferometrica SAR;
 - indicazione dei software e degli algoritmi di analisi utilizzati;
 - descrizione dei risultati dell'analisi interferometrica;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;
 - indicazione degli strumenti software utilizzati dall'interprete;
 - interpretazione dei risultati ottenuti in relazione al quadro geologico e strutturale dell'area monitorata.
- Dati di base SAR interferometrici;
- Lista delle immagini SAR utilizzate e relative date di acquisizione,
- Database contenente tutti i punti di misura, le loro coordinate in sistema di riferimento basato su WGS84, i valori di coerenza temporale, i valori di spostamento cumulato, le velocità medie annue, le serie temporali di spostamento validate alla luce dell'interpretazione del processo deformativo osservato;
- Monografia di installazione dei *corner reflector* che dovrà contenere:
 - ubicazione del punto di misura;
 - documentazione fotografica;
 - indicazione della commessa;

- indicazione del cliente;
- indicazione dei tecnici che hanno eseguito l'installazione.
- Carta radar dei processi di versanti che dovrà contenere:
 - perimetri delle aree in frana, riclassificate sulla base della radar interpretazione;
 - stato di attività dei processi gravitativi individuati;
 - indicazione dei periodi di attività;
 - valori di affidabilità per ogni singola area di analisi;
 - velocità medie annue di spostamenti;
 - valori di spostamento cumulato.
- Report di monitoraggio periodici contenenti:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - identificazione e localizzazione dei punti di misura;
 - serie temporali di spostamento dei punti di misura.

6.2 INTERFEROMETRIA SAR TERRESTRE

6.2.1 Descrizione

Misura degli spostamenti eseguita utilizzando immagini SAR acquisite da sensori Interferometrici SAR da piattaforma terrestre.

Il monitoraggio con Interferometria SAR Terrestre dovrà essere eseguito utilizzando adeguati strumenti basati a terra, installati (in modalità permanente o temporanea) in posizione adeguata per la visualizzazione dell'area di interesse, utilizzando metodi di analisi multi-temporale delle immagini SAR acquisite.

6.2.2 Modalità esecutive

Precedentemente all'installazione della strumentazione dovrà essere effettuato un sopralluogo preliminare volto all'identificazione della posizione di installazione più adeguata che dovrà essere definita secondo le seguenti linee guida:

- garantire la miglior panoramica possibile dell'area da monitorare e la massima intervisibilità tra l'area da monitorare e l'apparato di misura;

- garantire, preferibilmente da una singola postazione di rilievo, la maggiore copertura possibile dell'area da monitorare e, a parità di copertura spaziale, garantire la minor distanza dall'area da monitorare;
- essere orientata in modo che la linea di vista strumentale sia quanto più possibile parallela alla direzione attesa (o nota) del movimento sia sul piano verticale che sul piano orizzontale (salvo diversa indicazione della stazione appaltante sono accettate a priori orientazioni massime di 45° rispetto alla direzione prevalente di movimento atteso o noto);
- ove possibile essere posizionato ad una quota topograficamente più bassa rispetto a quella dell'area da monitorare;
- presentare una copertura del segnale wireless UMTS tale da consentire la gestione remota del sistema (laddove non siano possibili altri tipi di connessioni remote);
- presentare una fonte di alimentazione elettrica stabile;
- garantire il minimo impatto ambientale e paesaggistico e la massima sicurezza del sistema nei confronti degli atti vandalici;
- facilità di accesso.

In caso di monitoraggio in continuo con finalità di allertamento dovrà essere prevista un'acquisizione in continuo 24 ore su 24 e 7 giorni su 7 con un intervallo temporale di campionamento delle immagini SAR inferiore a 20 minuti, ed una elaborazione dei dati con una frequenza minima di 2 volte al giorno.

In caso di monitoraggi periodici si dovrà, al contrario, eseguire una prima campagna di acquisizione dati in continuo della durata minima di 48 ore con un intervallo temporale di campionamento delle immagini SAR inferiore a 10 minuti; un riposizionamento della strumentazione con una tolleranza massima di 1 cm rispetto ai posizionamenti precedenti nelle campagne di misura successive alla prima; successive campagne di acquisizione dati in continuo della durata minima di 24 ore con intervallo temporale di campionamento delle immagini SAR inferiore a 10 minuti. L'elaborazione dei dati dovrà essere eseguita con algoritmi di analisi con capacità di processing avanzata (con particolare riferimento al *phase unwrapping* spaziale).

Salvo diversa indicazione della committenza si dovranno utilizzare almeno 2 punti di controllo esterni all'area da rilevare per la correzione del disturbo atmosferico. Tali punti dovranno avere una distanza dal sensore confrontabile con quella dell'area oggetto di monitoraggio (come indicazione generale sono tollerate distanze in range che non si discostino di più del 30% dalla distanza dell'area di indagine).

Il monitoraggio con interferometria SAR terrestre dovrà portare alla restituzione dei seguenti prodotti di base:

- mappe bidimensionali di spostamento cumulato;

- coordinate di tutti i punti di misura ed associazione, ove possibile, ad elementi riconoscibili all'interno dell'area di monitoraggio;
- ubicazione dei punti di controllo esterni all'area di analisi;
- valori di coerenza temporale di tutti i punti di misura;
- valori di ampiezza del segnale retrodiffuso di tutti i punti di misura;
- valori di spostamento complessivo di tutti i punti di misura;
- valori di spostamento medio giornaliero e/o mensile di tutti i punti di misura;
- serie temporali di spostamento di tutti i punti di misura.

Vengono riportati di seguito i requisiti minimi richiesti per i singoli prodotti, salvo diversa indicazione della stazione appaltante:

- accuratezza nell'ubicazione dei punti di misura non inferiore a 10 metri;
- valori di coerenza di tutti i punti di misura non inferiore a 0,3;
- analisi di dettaglio di almeno 10 punti di misura nell'area di analisi.

Il personale responsabile dell'elaborazione ed interpretazione dati dovrà svolgere almeno un sopralluogo in sito ogni 6 mesi di misura (in caso monitoraggi in continuo) e almeno un sopralluogo ogni 4 campagne di misura (in caso di monitoraggi discontinui), nell'area di monitoraggio.

Laddove ritenuto necessario, e solo di specifica autorizzazione da parte di ANAS sarà possibile installare, all'interno dell'area investigata dei riflettori artificiali (*corner reflector*), ovvero triedri/tetraedri metallici appositamente ideati per riflettere il segnale radar con elevata intensità e stabilità nel tempo. Si tratta di dispositivi metallici passivi che non necessitano di alcuna alimentazione e che consentono di ottenere accurate misure di spostamento anche in zone caratterizzate da assenza o scarsità di riflettori naturali e antropici.

6.2.3 Documentazione finale

- Relazione di installazione che dovrà contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - indicazione dei tecnici che hanno eseguito l'installazione;
 - descrizione della postazione di monitoraggio;
 - descrizione della strumentazione utilizzata;

- descrizione della configurazione di acquisizione;
- descrizione delle procedure di gestione e manutenzione del sistema di misura;
- documentazione fotografica;
- Monografia di installazione dei *corner reflector* che dovrà contenere:
 - ubicazione del punto di misura;
 - documentazione fotografica;
 - indicazione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - indicazione dei tecnici che hanno eseguito l'installazione;
- Relazione finale che dovrà contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - descrizione delle attività di analisi interferometrica SAR;
 - indicazione esplicita dei software e degli algoritmi di analisi utilizzati;
 - descrizione dei risultati dell'analisi interferometrica;
 - indicazione degli operatori e dell'interprete;
 - interpretazione dei risultati ottenuti in relazione al quadro geologico/geotecnico/strutturale dell'area monitorata;
- Report periodici con la seguente cadenza temporale: a) uno per ogni campagna di misura in caso di monitoraggi periodici; b) almeno ogni 15 giorni in caso di monitoraggio in continuo. I report dovranno contenere:
 - ubicazione del sito;
 - descrizione della commessa;
 - indicazione del cliente;
 - mappe di spostamento cumulato del periodo di riferimento con ubicazione di settori identificabili su foto o altra rappresentazione dello scenario;
 - identificazione e localizzazione dei punti di misura;
 - serie temporali di spostamento dei punti di misura;

- note descrittive a compendio.

7 RILIEVI DIRETTI NEL SOTTOSUOLO

7.1 PROSPEZIONI DI GAS NEL SOTTOSUOLO

7.1.1 Descrizione

Questi studi sono svolti al fine di determinare la presenza e la tipologia di eventuali fluidi gassosi nel territorio di ubicazione di un asse stradale di progetto, comprendente tratti in galleria, che possano interferire, aumentandone tempi e costi di esecuzione e diminuendo la sicurezza di cantiere, con la realizzazione dell'opera.

Lo studio ha come fine la definizione della composizione chimica ed isotopica dei fluidi gassosi presenti nell'area, la definizione su base statistica della loro provenienza e la ricostruzione su base geologico-strutturale di potenziali modalità di risalita di tali fluidi verso la superficie.

7.1.2 Modalità esecutive

L'esecuzione delle prospezioni di gas nel sottosuolo, così come descritte nel precedente paragrafo, dovranno essere eseguite secondo le fasi riportate nella seguente tabella.

Tabella 3 – Fasi di lavoro per le prospezioni di gas nel sottosuolo.

Fasi	Descrizione	
Lavoro di campagna	Rilevamento geologico-strutturale (strutture favorevoli alla migrazione dei gas)	Ricostruzione zona di faglia
		Individuazione caratteristiche di barrier/conduit
		Stima di porosità e permeabilità della faglia
		Monitoraggio superficiale di gas
	Monitoraggio in superficie (in prossimità dei sondaggi o sistemi di faglie) <i>Distanza: 50 m</i> <i>Profondità: 60 cm da p.c.</i> <i>Cadenza: ogni 10 m.</i>	Analisi di gas interstiziale
		Prelievo di campioni
		Misure di flusso
	Inserimento di manometri	

	Monitoraggio in pozzi/sondaggi preesistenti (<i>l'introduzione nel pozzo di un tubo ad intervalli di profondità di 5 m (o 10 m per profondità sopra i 50 m)</i>)	Raccolta di campioni d'acqua per la misura dei gas disciolti
		Misurazione diretta in situ di CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , He, H ₂ S, H ₂ .
	Monitoraggio in nuovi pozzi/sondaggi	Cattura dei liquidi alla testa del pozzo
		Passaggio dei liquidi attraverso camera di accumulo
		Separazione acqua - gas
		Campionamento puntuale dall'interno del tappo di gas a determinati intervalli di profondità
Analisi dei campioni in situ per CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , H ₂ S, H ₂ .		
Lavoro di laboratorio	Analisi della composizione dei gas dei campioni	
	Rielaborazione dei valori misurati	
	Misurazione di CH ₄ , etano (C ₂ H ₆), etilene (C ₂ H ₄), propano (C ₃ H ₈), CO ₂ , O ₂ , N ₂ , He, solfuro di carbonio (OCS) e biossido di zolfo (SO ₂)	
	Analisi di isotopi (¹³ C in CH ₄ e CO ₂ , ² H in CH ₄ , ¹⁸ O di CO ₂ , e ³ He/ ⁴ He)	

7.1.3 Documentazione finale

Dovrà essere redatta una Relazione tecnica che dovrà racchiudere tutte le informazioni a disposizione (pregresse ed originali) finalizzate a prevedere la probabilità di presenza di gas nel sottosuolo interessato dal progetto stradale. Essa dovrà esporre almeno gli elementi di seguito elencati:

- Premesse (descrizione del progetto, ubicazione geografica dello stesso, riferimenti normativi, descrizione delle linee guida eventualmente adottate, ecc.);
- Inquadramento geologico (assetto tettonico-strutturale, successione stratigrafica di riferimento, modello geomorfologico ed idrogeologico, cenni sulla sismicità dell'area, ecc.);
- Descrizione delle prospezioni di gas nel suolo derivanti da studi pregressi nella stessa area di intervento;
- Definizione del piano di indagini relative alle prospezioni di gas nel sottosuolo (scelta dei punti di misura, della densità di campionamento, della tipologia di indagini, ecc.);
- Descrizione delle indagini eseguite (sintesi dei dati, così come riportati nel "Rapporto tecnico conclusivo" redatto a corredo delle analisi di sito e di laboratorio);

- Analisi geostatistica dei dati acquisiti (anche con riferimento ai valori attesi in funzione delle “macro-aree gassose”; grafici, tabelle, stralci cartografici della distribuzione delle concentrazioni e dei flussi gassosi più significativi, ecc.);
- Confronto col modello geologico di riferimento (analisi dei risultati ottenuti in rapporto all’assetto geologico-strutturale dell’area, correlazione tra eventuali anomalie “gassose” con elementi geologici, interpretazione genetica delle manifestazioni eventualmente presenti, altro);
- Conclusioni (indicazione della classificazione dei livelli di rischio connessi alla presenza di grisù in galleria o in altre opere in progetto significative lungo il tracciato stradale investigato);
- Riferimenti bibliografici.

Alla suddetta relazione dovranno essere allegati i seguenti documenti:

- Mappe di distribuzione delle concentrazioni e dei flussi dei gas nell’area investigata, in scala adeguata;
- Profili di distribuzione delle concentrazioni e dei flussi dei gas lungo il tracciato stradale, in scala adeguata. Per i tratti in galleria è obbligatorio indicare la classificazione, per tratte omogenee, del rischio di presenza di gas secondo le Note Interregionali NIR n. 28 “Grisù 3° Edizione”;
- Schede di rilevamento geostrutturale, corredate da documentazione fotografica;
- Schede di rilevamento geologico (affioramenti significativi), corredate da documentazione fotografica;
- Planimetria con ubicazione delle indagini eseguite.

PARTE SECONDA – MONITORAGGIO GEOTECNICO E GEOMORFOLOGICO

8 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

Nelle presenti Norme Tecniche si riportano le specifiche delle attività e degli strumenti afferenti l'esecuzione di servizi di monitoraggio geotecnico e geomorfologico.

Il monitoraggio geotecnico ha lo scopo di misurare nel tempo le variazioni di determinate grandezze fisiche mediante l'utilizzo di strumenti specifici, al fine di controllare l'evoluzione dello stato deformativo di una struttura, di un'opera o del contesto geologico e geomorfologico.

Tra gli obiettivi principali del monitoraggio vi è la determinazione di:

- tensioni, deformazioni e spostamenti nelle strutture in costruzione;
- tensioni, deformazioni e spostamenti delle strutture e dei manufatti esistenti;
- deformazioni del terreno, sia in superficie che in profondità;
- vibrazioni indotte durante la realizzazione delle opere di progetto;
- quota della falda.

Il monitoraggio ha inoltre lo scopo di verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali e i comportamenti osservati e di controllare la funzionalità dei manufatti nel tempo.

Il monitoraggio geotecnico e geomorfologico è concepito affinché tutte le misure siano confrontate con la prima misura, detta "misura di zero". È rispetto a tale misura che, per comparazione, verranno valutate tutte le possibili variazioni delle grandezze misurate. È pertanto di fondamentale importanza che le misure di zero vengano effettuate, per quanto possibile, precedentemente all'inizio di qualsiasi fase lavorativa, in condizione quanto più possibile di quiete del sistema.

In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi altra lavorazione per cui sia previsto il monitoraggio geotecnico, lo stesso dovrà essere pensato per essere attuato in fase ante operam, in corso d'opera e in fase post operam.

Il sistema di monitoraggio deve soddisfare i seguenti requisiti:

- completezza delle informazioni da acquisire, al fine di rappresentare qualitativamente e quantitativamente il comportamento tenso-deformativo delle opere e i risentimenti nell'intorno;

- affidabilità delle misure mediante procedure di controllo atte alla limitazione degli errori;
- ridondanza dei dati, prevedendo l'installazione di più strumenti dello stesso tipo o di diverse tipologie di strumenti, per verificare l'affidabilità delle misure;
- elevata precisione dei parametri da misurare;
- tempestività di trasmissione ed elaborazione dei dati, anche attraverso sistemi di automatizzazione e remotizzazione dei dati;
- tempestiva attivazione delle procedure di accertamento dei fenomeni al raggiungimento delle principali soglie di controllo.

In ultimo, il monitoraggio geotecnico consente di attivare tempestivamente tutte le azioni correttive e di sicurezza in caso di raggiungimento di condizioni di criticità.

Il controllo mediante monitoraggio si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare con debito anticipo l'instaurarsi di una situazione deformativa e/o tensionale potenzialmente pericolosa o comunque discorde dalle previsioni progettuali.

Sulla base dei valori raggiunti dai parametri di controllo, in funzione dei valori di soglia definiti, vengono attuate eventuali azioni e contromisure. I valori delle soglie e le procedure da seguire in caso di superamenti, saranno definiti di volta in volta nel progetto di monitoraggio di ciascuna infrastruttura in progetto.

In alcuni casi la posa in opera della strumentazione di monitoraggio è contestuale all'esecuzione di perforazioni quali sondaggi a carotaggio o a distruzione di nucleo.

Per le prescrizioni tecniche e gli oneri generali inerenti i sondaggi geognostici si rimanda allo specifico capitolo del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

L'affidatario, per tutte le attività previste, dovrà utilizzare personale tecnico laureato (geologi, geotecnici o geofisici) e specializzato nel campo del monitoraggio geotecnico-topografico per tutta la durata del monitoraggio.

È onere dell'affidatario la fornitura e posa in opera degli strumenti di monitoraggio secondo le specifiche descritte nei relativi capitoli afferenti i vari strumenti e secondo le indicazioni fornite dai diversi produttori.

Fa obbligatoriamente parte dell'installazione dei vari strumenti la misura di zero degli stessi, da effettuarsi secondo le direttive descritte nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti. La misura di zero dovrà dimostrare la perfetta esecuzione dell'installazione dello strumento. Se la misura di zero dovesse evidenziare vizi o anomalie relativamente allo strumento o alla sua installazione, sarà obbligo dell'Affidatario eseguire una nuova installazione a suo completo carico.

L'Affidatario dovrà prestare la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, vigilando sulla funzionalità della rete di monitoraggio per tutta la durata prevista.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Ogni variazione sulla posizione della strumentazione dovrà essere concordata con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire, a suo esclusivo onere e spesa, tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

Nei costi di fornitura e posa in opera è inclusa: la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

A seguito dell'installazione di strumenti a tubo in foro di sondaggio (piezometri, inclinometri, estensimetri, ecc.), successivamente alla cementazione dello strumento, sarà onere e obbligo dell'affidatario procedere allo spurgo dei tubi con acqua pulita.

Le caratteristiche tecnologiche e le modalità di installazione della strumentazione, possono essere migliorate in funzione di quanto disponibile commercialmente e di eventuali accorgimenti operativi indicati nei diversi contratti attuativi del servizio di monitoraggio. In tutti i casi, le variazioni dovranno essere approvate dai referenti Anas e comunque, dovranno garantire la funzionalità e l'efficacia di quanto installato e la significatività delle misure acquisite, nei riguardi dei criteri e delle necessità progettuali.

È inteso che tutta la strumentazione per la quale è prevista la fornitura e posa in opera è e rimane di proprietà ANAS. Gli strumenti funzionanti, al termine delle attività di monitoraggio, dovranno essere restituiti ad ANAS secondo le modalità indicate di volta in volta. A seguito delle attività di disinstallazione, e prima dell'eventuale smaltimento a discarica degli strumenti rotti, l'affidatario dovrà indicare la funzionalità o meno dei vari strumenti. ANAS si riserva di effettuare, per gli opportuni riscontri, la verifica di funzionalità della strumentazione.

L'affidatario che ha in gestione il monitoraggio geotecnico avrà l'onere di segnalare tempestivamente eventuali malfunzionamenti della strumentazione e dovrà provvedere, a proprie spese, alla riparazione di eventuali guasti o danneggiamenti che la strumentazione installata potrebbe subire. È inoltre a carico dell'affidatario la manutenzione ordinaria di tutto il sistema di monitoraggio geotecnico.

È fatto obbligo all'affidatario di creare, nell'intorno del punto di posa, le condizioni di pulizia e ordine che consentano le manovre di installazione senza eventuali intralci.

A seguito delle varie installazioni dovrà inoltre essere messo in pratica, anche mediante adeguata segnaletica, tutto il necessario per garantire la tutela della strumentazione installata.

A seguito dell'installazione di ogni strumento dovrà essere consegnato un report in formato cartaceo e digitale (.pdf, .doc, ecc.) contenente quantomeno:

- Certificato di taratura;
- Certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota, descrizione e sketch della posizione rispetto all'opera, lunghezze, note e problematiche varie;
- Caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- Report della lettura di zero.

L'affidatario dovrà disporre di tutta la strumentazione necessaria ad eseguire le misure della strumentazione di monitoraggio (centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, stazioni totali, livelli, distometri a nastro, ecc.).

Le misure dei vari strumenti verranno eseguite manualmente (mediante centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, stazioni totali, livelli, distometri a nastro, ecc.) o in automatico mediante appositi Datalogger.

Prima di eventuali automatizzazioni del sistema di monitoraggio, dovranno essere eseguite una serie di misure manuali (almeno 2) di tutti gli strumenti.

L'affidatario dovrà provvedere ad eseguire periodicamente la taratura e calibrazione dei diversi strumenti di misura (centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, stazioni totali, livelli, distometri a nastro, ecc.), in particolar modo per le sonde inclinometriche. Taratura e calibrazione dovranno comunque essere fatte obbligatoriamente prima dell'esecuzione delle varie misure di zero.

L'affidatario eseguirà le misure secondo la frequenza indicata di volta in volta nelle disposizioni dei singoli progetti.

In caso di automatizzazione della rete di monitoraggio l'affidatario dovrà provvedere alla costituzione di un Centro Elaborazione Dati (C.E.D.) che sarà gestito da personale laureato e qualificato nel campo del monitoraggio geotecnico. Il gruppo di lavoro del CED sarà composto da vari Responsabili (scientifico, monitoraggio topografico, monitoraggio interferometrico e monitoraggio geotecnico), i quali, ognuno per la propria competenza, dovranno collaborare per rendere le informazioni fruibili ai vari soggetti che partecipano alla realizzazione dell'opera (DEC, DL, Progettista, Impresa, ecc.).

Laddove richiesto, l'affidatario dovrà trasmettere ad ANAS, in qualsiasi momento, tutta la documentazione, inclusi i dati, in formato editabile (.doc, .csv, ecc.).

ANAS si riserva di effettuare tutti i controlli e le verifiche sulla bontà dei dati gestiti dall'affidatario e delle elaborazioni trasmesse. Tale attività di controllo potrà essere esercitata sia da personale tecnico specializzato di ANAS, che da una seconda impresa nominata da ANAS.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura e relativo Sketch, quota, campo di misura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati delle variazioni misurate nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni misurate e sulle possibili cause.

Il report delle letture (sia per letture manuali che automatizzate) dovrà essere redatto e consegnato entro un tempo massimo di 5 giorni dall'esecuzione delle misure. Allo stesso modo le misure emesse mediante piattaforma web di distribuzione dati (SDD) dovranno essere rese disponibili in "real-time" e dovrà essere consentita la creazione in automatico di specifici report di misura, con dati aggiornati al momento della creazione del report stesso.

Se associato a monitoraggio topografico, sarà obbligatorio effettuare delle battute topografiche della testa degli strumenti (piezometri, inclinometri, estensimetri, ecc.) post installazione e a cadenza periodica (stabilita in concomitanza tra DL e Progettista).

9 ATTIVITÀ A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO

Nelle attività a supporto del monitoraggio rientrano quelle voci necessarie a compensare, solo in caso di condizioni specifiche, alcune lavorazioni.

Rientrano in questo ambito:

- Compenso fisso per installazione/approntamento per ogni campagna di installazione o disinstallazione di qualsiasi strumento o sensore;
- Compenso per ogni campagna di misure in sito, successive alla prima;
- Squadra di topografi per monitoraggio topografico;
- Squadra di tecnici per monitoraggio geotecnico/strutturale/geomorfologico.

9.1 COMPENSO FISSO PER INSTALLAZIONE/APPRONTAMENTO PER OGNI CAMPAGNA DI INSTALLAZIONE O DISINSTALLAZIONE DI QUALSIASI STRUMENTO O SENSORE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.0A** “COMPENSO FISSO PER INSTALLAZIONE/APPRONTAMENTO PER OGNI CAMPAGNA DI INSTALLAZIONE O DISINSTALLAZIONE DI QUALSIASI STRUMENTO O SENSORE”

9.1.1 Descrizione

Tale voce serve a compensare i costi legati all'installazione di alcuni strumenti di monitoraggio.

La voce si applica esclusivamente alla fornitura e posa in opera di strumentazione per la quale non sia già riconosciuto un costo di approntamento (quindi soprattutto per i sensori) o che non sia a noleggio.

Tale voce non è pertanto riconosciuta, per esempio, per la fornitura e posa in opera dei seguenti strumenti:

- piezometri a tubo aperto;
- piezometri di Casagrande;
- tubi inclinometrici;
- tubi estensoinclinometrici;
- estensimetri monobase;
- estensimetri multibase;
- estensimetri incrementali;
- estensimetri magnetici;
- assestimetri a fluido multipunto;
- cavi;
- tubi idraulici;
- strumentazione a noleggio.

Nel prezzo è compresa la prima misura post-installazione degli strumenti, da effettuarsi quando sia garantita la perfetta messa in esercizio dello strumento e, in caso di piezometri elettrici o trasduttori di pressione, in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Il prezzo di cui alla presente voce compensa tutte le spese e gli oneri occorrenti per giungere in prossimità dei punti di installazione (escluso l'impiego di mezzi speciali quali, ad esempio, elicottero o cestello).

Si intendono rientranti nella medesima campagna tutte le installazioni/disinstallazioni ubicate entro una distanza di 10 km in linea d'aria dal primo punto di installazione (inteso come quello situato più vicino alla progressiva di progetto più bassa).

La voce si applica una sola volta per ogni singola campagna di installazioni/disinstallazioni, indifferentemente dal numero di giorni necessari per portarla a compimento.

9.1.2 Documentazione finale

Per la documentazione finale si rimanda a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

9.2 COMPENSO PER OGNI CAMPAGNA DI MISURE IN SITO, SUCCESSIVE ALLA PRIMA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.0B** “COMPENSO PER OGNI CAMPAGNA DI MISURE IN SITO, SUCCESSIVE ALLA PRIMA”

9.2.1 Descrizione

Il prezzo di cui alla presente voce si applica ad ogni campagna di misure effettuate in sito manualmente (mediante: centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, distometri a nastro, ecc.), quale che sia il tipo di attrezzatura in opera (piezometri, assestimetri, inclinometri, estensimetri, ecc.), il numero dei punti di misura, l'ubicazione e la distribuzione areale degli strumenti, e compensa tutte le spese e gli oneri occorrenti per giungere in prossimità dei vari punti di misura (escluso l'impiego di mezzi speciali quali, ad esempio, elicottero o cestello).

Nella presente voce NON rientrano le misure topografiche manuali che saranno pagate con la relativa voce in elenco (cod. IG.10.0C), né le misure automatiche degli strumenti.

Si intendono rientranti nella medesima campagna tutte le misure effettuate entro una distanza di 10 km in linea d'aria dal primo punto di misura (inteso come quello situato più vicino alla progressiva di progetto più bassa).

La voce si applica una sola volta per ogni singola campagna di misure, indifferentemente dal numero di giorni necessari per portarla a compimento.

Il report delle letture dovrà essere redatto e consegnato entro un tempo massimo di 5 giorni dall'esecuzione delle misure.

9.2.2 Documentazione finale

Per la documentazione finale si rimanda a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

9.3 SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.0C** “SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO”

9.3.1 Descrizione

La presente voce si riferisce all'impiego di una squadra di topografi specializzati in misure nell'ambito del monitoraggio topografico (livellazioni, misure di convergenza, ecc.), automunita e dotata di idonea strumentazione necessaria all'espletamento dell'incarico.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

9.3.2 Modalità esecutive

La squadra di topografi dovrà essere formata da almeno 2 persone adeguatamente preparate.

La squadra dovrà effettuare qualsiasi tipo di attività richiesta, sia in termini di installazione (miniprismi, capisaldi, staffe, ecc.) che di misure (poligonali, livellazioni, misure di convergenza, ecc.).

Per l'espletamento delle varie attività ci si dovrà attenere a quanto riportato nel capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

Il report delle letture dovrà essere redatto e consegnato entro un tempo massimo di 5 giorni dall'esecuzione delle misure.

9.3.3 Documentazione finale

Per la documentazione finale si rimanda a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti presenti nel capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

9.4 SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO GEOTECNICO / STRUTTURALE / GEOMORFOLOGICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.0D** "SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO GEOTECNICO / STRUTTURALE / GEOMORFOLOGICO"

9.4.1 Descrizione

La presente voce si riferisce all'impiego di una squadra di tecnici laureati (geologi, geotecnici o geofisici) e specializzati in installazioni e misure nell'ambito del monitoraggio geotecnico. La squadra dovrà essere automunita e dotata di idonea strumentazione necessaria all'espletamento dell'incarico (ad esempio: centraline portatili, sonde, freatimetri, trasduttori, comparatori, distometri a nastro, ecc.) opportunamente tarata e calibrata.

Tale voce si applica esclusivamente a lavorazioni in cui NON sia già stata considerata la posa in opera/lettura della strumentazione e solo dove specificatamente richiamata.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

9.4.2 Modalità esecutive

La squadra di tecnici dovrà essere formata da almeno 2 persone adeguatamente preparate.

La squadra dovrà effettuare qualsiasi tipo di attività richiesta, sia in termini di installazione che di misure. Per l'espletamento delle varie attività ci si dovrà attenere a quanto riportato nei relativi capitoli dei vari strumenti del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

Il report delle letture dovrà essere redatto e consegnato entro un tempo massimo di 5 giorni dall'esecuzione delle misure.

9.4.3 Documentazione finale

Per la documentazione finale si rimanda a quanto specificato nei relativi capitoli dei vari strumenti del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

10 PIEZOMETRI

I piezometri sono strumenti che consentono la misura delle pressioni neutre in sito e, congiuntamente, il rilievo della quota piezometrica delle falde acquifere. Mediante le misure piezometriche è quindi possibile individuare e definire gli acquiferi presenti nei terreni attraversati e, mediante successive misure, tenere sotto controllo le oscillazioni della falda.

Il tempo di risposta di un piezometro, cioè l'intervallo di tempo che intercorre fra l'istante in cui avviene una variazione della pressione neutra e l'istante in cui il piezometro la evidenzia, è funzione delle caratteristiche della strumentazione utilizzata e della permeabilità del terreno.

La scelta dei piezometri dovrà essere adeguata alle caratteristiche di permeabilità del terreno.

In ambito di monitoraggio piezometrico, si dovrà prevedere l'installazione dei piezometri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure ante operam. In tale fase, nella quale il contesto ambientale è di solito generalmente indisturbato, verrà eseguita la misura di zero, con la quale raffrontare poi tutte le misure successive.

Le perforazioni dovranno essere eseguite senza l'utilizzo di fanghi bentonitici, ma adoperando come fluido di circolazione esclusivamente acqua (o, in accordo con ANAS, fanghi a polimeri degradabili).

Nell'esecuzione degli scavi dovranno essere messe in campo tutte le precauzioni atte a tutelare l'ambiente circostante e tutte le eventuali opere antropiche limitrofe (infrastrutture, edifici, sottoservizi, ecc.).

Occorre quindi che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori ed in particolare nel corso dell'esecuzione delle opere provvisorie.

Prima di iniziare i lavori di sterro, di riporto e di scavo, l'Affidatario è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

10.1 PIEZOMETRO A TUBO APERTO IN PVC

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.001 "PIEZOMETRO A TUBO APERTO IN PVC"
- IG.10.001.001.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.001.001.b "per ogni ml di tubo installato (sia cieco che fenestrato)"
- IG.10.001.022 "SPURGO PIEZOMETRI"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

La voce di prezzo si riferisce a piezometri a tubo aperto di diametro maggiore o uguale a 1,5". Pertanto anche ai piezometri, ad esempio, di diametro 3", verrà applicato lo stesso prezzo.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la calza in TNT, il riempimento del foro (tratto filtrante, tamponi impermeabili e cementazione), lo spurgo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.1.1 Descrizione

L'uso dei piezometri a tubo aperto è limitato al campo dei terreni uniformi permeabili o molto permeabili ($k > 10^{-5}$ m/sec).

I piezometri a tubo aperto sono costituiti da tubi di materiale plastico (generalmente PVC rigido) posti in fori trivellati nel terreno, giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta. I tubi sono fessurati (per consentire l'ingresso dell'acqua) ed eventualmente rivestiti di tessuto non tessuto per la parte in falda e ciechi nel rimanente tratto.

Il diametro interno dei tubi varia, generalmente, tra 1,5" e 3" e deve essere tale da consentire il passaggio del misuratore di livello (sia esso un freatometro o un trasduttore di pressione elettrico).

Il piezometro con diametro maggiore o uguale di 3" viene usato generalmente per il prelievo di campioni di fluido da sottoporre ad analisi chimico - fisiche di laboratorio.

Nella zona di misura, il tubo deve essere fenestrato (i tagli avranno aperture da 0,4 a 1,0 mm ca.) ed eventualmente protetto con una calza in TNT, circondata da materiale filtrante e, superiormente, isolata

da un tampone impermeabile (generalmente in bentonite) di altezza sufficiente ad evitare l'infiltrazione di acque superficiali.

La misura del livello dell'acqua nel tubo viene eseguita attraverso freatimetri (sensore elettrico con fettuccia centimetrata) oppure con traduttori di pressione elettrici fissi inseriti all'interno della tubazione.

Il tempo di risposta, dato il tipo di strumento e la buona permeabilità del terreno, è relativamente breve.

Caratteristiche tecniche

- | | |
|---|-------------------|
| • lunghezza tubi | 3 m |
| • apertura fessure | da 0.25 a 2 mm |
| • passo fessure | da 4 a 11 mm |
| • diametro efficace dei pori del geotessile | da 0.07 a 0.12 mm |
| • diametro del tubo | ≥ 1,5" |
| • materiale | PVC |
| • filettatura | tipo GAS |

10.1.1 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- il foro o il tratto di foro, dove deve essere installato il tubo piezometrico, deve essere perforato ad acqua;
- il foro, in materiali sciolti, deve essere sostenuto da un rivestimento provvisorio;
- il diametro del foro ($\phi \geq 141$ mm) deve essere idoneo a garantire una perfetta installazione del tipo di piezometro previsto.

Le modalità d'installazione sono le seguenti:

- verificare con lo scandaglio la quota del fondo foro;
- lavare accuratamente il foro con acqua pulita immessa dal fondo fino a che non esca acqua limpida e poi riverificare la quota di fondo foro;
- sollevare il rivestimento di circa 70 cm;
- 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 del materiale granulare, come sabbia pulita o ghiaietto ($\varnothing = 1\div 4$ mm), per un'altezza di almeno 50 cm dal fondo;
- inserimento del tubo piezometrico nel foro di sondaggio, aggiungendo progressivamente gli spezzoni di tubo secondo la sequenza tratti finestrati/tratti ciechi prevista e sigillando le giunzioni. Il tratto fenestrato dovrà essere protetto con calza in TNT (tessuto non tessuto) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo;
- immettere del materiale granulare, come sabbia pulita o ghiaietto ($\varnothing = 1\div 4$ mm), attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto finestrato e ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, controllando che il piezometro non risalga assieme al rivestimento;
- formazione di un tappo impermeabile superiore, di spessore di circa 1 m, costituito da palline di bentonite ($\varnothing = 1\div 2$ cm), opportunamente pestellate e ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione);
- dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, si effettuerà il 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 mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo piezometrico mediante spurgo.
- Lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Se il piezometro è destinato al prelievo di campioni di fluido per analisi chimico-fisiche, si installeranno tubi del diametro interno $\varnothing_{int} \geq 3''$, costituiti in PVC, HDPE (polietilene ad alta densità) o acciaio inossidabile, con rivestimento in granulare siliceo. L'uso di tubi in PVC non rivestito deve in questo caso essere concordato con la Direzione Lavori e chiaramente segnalato nella documentazione della avvenuta installazione.

Le operazioni di prelievo dei campioni d'acqua dovranno essere precedute da quelle di spurgo. Questo potrà essere realizzato tramite pompaggio, con estrazione di un volume superiore di almeno tre volte al volume nominale, comunque fino all'estrazione di acqua chiara, o ad aria compressa.

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.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura da effettuare consiste nell'individuazione del livello della falda acquifera nel terreno tramite apposita sonda (freatimetro) o trasduttori di pressione fissi.

Utilizzando il freatimetro, le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- verificare il corretto funzionamento del freatimetro immergendo il puntale in un qualsiasi recipiente pieno d'acqua pulita;
- introdurre il freatimetro all'interno del tubo piezometrico;
- lasciare scivolare in profondità per gravità il freatimetro all'interno del foro fino ad udire il segnale acustico che indica il raggiungimento, da parte della sonda, della superficie piezometrica;
- constatare che il suono sia continuo, escludendo così la possibilità che si tratti di una falsa misura, quindi sollevare la sonda fino a far cessare il cicalino;
- muovere lentamente su e giù il cavo per tratti millimetrici fino ad intercettare con precisione il punto di innesco del cicalino;
- appoggiare e fermare il cavo al bordo superiore del tubo piezometrico in misura;
- leggere la distanza da bocca tubo rilevata direttamente sul cavo centimetrato collegato alla sonda, quindi trascrivere tale valore sull'apposito modulo.

Utilizzando i trasduttori di livello (costituiti da un corpo in acciaio inossidabile a tenuta stagna contenente il trasduttore di pressione montato su supporto ceramico), si seguirà la seguente procedura:

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.;
- marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;
- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che rappresenterà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore e riportare tale valore sugli appositi moduli.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.1.2 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del bocca tubo, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero.

Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.2 PIEZOMETRO DI CASAGRANDE A DOPPIO TUBO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.005 "PIEZOMETRO DI CASAGRANDE A DOPPIO TUBO"
- IG.10.001.005.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.001.005.b "per ogni ml di doppio tubo installato con diametro 0,5" + 0,5" "
- IG.10.001.005.c "per ogni ml di doppio tubo installato con diametro 0,5" + 1,5" "
- IG.10.001.022 "SPURGO PIEZOMETRI"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Il piezometro sarà installato accoppiando due tubi di diametro 0,5" o accoppiandone uno da 0,5" con uno da 1,5" (nel caso sia prevista una futura centralizzazione mediante trasduttore di pressione).

La voce si riferisce a tubi piezometrici in PVC con filettatura di tipo GAS.

Il prezzo al ml è considerato per doppio tubo installato, ossia per coppia di cannette.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, il riempimento del foro (tratto filtrante, tamponi impermeabili e cementazione), lo spurgo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.2.1 Descrizione

Il piezometro di Casagrande è adatto a terreni con permeabilità media o medio bassa ($k > 10^{-9}$ m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con celle tipo Casagrande, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

I piezometri di Casagrande sono costituiti da un filtro cilindrico di materiale poroso (ceramica, plastica porosa) avente una cavità interna, collegata con una doppia tubazione piezometrica (da 0,5" a 1,5"). L'elemento filtrante (cella) ha lunghezza di circa 20cm e diametro esterno compreso tra 5 e 6.5 cm.

Lo strumento viene calato in fori di sondaggio e la posizione della cella dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda. La cella piezometrica deve essere installata al centro di un tratto filtrante di sabbia, opportunamente creato, di spessore minimo di 1m. Al di sopra e, se necessario, al di sotto dello strato filtrante saranno realizzati dei tappi in bentonite di almeno 0,5m necessari ad isolare il tratto filtrante.

La misura del livello dell'acqua nel tubo viene eseguita attraverso freatimetri (sensore elettrico con fettuccia centimetrata) oppure con trasduttori di pressione elettrici.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Caratteristiche tecniche

- Tubi
 - lunghezza tubi 3m
 - diametro interno per letture manuali 0,5"

- diametro interno per letture automatiche 1,5"
- materiale PVC
- filettatura tipo GAS
- Cella di Casagrande
 - cella ceramica porosa o plastica porosa
 - lunghezza \cong 200mm
 - porosità 20 micron
 - diametro esterno 50 - 65mm

10.2.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- immergere la cella di Casagrande in un contenitore di acqua per consentirne preventivamente la saturazione;
- il foro, dove deve essere installata la cella piezometrica, deve essere perforato ad acqua;
- il foro, in materiali sciolti, deve essere sostenuto da un rivestimento provvisorio;
- il diametro del foro deve essere idoneo a garantire una perfetta installazione del tipo e delle quantità di piezometri previsti;
- in caso d'installazione di due piezometri nello stesso foro, si dovrà procedere prima dell'installazione del secondo piezometro, al riempimento, a meno di 1,5m, del tratto di foro compreso tra i due piezometri (ritirando, quando presenti, man mano i rivestimenti provvisori). Le proporzioni della miscela cemento-bentonite-acqua, da utilizzare per il riempimento, dovrà indicativamente essere costituita da 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua (altre raccomandazioni indicano rapporti 50-10-100 o 50-5-100). Ad avvenuto inizio della presa, si poserà un tappo impermeabile costituito da palline preconfezionate di bentonite (\varnothing tra 1 e 2 cm) in strati di 20cm alternate a strati di ghiaietto di 2-3cm, per uno spessore complessivo di 1 m e conseguente ulteriore ritiro del rivestimento. Al termine della suddetta operazione si opererà un abbondante lavaggio del foro con acqua pulita.

La cella piezometrica deve essere installata al centro di un tratto filtrante di sabbia, opportunamente creato, di spessore minimo di 1m. Al di sopra e, se necessario, al di sotto dello strato filtrante saranno realizzati dei tappi in bentonite di almeno 0,5m necessari ad isolare il tratto filtrante. L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- creazione di un tappo di fondo in bentonite (se necessario);
- posa di uno strato di sabbia per uno spessore di almeno 0,5 metri;
- discesa a quota della cella di Casagrande (mantenuta fino a quel momento in acqua pulita), assicurandosi che i giunti di collegamento dei relativi tubi garantiscano una perfetta tenuta idraulica;
- posa di sabbia pulita attorno e sopra (almeno 0,5m) la cella di Casagrande, ritirando man mano la 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 ci sia sempre un po' di sabbia;
- posa del tappo impermeabile superiore costituito da palline preconfezionate di bentonite (1-2 cm) in strati di 20 cm alternate a strati di ghiaietto di 2-3 cm, per lo spessore complessivo di 1m, ritirando man mano i rivestimenti (senza ruotare) e costipando sui livelli di ghiaietto. Il rivestimento viene man mano ritirato con la solita avvertenza;
- Nel caso di vicinanza alla quota di posa del secondo piezometro - ove prescritto - il tappo impermeabile può essere prolungato fino a 0,5 m al di sotto di tale quota; la posa del secondo piezometro avverrà ripetendo le operazioni precedentemente descritte;
- dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, effettuare il riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua (con le proporzioni sopra menzionate) e pompata dal basso e a bassa pressione mediante tubo PN (da perforare a ridosso dell'estremità) vincolato alla tubazione piezometrica durante la fase di discesa in foro.
- sistemazione e protezione del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo piezometrico mediante spurgo.
- Lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così

come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura da effettuare consiste nell'individuazione del livello della falda acquifera nel terreno tramite apposita sonda (freatimetro) o trasduttori di pressione fissi.

Utilizzando il freatimetro, le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- verificare il corretto funzionamento del freatimetro immergendo il puntale in un qualsiasi recipiente pieno d'acqua pulita;
- introdurre il freatimetro all'interno del tubo piezometrico;
- lasciare scivolare in profondità per gravità il freatimetro all'interno del foro fino ad udire il segnale acustico che indica il raggiungimento, da parte della sonda, della superficie piezometrica;
- constatare che il suono sia continuo, escludendo così la possibilità che si tratti di una falsa misura, quindi sollevare la sonda fino a far cessare il cicalino;
- muovere lentamente su e giù il cavo per tratti millimetrici fino ad intercettare con precisione il punto di innesco del cicalino;
- appoggiare e fermare il cavo al bordo superiore del tubo piezometrico in misura;
- leggere la distanza da bocca tubo rilevata direttamente sul cavo centimetrato collegato alla sonda, quindi trascrivere tale valore sull'apposito modulo.

Utilizzando i trasduttori di livello (costituiti da un corpo in acciaio inossidabile a tenuta stagna contenente il trasduttore di pressione montato su supporto ceramico), si seguirà la seguente procedura:

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.;
- marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;
- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che rappresenterà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore e riportare tale valore sugli appositi moduli.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico “quota dal p.c.- tempo” nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del bocca tubo, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.3 PIEZOMETRO ELETTRICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.001.010** “PIEZOMETRO ELETTRICO”
- **IG.10.001.010.a** “per ogni piezometro elettrico piezo-resistivo”
- **IG.10.001.010.b** “per ogni piezometro elettrico a corda vibrante”
- **IG.10.001.025** “MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO”

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, il riempimento del foro (tratto filtrante, tamponi impermeabili e cementazione) e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (ad es. sacchetto di TNT da riempire con sabbia). Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.3.1 Descrizione

L'impiego dei piezometri elettrici è adatto a terreni con permeabilità bassa ($k < 10^{-8}$ m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con piezometri elettrici, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

I piezometri elettrici sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente il sensore di misura, e da un filtro, realizzato in acciaio sinterizzato o ceramica o plastica. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina.

I piezometri elettrici possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione.

Prima dell'installazione vera e propria, lo strumento viene inserito, dopo aver disareato e saturato il filtro, in un apposito sacchetto in TNT riempito di sabbia e tenuto immerso in un contenitore di acqua pulita fino al momento dell'installazione. Lo strumento viene poi calato all'interno del foro di sondaggio e la sua posizione dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda.

Il piezometro elettrico, per non essere soggetto a malfunzionamenti, nella fase di esercizio dovrà sempre essere immerso in acqua. Per tale motivo ci si dovrà assicurare che ci sia un adeguato battente d'acqua al di sopra dello strumento, una volta installato (al fine di mettere al riparo lo strumento da possibili oscillazioni della falda).

La misura del livello dell'acqua viene eseguita attraverso apposite centraline di misura.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale del corpo acciaio inox
- campo di misura 0-100 kPa
- risoluzione 0.2% FS
- precisione totale $\pm 0.25\%$ FS

10.3.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- disareare e saturare il filtro;
- inserire il piezometro in un sacchetto in TNT riempito di sabbia pulita e lasciarlo immerso in un contenitore di acqua pulita per mantenere la saturazione del filtro;
- effettuare una misura pre-installazione in "aria libera" per verificare la funzionalità del piezometro e confrontare il valore con quello riportato sul certificato di taratura dello strumento.

Il piezometro deve essere installato al centro di un tratto filtrante di sabbia, opportunamente creato, di spessore minimo di 1m. Al di sopra e, se necessario, al di sotto dello strato filtrante saranno realizzati dei tappi in bentonite di almeno 0,5m necessari ad isolare il tratto filtrante.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- creazione di un tappo di fondo in bentonite (se necessario);
- posa di uno strato di sabbia per uno spessore di almeno 0,5 metri;
- discesa a quota del piezometro (mantenuto fino a quel momento in acqua pulita);
- posa di sabbia pulita attorno e sopra (almeno 0,5m) il piezometro, ritirando man mano la 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 ci sia sempre un po' di sabbia;
- posa del tappo impermeabile superiore costituito da palline preconfezionate di bentonite (1-2 cm) in strati di 20 cm alternate a strati di ghiaietto di 2-3 cm, per lo spessore complessivo di 1m, ritirando man mano i rivestimenti (senza ruotare) e costipando sui livelli di ghiaietto. Il rivestimento viene man mano ritirato con la solita avvertenza;
- dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, effettuare il riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore

fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua (con le proporzioni: 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua) e pompata dal basso e a bassa pressione mediante tubo PN (da perforare a ridosso dell'estremità) calato all'interno del foro;

- sistemazione e protezione del cavo del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un Datalogger fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale alla pressione esercitata sul diaframma e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di soggiacenza della falda.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.), note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.4 PIEZOMETRO ELETTRICO AD INFISSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.015 "PIEZOMETRO ELETTRICO AD INFISSIONE"
- IG.10.001.015.a "per ogni piezometro elettrico ad infissione piezo-resistivo"
- IG.10.001.015.b "per ogni piezometro elettrico ad infissione a corda vibrante"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale pre-assemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, il riempimento del foro (tamponi impermeabili e cementazione) e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.4.1 Descrizione

L'impiego dei piezometri elettrici ad infissione è adatto a terreni soffici con permeabilità bassa ($k < 10^{-8}$ m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con piezometri elettrici, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

I piezometri elettrici sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile (contenente il sensore di misura) con una punta adatta ad essere spinta in terreni soffici mediante sonde o penetrometri, e da un filtro, realizzato generalmente in ceramica. Il diametro della punta, più grande del corpo dello strumento, previene l'insorgere di eventuali sovrappressioni che potrebbero danneggiare il sensore stesso. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina.

I piezometri elettrici possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino

al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione.

L'infissione all'interno dello strato desiderato può avvenire direttamente dalla superficie del terreno oppure dal fondo di un foro di sondaggio (in caso fosse necessario attraversare strati duri come, ad esempio, sabbia o ghiaia). L'infissione da fondo foro viene utilizzata anche per minimizzare gli effetti di rimaneggiamento del terreno ed evitare l'intasamento del filtro.

La misura del livello dell'acqua viene eseguita attraverso apposite centraline di misura.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|-----------------------|--------------|
| • materiale del corpo | acciaio inox |
| • campo di misura | 0-100 kPa |
| • risoluzione | 0.2% FS |
| • precisione totale | ±0.25% FS |

10.4.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- effettuare una misura pre-installazione in "aria libera" per verificare la funzionalità del piezometro e confrontare il valore con quello riportato sul certificato di taratura dello strumento;
- eseguire il foro di sondaggio (in caso di installazione a fondo foro).

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti diverse fasi, a seconda che l'infissione avvenga da piano campagna o all'interno di un foro di sondaggio. In entrambi i casi sarà opportuno, durante l'infissione, misurare costantemente lo strumento, mediante apposita centralina, per verificare l'insorgenza di sovrappressioni.

1. Per installazioni da piano campagna:
 - spingere il piezometro utilizzando una sonda o un penetrometro, agendo sulle aste di spinta appoggiate alla punta del piezometro;
 - aggiungere man mano delle ulteriori aste di spinta, fin quando non si è raggiunta la quota di posa voluta;
 - una volta terminata l'infissione, estrarre le aste di spinta;
 - sistemazione e protezione del cavo del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
 - lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.
2. Per installazioni in foro di sondaggio:
 - dopo aver praticato il foro, inserire l'asta sul cavo e sul piezometro, aggiungendo aste fino a quando il piezometro non raggiunge il fondo del foro;
 - arrivati a fondo foro, spingere il piezometro nella parte inferiore utilizzando la sonda stessa o un penetrometro, agendo sulle aste di spinta appoggiate alla punta del piezometro;
 - arrivati alla quota desiderata, estrarre le aste di spinta;
 - creare un tappo di bentonite di circa 1m che vada a riempire la parte finale del foro di sondaggio;
 - dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, effettuare il riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua (con le proporzioni: 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua) e pompata dal basso e a bassa pressione mediante tubo PN (da perforare a ridosso dell'estremità) calato all'interno del foro;
 - sistemazione e protezione del cavo del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
 - lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario

eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un Datalogger fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale alla pressione esercitata sul diaframma e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di soggiacenza della falda.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.), note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.5 TRASDUTTORE DI PRESSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.020 "TRASDUTTORE DI PRESSIONE"
- IG.10.001.020.a "per ogni trasduttore di pressione elettrico piezo-resistivo"
- IG.10.001.020.b "per ogni trasduttore di pressione a corda vibrante"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.5.1 Descrizione

Il trasduttore di pressione è concepito per la misura automatica delle pressioni neutre all'interno di tubo piezometrico già installato. L'installazione può essere effettuata sia all'interno di un piezometro a tubo aperto che all'interno di un piezometro di Casagrande (generalmente nella canna da 1,5").

I trasduttori di pressione sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente il sensore di misura, e da un filtro, realizzato in acciaio sinterizzato o ceramica o plastica. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina.

I trasduttori di pressione possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione.

Prima dell'installazione dello strumento, viene disareato e saturato il filtro e il trasduttore viene tenuto immerso in un contenitore di acqua pulita fino al momento dell'installazione. Lo strumento viene poi calato all'interno del tubo piezometrico e la sua posizione dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda, assicurandosi di avere un sufficiente battente di acqua al di sopra.

Il trasduttore, per non essere soggetto a malfunzionamenti, nella fase di esercizio dovrà sempre essere immerso in acqua. Per tale motivo ci si dovrà assicurare che ci sia un adeguato battente d'acqua al di sopra dello strumento, una volta installato (al fine di mettere al riparo lo strumento da possibili oscillazioni della falda).

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|-----------------------|--------------|
| • materiale del corpo | acciaio inox |
| • campo di misura | 0-100 kPa |
| • risoluzione | 0.2% FS |
| • precisione totale | ±0.25% FS |

10.5.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- disareare e saturare il filtro;
- lasciare lo strumento immerso in un contenitore di acqua pulita per mantenere la saturazione del filtro;
- effettuare una misura pre-installazione in "aria libera" per verificare la funzionalità del trasduttore e confrontare il valore con quello riportato sul certificato di taratura dello strumento;
- verificare l'accessibilità del piezometro all'interno del quale verrà installato il trasduttore;
- effettuare, mediante freatimetro, una misura preliminare del livello di falda nel piezometro.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.;
- marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;

- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che rappresenterà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore e riportare tale valore sugli appositi moduli (aspettare il tempo necessario al riequilibrio del sistema);
- effettuare contestualmente anche una lettura mediante freatimetro e riportare tale lettura sugli appositi moduli.

Misure

La misura deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un Datalogger fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale alla pressione esercitata sul diaframma e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di soggiacenza della falda.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

Periodicamente dovrà essere effettuata una misura di riscontro mediante freatimetro, al fine di verificare la corretta funzionalità del trasduttore di pressione.

10.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.), note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero.
- Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.6 MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Le specifiche inerenti la misura del livello di falda sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nei rispettivi paragrafi dei vari piezometri.

La presente voce va computata solo per misure successive alla prima (sia mediante freatimetro che tramite centralina portatile), in quanto la misura di zero dello strumento è intesa come parte integrante dell'installazione dello stesso, e quindi già riconosciuta nel costo di fornitura e posa in opera.

Il prezzo è relativo alla misura di ogni singolo piezometro.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

La misura di zero dovrà essere eseguita quando sia accertato il riequilibrio del sistema a seguito dell'installazione del piezometro.

11 INCLINOMETRI / ESTENSOINCLINOMETRI

L'installazione di un inclinometro permette di rilevare spostamenti orizzontali del terreno (corpo in frana, rilevato, area interessate da scavi) o di strutture (pali o paratie) cioè aree soggette prevalentemente a spinte orizzontali. Permette la verifica dello stato deformativo degli strati di terreno adiacenti ad uno scavo ed è quindi impiegato per l'analisi e la risoluzione di molte problematiche di carattere geotecnico.

Lo stato deformativo dei tubi inclinometrici è rilevato mediante misure condotte con sonde removibili o fisse. Di solito si effettuano misure mediante sonde removibili, anche se è prevista la possibilità, una volta individuate le zone critiche o per necessità di acquisizione automatica in tempo reale, di attrezzare il tubo con sonde inclinometriche fisse (catene inclinometriche), che verranno posizionate, all'interno del tubo inclinometrico, alle quote ritenute critiche. Le postazioni fisse potranno essere così lette periodicamente o mediante acquisizione automatica in modo da sorvegliare costantemente il possibile movimento in atto.

Le principali applicazioni degli inclinometri sono essenzialmente:

- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno sovrastanti e adiacenti le gallerie durante le fasi di scavo;
- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno interessati dalla realizzazione di opere civili durante le fasi di scavo;
- controllo della stabilità delle opere di contenimento;
- controllo dei movimenti del terreno in generale.

Si dovrà prevedere l'installazione degli inclinometri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure ante operam. In tale fase, nella quale le spinte orizzontali possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Nell'installazione degli inclinometri e degli estensoinclinometri ci si dovrà assicurare che il fondo del tubo sia spinto, per una profondità minima di 5m, all'interno di una zona indisturbata ritenuta non soggetta ad eventuali deformazioni o spostamenti.

Nell'esecuzione degli scavi dovranno essere messe in campo tutte le precauzioni atte a tutelare l'ambiente circostante e tutte le eventuali opere antropiche limitrofe (infrastrutture, edifici, sottoservizi, ecc.).

Occorre quindi che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori ed in particolare nel corso dell'esecuzione delle opere provvisorie.

Prima di iniziare i lavori di sterro, di riporto e di scavo, l'Affidatario è obbligato ad eseguire la picchettatura completa del lavoro.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

11.1 TUBO INCLINOMETRICO IN ABS O ALLUMINIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.010.001 "TUBO INCLINOMETRICO IN ABS O ALLUMINIO"
- IG.10.010.001.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.010.001.b "per ogni ml di tubo inclinometrico in alluminio"
- IG.10.010.001.c "per ogni ml di tubo inclinometrico in ABS"
- IG.10.010.001.d "per ogni ml di tubo inclinometrico in ABS ad innesto rapido"
- IG.10.010.015 "MISURA MANUALE DI TUBO INCLINOMETRICO (sia in alluminio che in ABS)"
- IG.10.010.015.a "per ogni ml con lettura a 2 guide"
- IG.10.010.015.b "per ogni ml con lettura a 4 guide"

La voce di prezzo si riferisce a tubi inclinometrici, sia in ABS che in alluminio, con spessore minimo di 2 mm per tubi in alluminio e di 3,5 mm per quelli in ABS.

Nel prezzo sono inclusi i manicotti, il tappo di fondo e la testa strumento.

Nel prezzo sono inoltre inclusi: la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione a bassa pressione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito all'avvenuto indurimento del cemento iniettato nell'intercapedine tra il foro di sondaggio e lo strumento.

È fatto obbligo nel processo di installazione: il lavaggio interno post-installazione del tubo inclinometrico, la verifica su 2 guide mediante sonda testimone, il controllo della torsione mediante misura spiralometrica e la lettura di zero realizzata su 4 guide con passo 0,5 metri, con riportato, tra gli altri, il grafico assoluto della verticalità.

La deviazione dalla verticale dei tubi dovrà essere inferiore all'1,5% e la spirality dovrà essere inferiore a 0,3°/m.

11.1.1 Descrizione

I tubi inclinometrici sono realizzati generalmente in ABS o in alluminio. L'utilizzo dei tubi in alluminio può tuttavia essere problematico in caso di installazione in ambienti "aggressivi" che possono, tra le altre cose, generare fenomeni di corrosione del metallo; in tal caso è quindi preferibile l'utilizzo di tubi in ABS, che hanno la capacità di offrire comunque un buon rapporto tra resistenza e deformabilità.

I tubi inclinometrici presentano al loro interno 4 scanalature chiamate "guide", ortogonali tra loro, all'interno delle quali scorrono le rotelle delle sonde di misura.

I singoli spezzoni inclinometrici, una volta collegati tra loro mediante manicotti, vanno a costituire il tubo inclinometro propriamente detto. L'installazione, come già detto, può avvenire sia nel terreno all'interno di un foro di sondaggio appositamente realizzato, che all'interno delle strutture (come pali, pile e diaframmi) opportunamente predisposte.

Le misure inclinometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) che determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

Caratteristiche tecniche

- | | |
|----------------------|-----------------|
| • materiale | ABS o alluminio |
| • diametro esterno | min. 60mm |
| • lunghezza spezzoni | 3m |

- spessore $\geq 3.5\text{mm}$ per ABS e $\geq 2\text{mm}$ per alluminio
- torsione ammissibile $\leq 0,3^\circ/\text{m}$
- deviazione dalla verticale $\leq 1,5\%$
- manicotto di giunzione auto-allineante sui due spezzoni di tubo

11.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- la perforazione dovrà avere diametro sufficiente a consentire agevolmente sia l'inserimento del tubo inclinometrico che il tubicino di iniezione del cemento;
- la perforazione dovrà avere una deviazione dalla verticale $\leq 1,5\%$;
- verificare l'integrità della strumentazione;
- le estremità degli spezzoni e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento degli spezzoni e lo scorrimento delle sonde di misura;
- assicurarsi di avere a portata un tubo collegato ad una presa di acqua pulita. Sarà fondamentale infatti, riempire il tubo inclinometrico di acqua pulita man mano che si inseriranno gli spezzoni nel foro, per compensare la sottospinta dell'acqua eventualmente presente nel foro stesso.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- collegare il tappo di fondo al primo spezzone che deve essere calato, spalmando del silicone sulla testa dello spezzone che andrà infilata nel tappo di fondo, rivettando con quattro rivetti ed infine facendo dei giri di nastro a sigillare il tutto;
- collegare due spezzoni tramite l'apposito manicotto. Il collegamento viene eseguito grazie alle 4 guide di tubo e manicotto, che devono coincidere. Sulla testa dello spezzone che viene infilato nel manicotto, deve essere spalmato uno strato di colla o silicone e fatto un giro di nastro vulcanizzante. Fissare i manicotti con quattro rivetti siliconati, ponendo attenzione affinché le due facce dei due spezzoni di tubi siano perfettamente combacianti;
- per i tubi ad innesto rapido le attività appena illustrate non saranno necessarie, ma basterà accoppiare i due spezzoni mediante la guida posta sul manicotto e far scattare il meccanismo di accoppiamento spingendo i due spezzoni tra loro;
- sigillare con nastro adesivo la giunzione dei due segmenti così uniti, al fine d'impedire l'entrata di boiaccia all'interno della colonna inclinometrica;

- collegare energicamente la canna d'iniezione (costituita, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20) allo spezzone di fondo foro mediante nastro adesivo;
- in caso di inclinometri abbastanza profondi (maggiori di 30m) si dovrà predisporre una seconda cannetta di iniezione da posizionare una volta che con l'assemblaggio degli spezzoni si sia raggiunta la metà della perforazione. Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 50 cm di distanza dal tappo del tubo inclinometrico e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm;
- infilare i primi due spezzoni all'interno del foro e mantenerli sospesi a boccaforo tramite l'apposita "forchetta". Prendere un terzo spezzone e collegarlo agli altri due seguendo le indicazioni appena menzionate e proseguire in questa maniera con gli altri segmenti fino a fondo foro;
- è molto importante calare l'inclinometro nel foro facendo in modo che le guide siano orientate parallelamente e perpendicolarmente alla direzione di massimo spostamento atteso. Dovrà inoltre essere evitata la torsione dello strumento durante la fase di installazione in foro;
- se nel foro c'è presenza d'acqua, anche i tubi verranno riempiti d'acqua pulita, in modo da non forzare durante la discesa della colonna, evitando l'effetto galleggiamento della colonna di tubi. Per favorire il centraggio della colonna nel foro si potranno utilizzare distanziatori in gomma o materiale molto simile;
- al termine del posizionamento si procede alla cementazione a bassa pressione (2 - 3 atm) tramite la cannetta d'iniezione, con miscela cementizia leggermente espansiva (acqua, cemento e bentonite in rapporto di 100-30-5 parti in peso). L'iniezione viene eseguita attraverso la cannetta più profonda sino a circa metà altezza, quindi, per colonne inclinometriche maggiori di 30m, attraverso la cannetta di metà lunghezza, sino all'avenuto spurgo a boccaforo. In questa fase sarà importante che il tubo inclinometrico venga completamente riempito di acqua, atta a contrastare l'eventuale risalita causata dal sottospinta del cemento. Si avrà inoltre cura di creare sull'estremità superiore dell'inclinometro un tappo con del nastro adesivo che impedisca l'ingresso di eventuali impurità;
- si provvederà quindi all'installazione della testa strumento (necessaria all'alloggiamento della carrucola durante le successive misure) e, successivamente, alla sistemazione e protezione dell'inclinometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo inclinometrico mediante spurgo con acqua pulita;

- indicare, sulla testa del tubo, in modo inequivocabile e permanente, la guida scelta come guida 1 di riferimento;
- prendere, con una bussola, l'azimut tra la guida di riferimento e il nord;
- accertarsi dell'avvenuta consolidazione della boiaccia cementizia;
- verifica dell'accessibilità del tubo inclinometrico mediante sonda testimone. La sonda testimone dovrà essere inserita in tutte le guide, portata a fondo foro e fatta risalire fino a boccatubo. Controllare che le guide di uscita della sonda testimone corrispondano a quelle di entrata; in caso contrario ci sarà un difetto di fabbricazione delle guide (o sarà insorta una problematica in fase di installazione) che avrà causato la fuoriuscita della sonda testimone dalle guide;
- a seguito dell'esito positivo mediante sonda testimone effettuare la misura mediante sonda spiralometrica, al fine di determinare il grado di torsione del tubo inclinometrico. Tale fase può anche essere successiva alla lettura di zero dello strumento;
- lettura di zero da effettuarsi quando sia accertata la consolidazione della boiaccia cementizia (aspettare qualche giorno) e, in generale, quando sia verificata l'assenza di eventuali interferenze (es. vibrazioni legate a lavorazioni limitrofe) che possano inficiare la bontà della misura di zero.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure inclinometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) che determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi

tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in *ante operam*, al fine di “fotografare” la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di sonde removibili o mediante sonde fisse. Nel caso di utilizzo di sonde fisse dovrà comunque essere effettuato, precedentemente alla loro installazione, un numero adeguato di misure mediante sonda removibile (almeno un paio) in modo tale che, se dovessero esserci problemi con le sonde fisse, si potrà sempre proseguire con le misure manuali.

La sonda deve essere realizzata secondo elevati standard qualitativi e i materiali impiegati devono rispondere a severe specifiche prestazionali rispetto ai diversi fattori d'esercizio che possono alterare nel tempo la sensibilità e precisione della sonda. In particolare, per la sonda biassiale, devono essere garantiti elevati standard qualitativi miranti ad assicurare la massima ortogonalità tra gli assi dei sensori e l'allineamento con il piano carrello.

Inoltre, per assicurare la precisione delle letture inclinometriche, è altrettanto essenziale che la sonda removibile sia sottoposta periodicamente ad un accurato controllo di taratura.

Di seguito si riportano alcune caratteristiche che la sonda removibile dovrà avere:

- tipo di sensore biassiale (servoaccelerometrico e MEMS)
- campi di misura $\pm 30^\circ$
- campo di temperatura -20 / +70 °C
- carrello porta sensore sonda a rotelle basculanti in acciaio inox
- interasse rotelle 500 mm
- sensibilità ± 0.05 mm per 500 mm
- precisione $\pm 0.1\%$ f.s.

Utilizzando la sonda mobile le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- predisporre la strumentazione collegando la sonda al cavo di misura;
- calare la sonda fino a fondo foro, secondo l'esatta orientazione della stessa, lungo la guida di riferimento;
- aspettare che la sonda si adatti alla temperatura presente nel tubo inclinometrico (almeno 10-15 minuti);
- collegare (se previsto un collegamento diretto) la centralina di misura al cavo di misura;
- sollevare la sonda sino al primo riscontro (nottolino del cavo di misura) utile ed effettuare la prima misura;

- sollevare la sonda di 0,5 m sino al successivo riscontro ed effettuare la misura. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, il passo di misura potrà variare da 0,5 m a 1 m;
- procedere secondo la fase precedente fino ad arrivare alla sommità del tubo inclinometrico;
- estrarre la sonda, ruotarla di 90° in senso orario e reinserirla, calandola fino a fondo foro, nella guida successiva. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, la lettura potrà essere effettuata a 2 guide (ogni 180°) anziché a 4 guide (ogni 90°);
- terminate le misure manuali si provvederà a scaricare i dati della centralina su pc e ad effettuarne l'elaborazione.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico "inclinazione – tempo", in cui si visualizzano nel tempo le variazioni di inclinazione dei sensori alle varie profondità di installazione.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'inclinometro (nome inclinometro, lunghezza, azimut della guida principale, data della misura di zero, passo di misura, ecc.);
- grafici trasversali, longitudinali, risultanti e polari di: verticalità del tubo (elaborazione assoluta della misura di zero), spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- tabulati degli spostamenti trasversali, longitudinali e risultanti di: spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

11.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del boccatubo, profondità, azimut della guida principale, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;

- Report delle successive letture inclinometriche secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

11.2 INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.010.005** "INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI (con tecnologia MEMS o equivalente, 2d o 3d)"
- **IG.10.010.005.a** "per ogni sensore"
- **IG.10.010.005.b** "per ogni Datalogger"
- **IG.10.010.020** "MISURA DI MANUALE DI INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI"

Nel prezzo sono inclusi: la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

11.2.1 Descrizione

Gli inclinometri fissi sono strumenti concepiti per la misura delle deformazioni del terreno e delle strutture e che trovano applicazione nella misura degli spostamenti principalmente orizzontali.

Lo strumento si presenta come una catena di nodi (a distanza variabile a seconda delle esigenze) costituita da una serie di elementi collegati tra loro e inseriti all'interno del tubo inclinometrico precedentemente predisposto. La posizione dei diversi nodi è di solito equidistante, tuttavia è possibile installare i diversi nodi anche ad interdistanze diverse, affinché si trovino concentrati nelle zone di maggiore interesse. Aumentare, tuttavia, l'interdistanza tra le sonde va a discapito della precisione della misura dello spostamento totale, per cui è comunque da preferirsi una posa in opera che preveda i singoli nodi il più vicini possibile tra loro.

Ogni elemento contiene un sensore di tipo servoaccelerometrico, o MEMS, o similare, che è preposto alla misura della deformazione in quello specifico punto. Alcuni prodotti possono essere forniti, oltre che del sensore per la misura degli spostamenti, anche di altri sensori, quali: un sensore di temperatura, una bussola magnetica o un sensore piezometrico.

Non sempre gli inclinometri fissi necessitano di installazione all'interno di tubi inclinometrici classici. Laddove però questo fosse necessario sarà obbligatorio effettuare una serie di misure (almeno due) mediante sonda inclinometrica removibile. Tali misure manuali saranno riprese in caso di malfunzionamento della catena inclinometrica fissa (sempre che ne sia possibile l'estrazione dal tubo).

In caso di monitoraggio di un'opera o di un qualsiasi altro tipo di intervento (es. sbancamento), l'installazione dell'inclinometro, e la conseguente lettura di zero, dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

In alcuni casi le catene inclinometriche fisse possono essere installate lungo il profilo di pareti rocciose, per monitorarne la deformazione, o all'interno delle gallerie, trasversalmente all'asse della galleria, per effettuare misure di convergenza.

Le specifiche strumentali sono fortemente legate alla tipologia del dispositivo e, più che per altri strumenti, all'azienda che li produce. In alcuni casi si tratta di sonde inclinometriche, simili a quelle removibili, collegate l'una all'altra ed inserite nel tubo inclinometrico nella direzione della guida principale.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| • tipo di sensore | MEMS o Servoaccelerometrico |
| • specifiche sensore | 2D o 3D |
| • interdistanza tra sensori | da 0,5 m a 1 m |
| • campo di misura | $\pm 20^\circ$ |
| • campo di temperatura | -10 / +40 °C |
| • sensibilità | ± 0.2 mm/m |
| • precisione | $\pm 0.1\%$ f.s. |

11.2.2 Modalità esecutive

Sul mercato esistono differenti sistemi inclinometrici fissi. Per lo più sono classificabili in due sottoinsiemi: quelli che possono essere installati all'interno di tubi inclinometrici classici, facendoli scorrere all'interno delle guide principali o quelli che possono essere inseriti in tubi senza scanalature. Le modalità di installazione sono fortemente vincolate alle specificità del prodotto e possono essere molto differenti tra loro.

Prima della posa in opera è necessario, comunque, eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che il tubo inclinometrico in cui la catena fissa sarà alloggiata non presenti ostruzioni di alcun tipo;
- verificare la profondità del tubo inclinometrico;
- verificare l'integrità della strumentazione e che il segnale trasmesso alla centralina di misura sia stabile e congruente con l'inclinazione delle sonde;
- creare, nell'intorno del punto di posa, le condizioni di pulizia e ordine che consentano le manovre di installazione senza eventuali intralci.

Per l'installazione vera e propria si dovrà fare riferimento alle specifiche tecniche evidenziate dal manuale di installazione dei diversi produttori.

Ad avvenuta installazione sarà necessario predisporre apposite misure di protezione dei cavi di segnale e del Datalogger di misura.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico “inclinazione – tempo”, in cui si visualizzano nel tempo le variazioni di inclinazione dei sensori alle varie profondità di installazione.

Alcuni prodotti consentono di rilevare anche gli spostamenti lungo la componente verticale. In tal caso sarà possibile anche la restituzione di grafici “spostamento verticale – tempo” e “spostamenti 3D – tempo”.

Misure

Le misure inclinometriche sono di tipo comparativo, quindi la misura detta “misura di zero” determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che, a seguito dell’installazione, venga individuata, tra le prime misure acquisite in automatico, la misura che evidenzia il minor disturbo possibile: tale misura sarà quella “di zero”.

Le misure saranno eseguite mediante centralina portatile (solo in caso di necessità) o mediante un apposito Datalogger dedicato.

Il Datalogger provvederà a scaricare i dati inclinometrici in base alla frequenza di misura impostata e, se provvisto di modulo di trasmissione dati e antenna, a comunicarle ad un CED (Centro Elaborazione Dati) dedicato.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi agli strumenti (nome inclinometro, lunghezza, azimuth della guida principale, data della misura di zero, passo di misura, nome dei singoli nodi inclinometrici, quota di installazione, ecc.);
- grafici trasversali, longitudinali, risultanti e polari di: verticalità del tubo (elaborazione assoluta della misura di zero), spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- tabulati degli spostamenti trasversali, longitudinali e risultanti di: spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- tabulati e grafici degli eventuali ulteriori sensori presenti;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l’evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

11.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;

- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del boccatubo, profondità, azimut della guida principale, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture inclinometriche secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

11.3 TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO IN ABS

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.010.010 "TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO IN ABS (di spessore minimo di 3,5mm)"
- IG.10.010.010.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.010.010.b "per ogni ml di tubo estensoinclinometrico (incluso il relativo anello magnetico)"
- IG.10.010.025 "MISURA MANUALE DI TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO"
- IG.10.010.025.a "per ogni ml con lettura a 2 guide"
- IG.10.010.025.b "per ogni ml con lettura a 4 guide"

La voce di prezzo si riferisce a tubi inclinometrici in ABS con spessore minimo di 3,5 mm.

Nel prezzo sono inclusi gli anelli magnetici, i manicotti, il tappo di fondo e la testa strumento.

Nel prezzo sono inoltre inclusi: la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione a bassa pressione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito all'avvenuto indurimento del cemento iniettato nell'intercapedine tra il foro di sondaggio e lo strumento.

È fatto obbligo nel processo di installazione: il lavaggio interno post-installazione del tubo inclinometrico, la verifica su 2 guide mediante sonda testimone, il controllo della torsione mediante misura spiralometrica e la lettura di zero realizzata su 4 guide con passo 0,5 metri, con riportato, tra gli altri, il grafico assoluto della verticalità.

La deviazione dalla verticale dei tubi dovrà essere inferiore all'1,5% e la spiralitya dovrà essere inferiore a 0,3°/m.

Dovrà essere previsto un anello magnetico per la lettura estensimetrica ogni metro lineare.

11.3.1 Descrizione

I tubi estensoinclinometrici sono pensati, così come i normali inclinometri, per misurare la componente orizzontale delle deformazioni di terreni o strutture. In aggiunta, grazie alla presenza di una serie di anelli magnetici installati lungo la verticale inclinometrica, è possibile misurare anche la componente verticale delle deformazioni.

Gli estensoinclinometri sono realizzati generalmente in ABS, un materiale che ha la capacità di offrire un buon rapporto tra resistenza e deformabilità.

I tubi estensoinclinometrici presentano al loro interno 4 scanalature chiamate "guide", ortogonali tra loro, all'interno delle quali scorrono le rotelle delle sonde di misura.

Le misure estensoinclinometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) che determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

Caratteristiche tecniche

- | | |
|------------------------------|--|
| • materiale tubi | ABS |
| • Tipo di anelli magnetici | semplici o a ragno (con alette) |
| • lunghezza spezzoni | 3m |
| • spessore | ≥ 3.5mm per ABS |
| • torsione ammissibile | ≤ 0,3°/m |
| • deviazione dalla verticale | ≤ 1,5% |
| • manicotto di giunzione | auto-allineante sui due spezzoni di tubo |

11.3.2 Modalità esecutive

Le modalità di installazione degli estensoinclinometri sono simili a quelle degli inclinometri classici. Ciò che cambia è che ai vari spezzoni di tubo saranno vincolati gli anelli magnetici (distanziati ad 1m l'uno dall'altro).

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- la perforazione dovrà avere diametro sufficiente a consentire agevolmente sia l'inserimento del tubo estensoinclinometrico che il tubicino di iniezione del cemento;
- la perforazione dovrà avere una deviazione dalla verticale $\leq 1,5\%$;
- verificare l'integrità della strumentazione;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento delle sonde di misura;
- assicurarsi di avere a portata un tubo collegato ad una presa di acqua pulita. Sarà fondamentale infatti, riempire il tubo inclinometrico di acqua pulita man mano che si inseriranno gli spezzoni nel foro, per compensare la sottospinta dell'acqua eventualmente presente nel foro stesso.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- collegare il tappo di fondo al primo spezzone che deve essere calato, spalmando del silicone sulla testa dello spezzone che andrà infilata nel tappo di fondo, rivettando con quattro rivetti ed infine facendo dei giri di nastro a sigillare il tutto;
- collegare due spezzoni tramite l'apposito manicotto. Il collegamento viene eseguito grazie alle 4 guide di tubo e manicotto, che devono coincidere. Sulla testa dello spezzone che viene infilato nel manicotto deve essere spalmato uno strato di colla o silicone. Fissare i manicotti con quattro rivetti siliconati, ponendo attenzione affinché le due facce dei due spezzoni di tubi siano perfettamente combacianti;
- sigillare con nastro adesivo la giunzione dei due spezzoni così uniti al fine d'impedire l'entrata di boiaccia all'interno della colonna estensoinclinometrica;
- collegare energicamente la canna d'iniezione (costituita, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20) allo spezzone di fondo foro mediante nastro adesivo. In caso di estensoinclinometri abbastanza profondi (maggiori di 30m) si dovrà predisporre una seconda cannetta di iniezione da posizionare una volta che con l'assemblaggio degli spezzoni si sia raggiunta la metà della perforazione. Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 50 cm di distanza dal tappo del tubo estensoinclinometrico e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm;
- predisporre gli anelli magnetici a ridosso dei vari spezzoni (interdistanza 1 m);
- gli anelli magnetici dovranno essere fissati leggermente sui vari spezzoni (mediante viti poco strette o nastro adesivo non troppo serrato) in modo tale che, una volta portati in posizione

all'interno del foro di sondaggio ed effettuata la cementazione, sia consentito il movimento degli anelli rispetto al tubo e non rispetto al terreno;

- infilare i primi due spezzoni all'interno del foro e mantenerli sospesi a boccaforo tramite l'apposita "forchetta". Prendere un terzo spezzone e collegarlo agli altri due seguendo le indicazioni appena menzionate e proseguire in questa maniera con gli altri segmenti fino a fondo foro. Se non si è provveduto a predisporre precedentemente gli anelli magnetici a ridosso dei singoli spezzoni, lo si farà in questa fase, man mano che il tubo viene calato nel foro;
- è molto importante calare l'estensoinclinometro nel foro facendo in modo che le guide siano orientate parallelamente e perpendicolarmente alla direzione di massimo spostamento atteso. Dovrà inoltre essere evitata la torsione dello strumento durante la fase di installazione in foro;
- se nel foro c'è presenza d'acqua, anche i tubi verranno riempiti d'acqua pulita, in modo da non forzare durante la discesa della colonna, evitando l'effetto galleggiamento della colonna di tubi. Per favorire il centraggio della colonna nel foro si potranno utilizzare distanziatori in gomma o materiale molto simile;
- al termine del posizionamento si procede alla cementazione a bassa pressione (2 – 3 atm) tramite la cannetta d'iniezione, con miscela cementizia leggermente espansiva (acqua, cemento e bentonite in rapporto di 100-30-5 parti in peso). L'iniezione viene eseguita attraverso la cannetta più profonda sino a circa metà altezza, quindi, per colonne estensoinclinometriche maggiori di 30m, attraverso la cannetta di metà lunghezza, sino all'avvenuto spurgo a boccaforo;
- in questa fase sarà importante che il tubo estensoinclinometrico venga completamente riempito di acqua, atta a contrastare l'eventuale risalita causata dal sottospinta del cemento. Si avrà inoltre cura di creare sull'estremità superiore dell'estensoinclinometro un tappo con del nastro adesivo che impedisca l'ingresso di eventuali impurità;
- si provvederà quindi all'installazione della testa strumento (necessaria all'alloggiamento della carrucola durante le successive misure) e, successivamente, alla sistemazione e protezione dell'estensoinclinometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo mediante spurgo con acqua pulita;
- indicare, sulla testa del tubo, in modo inequivocabile e permanente, la guida scelta come guida 1 di riferimento;
- prendere, con una bussola, l'azimut tra la guida di riferimento e il nord;

- accertarsi dell'avvenuta consolidazione della boiaccia cementizia (aspettare qualche giorno);
- verifica dell'accessibilità del tubo mediante sonda testimone. La sonda testimone dovrà essere inserita in tutte le guide, portata a fondo foro e fatta risalire fino a boccatubo. Controllare che le guide di uscita della sonda testimone corrispondano a quelle di entrata; in caso contrario ci sarà un difetto di fabbricazione delle guide (o sarà insorta una problematica in fase di installazione) che avrà causato la fuoriuscita della sonda testimone dalle guide;
- a seguito dell'esito positivo mediante sonda testimone effettuare la misura mediante sonda spiralometrica, al fine di determinare il grado di torsione del tubo estensoinclinometrico. Tale fase può anche essere successiva alla lettura di zero dello strumento;
- lettura di zero da effettuarsi quando sia accertata la consolidazione della boiaccia cementizia (aspettare qualche giorno) e, in generale, quando sia verificata l'assenza di eventuali interferenze (es. vibrazioni legate a lavorazioni limitrofe) che possano inficiare la bontà della misura di zero.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensoinclinometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) che determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di sonde estensoinclinometriche removibili o mediante sonde fisse. Nel caso di utilizzo di sonde fisse dovrà comunque essere effettuato, precedentemente alla loro installazione, un numero adeguato di misure mediante sonda removibile (almeno un paio) in modo

tale che, se dovessero esserci problemi con le sonde fisse, si potrà sempre proseguire con le misure manuali.

La sonda deve essere realizzata secondo elevati standard qualitativi e i materiali impiegati devono rispondere a severe specifiche prestazionali rispetto ai diversi fattori d'esercizio che possono alterare nel tempo la sensibilità e precisione della sonda. In particolare, per la sonda biassiale, devono essere garantiti elevati standard qualitativi miranti ad assicurare la massima ortogonalità tra gli assi dei sensori e l'allineamento con il piano carrello.

Inoltre, per assicurare la precisione delle letture inclinometriche, è altrettanto essenziale che la sonda removibile sia sottoposta periodicamente ad un accurato controllo di taratura.

Di seguito si riportano alcune caratteristiche che la sonda removibile dovrà avere:

- tipo di sensore biassiale (servoaccelerometrico e MEMS)
- campi di misura $\pm 30^\circ$
- campo di temperatura $-20 +70$ °C
- carrello porta sensore sonda a rotelle basculanti in acciaio inox
- interasse rotelle 500 mm
- sensibilità ± 0.05 mm per 500 mm
- precisione $\pm 0.1\%$ f.s.
- risoluzione estensimetro 0.01 mm

Utilizzando la sonda mobile le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- predisporre la strumentazione collegando la sonda al cavo di misura;
- calare la sonda fino a fondo foro, secondo l'esatta orientazione della stessa, lungo la guida di riferimento;
- aspettare che la sonda si adatti alla temperatura presente nel tubo inclinometrico (almeno 10-15 minuti);
- collegare, se previsto un collegamento diretto, la centralina di misura al cavo di misura;
- sollevare la sonda sino al primo riscontro (nottolino del cavo di misura) utile ed effettuare la prima misura;
- sollevare la sonda di 0,5 m sino al successivo riscontro ed effettuare la misura. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, il passo di misura potrà variare da 0,5 m a 1 m;
- procedere secondo la fase precedente fino ad arrivare alla sommità del tubo inclinometrico;

- estrarre la sonda, ruotarla di 90° in senso orario e reinserirla, calandola fino a fondo foro, nella guida successiva. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, la lettura potrà essere effettuata a 2 guide (ogni 180°) anziché a 4 guide (ogni 90°);
- terminate le misure manuali si provvederà a scaricare i dati della centralina su pc e ad effettuarne l'elaborazione.

I dati ottenuti vengono diagrammati in grafici "inclinazione – tempo" e "spostamenti verticali – tempo". È inoltre possibile (avendo la misura delle deformazioni lungo le tre componenti X-Y-Z, ottenere un grafico degli spostamenti 3D nel tempo.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensoinclinometro (nome estensoinclinometro, lunghezza, azimut della guida principale, data della misura di zero, passo di misura, interdistanza tra gli anelli magnetici, ecc.);
- grafici degli spostamenti lungo la verticale e grafici trasversali, longitudinali, risultanti e polari di: verticalità del tubo (elaborazione assoluta della misura di zero), spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- tabulati degli spostamenti lungo la verticale e degli spostamenti trasversali, longitudinali e risultanti di: spostamenti differenziali locali e spostamenti differenziali integrali (o cumulati);
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

11.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del boccatubo, profondità, azimut della guida principale, interdistanza e quota degli anelli magnetici, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture estensoinclinometriche secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

11.4 MISURA MANUALE DI TUBO INCLINOMETRICO (SIA IN ALLUMINIO CHE IN ABS)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.010.015** "MISURA MANUALE DI TUBO INCLINOMETRICO (sia in alluminio che in ABS)"
- **IG.10.010.015.a** "per ogni ml con lettura a 2 guide"
- **IG.10.010.015.b** "per ogni ml con lettura a 4 guide"

Le specifiche inerenti la misura manuale dei tubi inclinometrici sono descritte nell'apposita voce "misure" presente nel capitolo "TUBO INCLINOMETRICO IN ABS O ALLUMINIO" e alla quale si rimanda.

La presente voce va computata solo per misure successive alla prima, in quanto la misura di zero dello strumento è intesa come parte integrante dell'installazione dello stesso, e quindi già riconosciuta nel costo di fornitura e posa in opera.

Le misure saranno effettuate con un passo di 0,5 m e su un numero di guide (2 o 4) secondo quanto stabilito dal progettista, in accordo con ANAS.

Il passo di misura potrà essere aumentato ad 1 m a seconda dei casi stabiliti di volta in volta.

La misura di zero sarà obbligatoriamente effettuata su 4 guide e con passo di misura di 0,5 m.

Il prezzo è relativo ad ogni metro lineare di tubo inclinometrico letto.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

La misura di zero dovrà essere eseguita quando sia accertata la perfetta cementazione del tubo inclinometrico.

11.5 MISURA MANUALE DI INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.010.020** "MISURA DI MANUALE DI INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI"

Le specifiche inerenti la misura manuale dei tubi inclinometrici sono descritte nell'apposita voce "misure" presente nel capitolo "INCLINOMETRI FISSI A SONDE/SENSORI (con tecnologia MEMS o equivalente, 2D o 3d)" e alla quale si rimanda.

La presente voce va computata solo per misure successive alla prima, in quanto la misura di zero dello strumento è intesa come parte integrante dell'installazione dello stesso, e quindi già riconosciuta nel costo di fornitura e posa in opera.

Il prezzo è relativo alla misura di ogni singola sonda fissa o sensore.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

11.6 MISURA MANUALE DI TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.010.025** "MISURA MANUALE DI TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO"
- **IG.10.010.025.a** "per ogni ml con lettura a 2 guide"
- **IG.10.010.025.b** "per ogni ml con lettura a 4 guide"

Le specifiche inerenti la misura manuale dei tubi inclinometrici sono descritte nell'apposita voce "misure" presente nel capitolo "TUBO ESTENSOINCLINOMETRICO IN ABS (di spessore minimo di 3,5mm)" e alla quale si rimanda.

La presente voce va computata solo per misure successive alla prima, in quanto la misura di zero dello strumento è intesa come parte integrante dell'installazione dello stesso, e quindi già riconosciuta nel costo di fornitura e posa in opera.

Le misure saranno effettuate con un passo di 0,5 m e su un numero di guide (2 o 4) secondo quanto stabilito dal progettista, in accordo con ANAS.

Il passo di misura potrà essere aumentato ad 1 m a seconda dei casi stabiliti di volta in volta.

La misura di zero sarà obbligatoriamente effettuata su 4 guide e con passo di misura di 0,5 m.

Il prezzo è relativo ad ogni metro lineare di tubo estensoinclinometrico letto.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

La misura di zero dovrà essere eseguita quando sia accertata la perfetta cementazione del tubo estensoinclinometrico.

12 ESTENSIMETRI / ASSESTIMETRI

Gli estensimetri consentono di misurare lo spostamento tra due diversi punti e, in tal modo, consentono di monitorare le deformazioni all'interno di terreni o strutture.

Per la misura di spostamenti lungo l'asse verticale (in genere cedimenti) si parlerà di "assestimetri".

Gli estensimetri permettono di rilevare spostamenti, per lo più verticali, in contesti come: rilevati, gallerie, aree interessate da scavi, dighe, aree soggette ad iniezioni cementizie, ecc., e sono quindi impiegati per l'analisi e la risoluzione di molte problematiche di carattere geotecnico.

Le misure possono essere effettuate sia in manuale mediante calibri digitali, battute topografiche o centraline portatili, oppure in automatico mediante trasduttori di pressione e Datalogger.

Si dovrà prevedere l'installazione degli estensimetri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure *ante operam*. In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Nell'esecuzione delle perforazioni dovranno essere messe in campo tutte le precauzioni atte a tutelare l'ambiente circostante e tutte le eventuali opere antropiche limitrofe (infrastrutture, edifici, sottoservizi, ecc.).

Occorre quindi che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori ed in particolare nel corso dell'esecuzione delle opere provvisorie.

Prima di iniziare i lavori di sterro, di riporto e di scavo, l'Affidatario è obbligato ad eseguire la picchettazione completa del lavoro.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

12.1 ESTENSIMETRO MULTIBASE CON ASTE IN FIBRA DI VETRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.001 "ESTENSIMETRO MULTIBASE CON ASTE IN FIBRA DI VETRO"
- IG.10.020.001.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.020.001.b "per ogni testa strumento"
- IG.10.020.001.c "per ogni ml di una singola asta"
- IG.10.020.025 "TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO"
- IG.10.020.030.a "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - multibase e monobase a punto fisso o a piastra"
- IG.10.020.035 "MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO"

Il diametro delle aste in fibra di vetro dovrà essere di almeno 7 mm.

Il prezzo si intende a metro lineare per singola asta, pertanto il prezzo definitivo sarà dato dalla somma dei metri lineari di tutte le aste presenti.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il riempimento del foro e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Lo strumento si intende preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

12.1.1 Descrizione

Gli estensimetri multibase vengono utilizzati per controllare i movimenti in profondità di una serie di punti di misura che vengono cementati a quote fisse entro una perforazione. Si può determinare il profilo deformativo in profondità lungo l'asse del foro, rilevando la loro posizione rispetto ad un riferimento di superficie.

I punti di misura ancorati nella perforazione mediante barre d'acciaio ad aderenza migliorata, sono collegati alla superficie con aste in fibra di vetro (o altri materiali) protette da una guaina di nylon per minimizzare gli effetti dell'attrito laterale. La cementazione dei punti di misura e delle guaine nel foro, avviene mediante iniezioni attraverso un apposito tubo. In caso di spostamenti (trazione o compressione) le aste in fibra di vetro, vincolate alle barre in acciaio, si muoveranno all'interno della guaina e, tali movimenti relativi tra il punto di ancoraggio e la testa dell'asta di misura, verranno misurati attraverso un calibro digitale o dei trasduttori di spostamento elettrici.

L'estensimetro multibase è generalmente composto da:

- una testa di misura a cui sono fissate le basi di misura;
- una o più basi di misura disponibili in vari materiali (fibra di vetro, acciaio, ecc.). Le basi sono protette dal contatto con la cementazione da una guaina in materiale plastico;
- ancoraggi di fondo, uno per ogni base di misura, da cementarsi al terreno;
- tubi di iniezione.

Caratteristiche tecniche:

- | | |
|-----------------------|--|
| • materiale aste | fibra di vetro |
| • materiale ancoraggi | acciaio zincato ad aderenza migliorata |
| • diametro aste | ≥ 7 mm |

12.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- La perforazione dovrà avere diametro sufficiente a consentire agevolmente l'inserimento dello strumento;
- verificare che siano predisposti, a ridosso dell'estensimetro, i tubi di iniezione del cemento. In caso contrario ancorare, mediante nastro adesivo, dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20) in prossimità della barra di fondo foro. Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 1m di distanza dalla barra di fondo e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm. In caso di estensimetri abbastanza profondi (maggiori di 30m) si dovrà predisporre una seconda cannetta di iniezione di lunghezza pari alla metà della perforazione;
- verificare l'integrità della strumentazione;
- numerare con cura i tappini protettivi posti sulle sommità delle diverse aste e numerare anche le sommità stesse delle diverse aste.

Tenendo presente che lo strumento arriverà preassemblato dalla fabbrica secondo le lunghezze richieste, l'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- preparare lo strumento in prossimità del sito di installazione distendendolo a terra e montando eventuali centratori;
- unire tra loro le sommità delle varie aste di misura con del nastro a formare un corpo unico;
- inserire lo strumento in foro;
- una volta calato lo strumento nel foro sostenere la testa all'altezza desiderata. In vista dell'eventuale necessità di automatizzare l'estensimetro mediante trasduttori di pressione, si dovrà avere l'accortezza di posizionare la testa dello strumento di circa 50cm al di sotto del p.c.;
- procedere alla cementazione a bassa pressione (2 – 3 atm) tramite la cannetta d'iniezione, con miscela cementizia leggermente espansiva (acqua, cemento e bentonite in rapporto di 100-30-5 parti in peso). L'iniezione viene eseguita attraverso la cannetta più profonda sino a circa metà altezza, quindi, per estensimetri maggiori di 30m, attraverso la cannetta di metà lunghezza, sino a circa 1m da p.c.;
- una volta che il cemento ha fatto presa liberare le sommità delle aste di misura precedentemente unite col nastro adesivo;
- montare la testa dello strumento, avvitando ad essa le sommità delle singole aste e rispettandone accuratamente la numerazione, ed applicare un coperchio di protezione della testa;

- rabboccare l'ultimo metro di foro precedentemente lasciato non cementato, così da vincolare la testa dello strumento;
- installare un pozzetto protettivo;
- lettura di zero mediante calibro digitale da effettuarsi quando sia accertata la consolidazione della boiaccia cementizia (aspettare qualche giorno).

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di calibri digitali o trasduttori di spostamento. Nel caso di utilizzo di trasduttori di spostamento dovrà comunque essere effettuato, precedentemente alla loro installazione, un numero adeguato di misure mediante calibro digitale (almeno un paio) in modo tale che, se dovessero esserci problemi con i trasduttori, si potrà sempre proseguire con le misure manuali.

Utilizzando il calibro digitale (per l'utilizzo dei trasduttori di spostamento si rimanda all'apposito capitolo) le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- svitare il tappino della base di misura 1;
- inserire il calibro digitale e portarlo in battuta;
- leggere la misura ed appuntarla su un apposito modulo (eseguire almeno 3 misure ed appuntare il valore medio);

- ripetere la stessa operazione per tutte le altre basi di misura.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico “spostamento – tempo”, in cui si visualizzano nel tempo i movimenti avvenuti alle varie profondità di installazione delle basi.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza delle varie aste, quota d'installazione delle basi e della testa, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo delle varie basi di misura;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta della testa strumento e delle varie basi, lunghezza delle aste, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

12.2 ESTENSIMETRO MONOBASE IN ACCIAIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.005 “ESTENSIMETRO MONOBASE IN ACCIAIO”
- IG.10.020.005.1 “per ogni installazione/approntamento”
- IG.10.020.005.2 “A PUNTO FISSO”
- IG.10.020.005.2.a “per ogni testa strumento”
- IG.10.020.005.2.b “per ogni ml di aste”
- IG.10.020.005.3 “A PIASTRA”
- IG.10.020.005.3.a “per ogni testa strumento”

- IG.10.020.005.3.b “per ogni ml di aste”
- IG.10.020.030.a “MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - multibase e monobase a punto fisso o a piastra”

Nel prezzo sono incluse le giunzioni tra le singole aste e il rivestimento in corrugato PVC.

Nel prezzo è inclusa, inoltre, la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il riempimento del foro e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

12.2.1 Descrizione

Gli estensimetri monobase vengono utilizzati per controllare i movimenti in profondità mediante la misura dello spostamento verticale tra la testa dello strumento e la base di misura.

La base di misura può essere “a punto fisso” o a “piastra” e varia a seconda delle finalità. L'estensimetro a piastra è generalmente utilizzato per la misura in opere quali i rilevati. In tal caso l'installazione avverrà di pari passo con la realizzazione del rilevato stesso. L'estensimetro a punto fisso è invece previsto all'interno di un foro di sondaggio e poi cementato.

Le basi sono vincolate ad un'asta di misura, composta di elementi da assemblare durante l'installazione, che è libera di scorrere all'interno di una guaina corrugata aderente al terreno. Eventuali cedimenti del terreno causeranno un movimento dell'asta di misura all'interno della guaina protettiva e, mediante delle battute topografiche della borchia posta alla sommità dell'asta, si potrà quantificare l'entità del movimento.

L'estensimetro monobase è generalmente composto da:

- asta in acciaio;
- borchia per la misura;
- base “a punto fisso” o a “piastra”;
- guaina protettiva corrugata in PVC.

Caratteristiche tecniche

- materiale asta acciaio inox
- tipo di guaina corrugato in PVC
- materiale basi piastra in acciaio inox o perno con dischetti in acciaio inox
- dimensione base a piastra $\geq 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ e spessore $\geq 3 \text{ mm}$

- dimensione base a punto fisso altezza $\geq 600\text{mm}$ e diametro $\geq 60\text{mm}$
- materiale borchia di misura acciaio inox o ottone
- diametro aste $\geq 25\text{mm}$

12.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- In caso di installazione di estensimetro a punto fisso in foro di sondaggio predisporre dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20). Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 1m di distanza dalla barra di fondo e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm;
- verificare l'integrità della strumentazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi a seconda del differente estensimetro considerato.

ESTENSIMETRO A PIASTRA

- eseguire uno scavo profondo circa 1 m circa da piano campagna. Il fondo dello scavo sarà livellato con sabbia fine (circa 20 cm) e compattata in modo da ottenere una superficie orizzontale sulla quale sarà posata la piastra;
- posare la piastra e avvitare il primo spezzone di asta;
- verificare la perfetta verticalità dell'asta avvitata alla piastra;
- predisporre la guaina corrugata (svincolata dalla piastra) intorno al primo spezzone;
- man mano che si procede con l'elevazione del rilevato si dovrà prolungare l'asta di misura, aggiungendo successivi spezzoni, avvitati tra loro tramite giunti e aggiungendo, quindi, i vari spezzoni di guaina corrugata (avvitando anch'essi tra di loro e sigillandoli con il nastro adesivo);
- sull'ultimo spezzone dovrà essere avvitata la borchia per le misure topografiche;
- 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 circa 50 cm. L'intercapedine tra il tubo in cemento e la guaina dell'estensimetro dovrà essere riempita a mano;
- installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;

- la testa dell'asta di misura dovrà sporgere dalla guaina per consentire le misure topografiche di controllo;
- effettuare la lettura di zero mediante battuta topografica.

ESTENSIMETRO A PUNTO FISSO

- eseguire una perforazione di diametro adeguato all'inserimento dell'estensimetro;
- verificare con uno scandaglio la profondità del foro;
- avvitare il primo spezzone alla base (costituita da un perno di circa 60 cm, sul quale sono disposti una serie di dischi in acciaio inox di 6cm circa di diametro);
- accoppiare la prima porzione di guaina corrugata intorno al primo spezzone di asta poggiandola sull'apposito anello portaguaina;
- man mano che si cala lo strumento nel foro verranno inseriti ulteriori spezzoni di asta (avvitandoli tra loro mediante appositi giunti) e nuovi segmenti di guaina (avvitati tra loro e sigillati mediante nastro adesivo);
- sull'ultimo spezzone dovrà essere avvitata la borchia per le misure topografiche;
- terminata la posa in opera dell'estensimetro sollevare il rivestimento del foro di sondaggio di circa 1,5 m senza rotazione;
- iniettare in prossimità del fondo foro la malta cementizia formata da acqua, cemento e bentonite (in rapporto di 100 - 30 - 5) per almeno 2 m e aspettare il tempo necessario alla presa;
- successivamente riempire il foro di materiale idoneo (es. sabbia o ghiaietto) fino a boccaforo, sollevando man mano i rivestimenti senza rotazione;
- eseguire un piccolo getto con calcestruzzo per bloccare il terminale di superficie;
- installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;
- la testa dell'asta di misura dovrà sporgere dalla guaina per consentire le misure topografiche di controllo;
- effettuare la lettura di zero mediante battuta topografica.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure sono eseguite mediante battute topografiche sulla borchia di lettura e in riferimento ad un caposaldo fisso preinstallato. I vari spostamenti della porzione di terreno a cui è vincolata la base si traducono in spostamenti della borchia di misura.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico "cedimento - tempo", in cui si visualizzano nel tempo le variazioni alle varie profondità di installazione delle basi.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza, quota d'installazione della base, quota della borchia di misura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta della base, della testa strumento, lunghezza delle aste, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

12.3 ESTENSIMETRO INCREMENTALE IN PVC (DOTATO DI RISCONTRI DI MISURA INTERNI A BATTUTA)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.020.010** “ESTENSIMETRO INCREMENTALE IN PVC (CON RISCONTRI DI MISURA INTERNI A BATTUTA)”
- **IG.10.020.010.a** “per ogni installazione/approntamento”
- **IG.10.020.010.b** “per ogni ml di tubo”
- **IG.10.020.030.c** “MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - incrementale”

Nel prezzo sono inclusi i manicotti.

Nel prezzo è inoltre inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Il prezzo comprende lo strumento in tutte le sue componenti e considerando un passo di misura non superiore a 1 ml.

12.3.1 Descrizione

L'estensimetro incrementale è utilizzato per le misure di deformazioni lungo la direzione assiale di un foro di sondaggio, sia verso il basso che inclinato, mediante l'utilizzo di una sonda di precisione. Le basi di misura sono in questo caso fornite da una serie di riscontri interni al tubo stesso (con passo 1 m), sui quali la sonda effettua una battuta di lettura.

L'estensimetro incrementale è spesso utilizzato per la misura dell'estrusione del fronte delle gallerie, sia durante le fasi di scavo che durante i periodi di fermo lavori. Durante lo scavo andranno distrutti i primi metri di tubazione, ma la tipologia dello strumento consente la lettura sulla porzione restante all'interno dell'ammasso.

Un'altra applicazione è quella legata alla misura degli effetti in seguito ad iniezioni cementizie come, ad esempio, nella consolidazione dei terreni mediante *jet-grouting*.

L'estensimetro incrementale è generalmente composto da:

- tubi in PVC con riscontro interno;
- manicotti per la giunzione dei vari spezzoni;

- tappo di fondo;
- testa di misura.

Caratteristiche tecniche

- materiale tubi PVC
- lunghezza spezzoni 1m
- tipo di riscontro interno a "croce"

Caratteristiche tecniche della sonda di misura

- campo di misura ± 20 mm/m
- sensibilità ± 0.01 mm
- precisione ± 0.03 mm
- campo di temperatura $-10 / +40^{\circ}\text{C}$
- impermeabile fino a 15 bar

12.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- predisporre dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20). Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 1m di distanza dal tappo di fondo e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm. Se la lunghezza dello strumento supera i 30 ml, si dovranno prevedere due tubi di iniezione, uno da fondo foro e uno a circa metà lunghezza;
- verificare l'integrità della strumentazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi a seconda del differente estensimetro considerato:

- pre-assemblare i vari spezzoni da 1 m, formando spezzoni di 2 m o 3 m;
- l'unione dei vari spezzoni avverrà infilando i vari spezzoni all'interno dei manicotti, nel verso indicato dai riferimenti presenti su di essi e avvitando le viti all'interno dei fori predisposti. In ultimo sigillare mediante diversi giri di nastro adesivo;
- installare il tappo di fondo al primo spezzone così creato e al quale si collegherà la canna di iniezione della boiaccia cementizia;

- inserire nel foro di sondaggio il primo spezzone e, man mano che si procede all'inserimento, collegare gli ulteriori spezzoni secondo le modalità già illustrate;
- se l'estensimetro è più lungo di 30 ml collegare una seconda cannetta di iniezione con sfiato a metà della lunghezza del foro di sondaggio;
- arrivati a fondo foro si procederà alla cementazione;
- se il foro di sondaggio è di tipo inclinato, prima di procedere all'iniezione della boiaccia cementizia si dovrà realizzare un tappo a bocca foro utilizzando cemento a presa rapida e gesso. Inoltre si dovrà installare una canna di sfiato (che si protenda all'interno del foro per non più di un metro) onde poter verificare l'avvenuto intasamento del foro;
- iniettare a partire da fondo foro la boiaccia cementizia con rapporto acqua -cemento - bentonite pari 100-50-2 (in alternativa alla bentonite si potrà utilizzare un additivo con funzione fluidificante ed accelerante di presa. In caso di ostruzione della cannetta di iniezione più lunga, si dovrà proseguire la cementazione attraverso la cannetta più corta;
- a livello di riempimento raggiunto e stabilizzazione avvenuta, si deve procedere al lavaggio dell'interno del tubo con acqua pulita;
- in caso di installazione da piano campagna verso il basso, installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;
- effettuare la lettura di zero (non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi).

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di

realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in *ante operam*, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

La strumentazione necessaria all'esecuzione delle misure è composta sostanzialmente da: sonda, aste in alluminio, cavo di segnale e centralina portatile.

La procedura da osservare durante l'esecuzione delle misure è la seguente:

- connettere il cavo di segnale alla sonda e alla centralina portatile;
- inserire la sonda nel foro fino a lasciar sporgere all'esterno soltanto la sua parte terminale dotata di filettatura o attacco a baionetta;
- collegare la sonda ad un'asta di misura tramite l'apposito collegamento filettato o a baionetta;
- collegare un'altra asta di misura a quella precedentemente e così via fino ad arrivare a fondo foro;
- arrivati a fondo foro, si comincia la lettura muovendo il sistema aste – sonda mentre si esercita una leggera trazione fino a giungere alla prima base di lettura. In questa posizione si esercita una trazione più energica e ci si ferma. A valore stabilizzato si legge il valore sul display della centralina: tale valore rappresenta la misura di riferimento per quella specifica base (fare una verifica con una seconda battuta);
- registrare questo primo valore, su computer portatile, o direttamente dalla centralina se prevista di memorizzazione del dato, o su carta utilizzando l'apposito modulo di misura;
- allentare quindi la trazione e ruotare la sonda di 45° tirandola a sé. In tal modo la sonda potrà "attraversare" il primo riscontro, passato il quale la sonda si ruota in verso opposto sempre di 45° e si porta in battuta sul riscontro successivo;
- continuare ad operare in questo modo su tutti i riscontri fino ad arrivare all'estrazione della sonda dal foro: a questo punto l'operazione di misura è terminata.

L'elaborazione dei dati è effettuata con fogli di calcolo o con appositi software, mediante i quali i dati acquisiti vengono trasformati in valori numerici che rappresentano l'entità (in mm) della deformazione verificatasi per ogni metro di lunghezza rispetto alla "misura zero" assunta come riferimento.

I dati vengono diagrammati sia come valori locali, sia come valori cumulati.

Per assicurare risultati accurati e corretti la strumentazione deve essere regolarmente sottoposta a calibrazione. I valori di calibrazione vengono poi utilizzati nell'elaborazione dei dati di campagna.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "spostamento - tempo" per ciascuna base di misura.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza, quota della testa strumento, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta (o posizione se in fori inclinati) della testa strumento e delle varie basi, lunghezza, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

12.4 ESTENSIMETRO MAGNETICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.015 "ESTENSIMETRO MAGNETICO"
- IG.10.020.015.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.020.015.b "per ogni testa strumento"
- IG.10.020.015.c "per ogni anello magnetico"
- IG.10.020.015.d "per ogni ml di tubo"
- IG.10.020.030.b "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - magnetico"

Nel prezzo sono inclusi eventuali manicotti, il tappo di fondo e il corrugato antiattrito in PVC.

Gli anelli potranno essere sia di tipo a "ragno" che con piastra.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Il prezzo comprende lo strumento in tutte le sue componenti.

L'interdistanza tra gli anelli non dovrà mai essere superiore ai 3 ml.

12.4.1 Descrizione

L'estensimetro magnetico, così come l'estensimetro incrementale con riscontri a battuta, è utilizzato per le misure di deformazioni lungo la direzione assiale di un foro di sondaggio, sia verso il basso che inclinato, mediante l'utilizzo di una sonda di precisione. Le basi di misura sono in questo caso fornite da una serie di anelli magnetici, vincolati all'esterno della guaina corrugata antiatrito, che fungono da riferimenti di lettura al passaggio della sonda. Il terreno, soggetto a cedimenti o a rigonfiamenti, trascina con sé gli anelli magnetici.

L'estensimetro magnetico può essere utilizzato, oltre che per la misura di cedimenti del terreno o di rilevati, anche per la misura dell'estrusione del fronte delle gallerie, sia durante le fasi di scavo che durante i periodi di fermo lavori. In questo caso durante lo scavo andranno distrutti i primi metri di tubazione, ma la tipologia dello strumento consente la lettura sulla porzione restante all'interno dell'ammasso.

Un'altra applicazione è quella legata alla misura degli effetti in seguito ad iniezioni cementizie come, ad esempio, nella consolidazione dei terreni mediante *jet-grouting*.

L'estensimetro magnetico è generalmente composto da:

- tubi in PVC;
- guaina antiatrito corrugata;
- anelli magnetici a ragno o a piastra;
- terminale di fondo;
- testa di misura.

Caratteristiche tecniche

- materiale tubi PVC
- lunghezza spezzoni da 1,5m a 3m
- diametro interno tubi $\geq 1''$
- tipo di riscontro anelli magnetici
- tipo di anelli magnetici a ragno o a piastra

12.4.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- predisporre dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20);
- verificare l'integrità della strumentazione;
- collegare il terminale di fondo al primo spezzone di asta e al primo segmento di guaina corrugata;
- predisporre i vari spezzoni di asta infilandoli all'interno di altrettanti spezzoni di guaina corrugata in modo da velocizzare le successive fasi di installazione in foro.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- verificare con uno scandaglio la profondità del foro;
- inserire nel foro il primo spezzone a cui è stato precedentemente collegato il terminale di fondo;
- avvitare un secondo spezzone di asta alla prima e fare la stessa cosa con la guaina corrugata. Sigillare poi con nastro isolante la giunzione;
- proseguire in questo modo fino ad arrivare a fondo foro;
- sollevare i rivestimenti per circa 1,5m senza rotazione;
- immettere ghiaietto fino a ricoprire completamente il terminale di fondo (circa 1,5 m);
- sollevare i rivestimenti fino a circa 0,5m al di sopra della quota in cui è previsto il primo anello ed iniettare una malta cementizia (miscela di acqua-cemento-bentonite);
- calare nel foro il primo anello magnetico utilizzando l'apposito utensile di posa (l'anello a ragno si aprirà in automatico una volata fuoriuscita dal rivestimento del foro);
- verificare la quota di posa dell'anello mediante misura con sonda;
- sollevare ancora il rivestimento sino alla quota di posa del successivo anello e riempire di sabbia il foro;
- procedere, come già illustrato, all'installazione del secondo anello con la sequenza: sollevamento di 0,50 m del rivestimento, iniezione cemento, posa dell'anello magnetico, verifica con sonda;
- ripetere la procedura sino a completare l'installazione di tutti gli anelli;
- sciacquare il tubo con acqua pulita;

- in caso di installazione da piano campagna verso il basso, installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;
- effettuare la lettura di zero (non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi).

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

La strumentazione necessaria all'esecuzione delle misure è composta sostanzialmente da una sonda con cavo millimetrato.

La procedura da osservare durante l'esecuzione delle misure è la seguente:

- calare la sondina millimetrata sino alla quota del primo anello, in corrispondenza del quale verrà emesso un segnale sonoro;
- leggere sul cavo millimetrato la distanza tra la testa dell'estensimetro e il punto di inizio del segnale sonoro: appuntare tale misura, detta L1, sul modulo delle misure;
- calare leggermente la sonda fino a quando il cicalino non smette di suonare. Giocare delicatamente con la sonda, rialzandola e riabbassandola, fino ad intercettare esattamente il punto in cui il cicalino smette di suonare: appuntare tale misura, detta L2, sul modulo delle misure;
- proseguire in discesa ripetendo l'operazione per tutti gli anelli;

- arrivati in fondo si ripeteranno le misure in salita, indicando con L3 e L4 rispettivamente le misure di innesco e disinnesco del cicalino;
- La misura esatta della posizione dell'anello magnetico si otterrà mediando i quattro valori misurati per ogni anello.

In caso di estensimetri inclinati, le misure avverranno come sopra illustrato ed utilizzando un apposito centratore.

L'elaborazione dei dati è effettuata con fogli di calcolo o con appositi software, mediante i quali i dati acquisiti vengono trasformati in valori numerici che rappresentano l'entità (in mm) dei movimenti verificatisi rispetto alla "misura zero" assunta come riferimento.

I dati vengono diagrammati sia come valori locali, sia come valori cumulati.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "spostamento - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza, quota della testa strumento e degli anelli magnetici, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta (o posizione se in fori inclinati) della testa strumento e dei vari anelli, lunghezza, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

12.5 ASSESTIMETRO A FLUIDO MULTIPUNTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.020 "ASSESTIMETRO A FLUIDO MULTIPUNTO"
- IG.10.020.020.a "per ogni stazione di riferimento/serbatoio"
- IG.10.020.020.b "per ogni singola cella assestimetrica"
- IG.10.020.035 "MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO"

Ogni stazione di riferimento/serbatoio può gestire contemporaneamente più celle assestimetriche.

Lo strumento dovrà avere un campo di misura minimo pari a 20 kPa e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0.25\%$ FS.

Nel prezzo complessivo è compreso l'approntamento, la coibentazione del sistema, le raccorderie e il liquido.

Il tubo idraulico contenente il liquido sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

12.5.1 Descrizione

L'assestimetro a fluido multipunto è particolarmente indicato per la misura dei cedimenti in rilevato o dighe, ma anche per il monitoraggio degli spostamenti verticali di gallerie o edifici.

Lo strumento si compone di un certo numero di trasduttori di pressione (cella assestimetrica), collegati ad un'unità serbatoio che funge da stazione di riferimento. Il funzionamento del sistema si basa sul principio che una colonna di liquido esercita una certa pressione in funzione della propria altezza. Per cui in base all'entità dei cedimenti che si dovessero verificare varierà anche l'altezza del liquido.

La distribuzione ed il numero dei punti di misura varierà di caso in caso e dovrà essere stabilito in accordo con i progettisti e con ANAS.

L'assestimetro a fluido multipunto è generalmente composto da:

- celle assestimetriche (punti di misura);
- stazione di riferimento (serbatoio);
- circuito idraulico composto da tubi idraulici in polietilene e raccorderie;
- cavi elettrici di segnale;

- liquido.

Caratteristiche tecniche

- materiale tubi idraulici polietilene
- materiale raccorderie ottone
- campo di misura $\geq 20\text{kPa}$
- precisione totale $\pm 0.25\%$ FS
- liquido miscela acqua/glicerina

12.5.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- disareare il liquido di riempimento dei circuiti;
- verificare l'integrità della strumentazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare le varie unità di misura secondo le posizioni di progetto. Per installazioni su rilevato adagiare le celle su un apposito letto di sabbia livellata e verificare che si trovino tutte alla stessa altezza e poi ricoprirle con uno strato di sabbia di circa 30 cm di spessore compattato a mano;
- installare la stazione di riferimento in una posizione esterna all'area soggetta a cedimenti;
- collegare l'impianto idraulico ed i cavi di segnale;
- immettere il liquido all'interno del sistema (in caso di installazione su rilevato questa operazione dovrà essere effettuata prima del ricoprimento delle celle di misura);
- l'immissione avverrà con l'utilizzo di un saturatore e di un compressore portatile (la pressione dell'aria dovrà essere compresa tra 100 kPa e 400 kPa);
- controllare che il livello di liquido nella stazione di riferimento sia idoneo (possibilmente a metà livello);
- Lettura di zero da effettuarsi quando sia accertata la stabilizzazione del sistema.

Misure

Le misure assestometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza

di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure si possono effettuare o mediante una centralina di misura portatile o mediante un Datalogger dedicato.

La procedura da osservare durante l'esecuzione delle misure con centralina portatile è la seguente:

- collegare la centralina al cavo di segnale della cella di misura mediante l'apposito connettore e riportare il valore sul modulo delle misure;
- l'elaborazione dei dati è effettuata con fogli di calcolo o con appositi software, mediante i quali i dati acquisiti vengono trasformati in valori numerici che rappresentano l'entità (in mm) del cedimento verificatosi.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "cedimento - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'assestimento (nome, lunghezza, quota di posa delle varie celle di misura e della stazione di riferimento, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei cedimenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta delle varie celle di misura e della stazione di riferimento, lunghezza e schema dell'impianto idraulico, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

12.6 TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.020.025** "TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO".
- **IG.10.020.035** "MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO"

Per la misura automatica degli spostamenti misurati da estensimetri ad aste.

Lo strumento dovrà avere un campo di misura minimo pari a 50 mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0.25\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

12.6.1 Descrizione

Il trasduttore di spostamento è concepito per la misura automatica degli spostamenti all'interno di estensimetri aste.

I trasduttori di spostamento sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente il sensore, da un'asta di misura che va avvitata alla testa dell'estensimetro e da un cavo elettrico per la trasmissione del segnale.

Una volta collegato il trasduttore sulla rispettiva testa di misura, esso misurerà i movimenti della relativa base. Il segnale elettrico verrà registrato da una centralina portatile o da un Datalogger e, mediante fogli di calcolo, trasformato in misura di spostamento (in mm).

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale del corpo acciaio inox
- campo di misura $\geq 50\text{mm}$
- precisione totale $\pm 0.25\%$ FS

12.6.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- verificare la funzionalità della strumentazione;
- effettuare una misura manuale dell'estensimetro (almeno 2) mediante calibro digitale.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- avvitare la punta dell'asta di misura del trasduttore all'interno della testa di battuta dell'asta dell'estensimetro. In questa fase, assicurarsi che il pernetto di blocco della rotazione presente sull'asta del trasduttore sia inserito nell'apposito alloggiamento (questo eviterà torsioni accidentali che possano compromettere l'integrità del sensore);
- avvitare il raccordo che vincolerà il trasduttore alla testa dello strumento;
- prima di serrare il raccordo collegare il trasduttore alla centralina e regolare (alzandolo o abbassandolo) il trasduttore sino ad ottenere la misura desiderata;
- una volta posizionato il trasduttore all'altezza richiesta, serrare il raccordo;
- ripetere la stessa operazione per tutte le basi di misura previste con altrettanti trasduttori;
- contrassegnare i vari cavi di segnale in funzione della base di misura a cui si riferiscono;
- effettuare una misura di zero mediando i valori di almeno 3 misure consecutive per ogni base.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in *ante operam*, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Prima di installare i trasduttori dovranno essere eseguite delle letture (almeno due) con calibro digitale, questo per consentire, in caso di malfunzionamento, di riprendere le letture manuali.

La misura dei trasduttori di spostamento deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un *Datalogger* fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale all'allungamento o accorciamento dell'asta del trasduttore e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di spostamento della base di misura. I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "spostamento - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza delle varie aste, quota d'installazione delle basi, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo delle varie basi di misura;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.6.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, nome estensimetro, nome base di misura, quota assoluta della testa strumento e delle basi di misura, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture estensimetriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

12.7 MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.030 "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO"
- IG.10.020.030.a "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - multibase e monobase a punto fisso o a piastra"
- IG.10.020.030.b "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - magnetico"
- IG.10.020.030.c "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO – incrementale"

Le specifiche inerenti la misura dei vari estensimetri sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

Di seguito si riportano alcune indicazioni riferite alle misure dei diversi tipi di estensimetri illustrati.

MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO "MULTIBASE" E "MONOBASE A PUNTO FISSO O A PIASTRA"

La misura sarà effettuata mediante calibro digitale o altro strumento idoneo.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

Il prezzo si riferisce ad ogni singolo punto di misura.

MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO "MAGNETICO"

La misura sarà effettuata mediante apposita sonda mobile millimetrata.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

Nella lettura si dovrà avere cura di effettuare una prima misura in discesa (L1 ed L2) ed una seconda in salita (L3 ed L4), al fine di mediare i valori ed ottenere quello corrispettivo al centro dell'anello magnetico.

Il prezzo si riferisce ad ogni singolo punto di misura e comprende sia la lettura effettuata in discesa che quella in salita.

MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO "INCREMENTALE"

La misura sarà effettuata mediante apposita sonda mobile.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

Prima dell'inizio di ogni misura sarà necessario far stazionare la sonda in prossimità del fondoforo del tubo estensimetrico per un tempo idoneo alla stabilizzazione della temperatura della sonda stessa.

Le misure dovranno essere effettuate con passo 1 m.

12.8 MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.020.035** "MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO"

Le specifiche inerenti la misura dei vari estensimetri sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

La misura sarà effettuata mediante apposita centralina portatile.

Il prezzo è relativo alla misura di un singolo trasduttore o singola cella assestometrica.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

13 BARRETTE ESTENSIMETRICHE

Le barrette estensimetriche sono utilizzate per misurare le deformazioni, e quindi definire gli stati tensionali, all'interno di strutture definitive e provvisorie.

La barretta estensimetrica è adoperata generalmente per:

- monitoraggio degli stati tensionali delle centine;
- controllo delle tensioni nei pali e nei diaframmi;
- controllo di strutture c.a. e/o cls;
- controlli strutturali di conci in galleria, strutture prefabbricate, ecc..

Si dovrà prevedere l'installazione delle barrette in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure *ante operam*. In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

13.1 BARRETTA ESTENSIMETRICA (SIA A SALDARE CHE ANNEGATA IN CLS)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.030.001 "BARRETTA ESTENSIMETRICA (sia a saldare che annegata in cls)"
- IG.10.030.005 "MISURA DI BARRETTA ESTENSIMETRICA"

La barretta estensimetrica può avere un sensore a corda vibrante o resistivo. Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 3000 $\mu\epsilon$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0.5\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo (es. blocchetti di fissaggio a saldare) e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

13.1.1 Descrizione

La barretta estensimetrica è costituita da un elemento centrale in cui è collocato il sensore e al quale sono vincolati due braccetti disposti a 180° tra loro. Le parti terminali dei braccetti sono libere di muoversi lungo il loro asse (entro un certo *range*) e vengono vincolate alla struttura da monitorare in modo tale da seguirne le deformazioni (trazione o compressione). L'allungamento, o il raccorciamento, della barretta estensimetrica produce una variazione del segnale emesso dal sensore. Tale segnale verrà letto mediante una centralina portatile e, in seguito ad un'opportuna elaborazione, verrà trasformato in un valore di deformazione.

La barretta estensimetrica può lavorare indifferentemente sia a trazione che a compressione, inoltre la parte sensibilizzata è resinata al fine di preservare la funzionalità dello strumento nel caso di urti o immersione.

Le barrette estensimetriche possono essere installate sia a saldare (ad esempio sulle centine o sulle armature di pali e diaframmi) che annegate in calcestruzzo.

Caratteristiche tecniche minime

- tipo di misura deformazione (trazione o compressione)
- tipo di sensore corda vibrante o resistivo
- campo di misura $\geq 3000 \mu\epsilon$
- precisione totale $\pm 0.5\%$ FS
- campo di temperatura - 20 / + 70 °C

13.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare la perfetta funzionalità di tutte le barrette estensimetriche e che il segnale sia stabile;
- in caso di installazione a saldare, predisporre le dime di posizionamento dei blocchetti.

Tenendo presente che lo strumento arriverà preassemblato dalla fabbrica secondo le lunghezze richieste, l'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi.

BARRETTE ESTENSIMETRICHE A SALDARE

- in caso di installazione a saldare, posizionare la dima (precedentemente predisposta con i due blocchetti) sull'armatura, secondo la posizione di progetto, e saldare i blocchetti;
- quando i blocchetti si saranno raffreddati, estrarre la dima;
- inserire la barretta estensimetrica nei due blocchetti facendo in modo che il lato della barretta da cui esce il cavo di segnale sia rivolto in direzione di un punto di facile accesso alle letture;
- prima di serrare le viti dei blocchetti verificare, mediante la centralina, che il segnale di uscita sia corretto. In caso contrario agire con delicatezza sui braccetti della barretta, tirandoli o accorciandoli leggermente fino al raggiungimento del valore idoneo;
- serrare le viti dei blocchetti;
- cablare il cavo in modo da posizionarlo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura;
- effettuare necessariamente un'ulteriore lettura in seguito al getto del cls.

BARRETTE ESTENSIMETRICHE DA ANNEGARE IN CLS

- in caso di installazione con barrette da annegare nel calcestruzzo, non si dovranno utilizzare le dime, ma la barretta sarà posizionata secondo lo schema di progetto e tenuta in posizione mediante fil di ferro o fascette;
- cablare il cavo in modo da posizionarlo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- effettuare il getto di cls;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura.

Misure

Le misure delle barrette estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi

fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della barretta tramite i relativi "cocodrilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure. In genere il cavo di segnale della barretta estensimetrica è costituito da due coppie, una per la misura di deformazione e una per la misura della temperatura.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di deformazione ($\mu\epsilon$), venendo poi diagrammati in un grafico "deformazioni - tempo" e "variazione della temperatura - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla barretta estensimetrica (nome, posizione rispetto alla struttura, eventuale quota d'installazione, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati delle deformazioni nel tempo e delle oscillazioni della temperatura;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione delle deformazioni e sulle possibili cause.

13.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

13.2 MISURA DI BARRETTA ESTENSIMETRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.030.005** "MISURA DI BARRETTA ESTENSIMETRICA"

Le specifiche inerenti la misura delle barrette estensimetriche sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nel rispettivo paragrafo dello strumento.

La misura sarà effettuata mediante apposita centralina portatile ed è intesa indifferentemente sia per barrette a saldare che per barrette da annegare in CLS.

Il prezzo è relativo alla misura, successiva a quella di zero, di una singola barretta.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

14 CELLE DI CARICO E CELLE DI PRESSIONE

Le celle di carico e le celle di pressione sono utilizzate per misurare il carico esercitato sugli elementi di una struttura. Il loro utilizzo è utile per definire le pressioni esercitate in ambito di opere sia provvisorie che definitive.

I più diffusi utilizzi sono:

- monitoraggio degli stati tensionali delle centine;
- controllo delle tensioni nei pali e nei diaframmi;
- controllo delle tensioni dei puntoni;
- controllo delle tensioni all'interno di conci in galleria;
- controllo di strutture c.a. e/o cls;
- controllo dello stato tensionale di funi o reti paramassi.

Si dovrà prevedere l'installazione delle varie celle in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure con carichi ridotti rispetto a quelli previsti in esercizio. In tale fase verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

14.1 CELLA DI CARICO PER CENTINA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.001 "CELLA DI CARICO PER CENTINA"
- IG.10.040.001.a "per ogni singola cella con campo di misura < 1000kN"
- IG.10.040.001.b "per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 1000\text{kN}$ a < 2000kN"
- IG.10.040.001.c "per ogni singola cella con campo di misura $\geq 2000\text{kN}$ "
- IG.10.040.025 "MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE"

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 1\%$ FS.

Nel prezzo è inclusa anche la fornitura e posa in opera delle piastre di distribuzione.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.1.1 Descrizione

La cella di carico per centina è progettata per essere collocata alla base delle centine al fine di misurare il carico che esse trasmettono al loro piede. Un altro utilizzo è quello della misura delle tensioni agenti sui puntoni.

Le celle di carico per centina sono costituite da due piatti in acciaio saldati lungo il perimetro e che racchiudono una cavità riempita sottovuoto con olio disareato. La camera interna è collegata ad un trasduttore di pressione elettrico che trasforma ogni variazione di pressione in una variazione di segnale elettrico. Tale segnale elettrico è misurato mediante una centralina portatile o da un *Datalogger* fisso. Mediante appositi software o fogli di calcolo la misura registrata viene poi trasformata in un valore di carico agente.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox

- tipo di liquido olio disareato
- campo di misura variabile
- precisione totale $\pm 1\%$ FS
- campo di temperatura - 20 / + 70 °C

14.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore;
- nel caso venga posizionata ai piedi di una centina la messa in opera dovrà essere preceduta dalla realizzazione di un apposito piano di base in sabbia su cui appoggiare la piastra di ripartizione;
- predisporre, se necessario, delle apposite piastre di distribuzione a bassa deformabilità per l'omogenea distribuzione del carico.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- durante la fase di assemblaggio della centina, o del puntone, posizionare la cella di carico avendo cura che tutte le superfici siano il più possibile lisce e piane;
- centrare la cella e assicurarsi che tutto il carico possa essere ripartito uniformemente;
- ruotare la cella in modo da indirizzare il cavo, senza torsioni o rischio di danneggiamento, in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- completare l'installazione della centina, o del puntone, serrando la cella e facendo in modo che il carico venga applicato e ripartito uniformemente sulle piastre della cella;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura;
- effettuare necessariamente un'ulteriore lettura a seguito dell'eventuale getto del CLS.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo l'applicazione del carico sulla cella.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi “coccodrilli” ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico “carico agente - tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di carico (nome, posizione rispetto alla struttura, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

14.2 CELLA DI CARICO A COMPRESSIONE (PER PROVE DI CARICO SU PALI)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.005 “CELLA DI CARICO A COMPRESSIONE (per prove di carico su pali)”
- IG.10.040.005.a “per ogni singola cella con campo di misura < 3000kN”
- IG.10.040.005.b “per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 3000\text{kN}$ a < 8000kN”
- IG.10.040.005.c “per ogni singola cella con campo di misura $\geq 8000\text{kN}$ ”
- IG.10.040.025 “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,1\%$ FS.

Nel prezzo è inclusa anche la fornitura e posa in opera delle piastre di distribuzione.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale pre-assemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.2.1 Descrizione

La cella di carico a compressione è generalmente usata per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Queste celle di carico sono di tipo elettrico a resistenza (cella a ponte di estensimetri) e sono costituite da un corpo cilindrico in acciaio inox strumentato con quattro estensimetri resistivi collegati in modo da costituire un circuito elettrico tipo ponte di Wheatstone. Tale configurazione consente di minimizzare gli errori derivanti dall'eventuale eccentricità del carico applicato.

In base al carico agente verrà trasmesso un determinato segnale elettrico che viene poi misurato mediante una centralina portatile o un *Datalogger* fisso.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- tipo di sensori estensimetri a resistenza
- campo di misura variabile
- precisione totale $\pm 0,1\%$ FS
- campo di temperatura - 20 / + 70 °C

14.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- posizionare la cella di carico avendo cura che tutte le superfici siano il più possibile lisce e piane;

- applicare, se necessario, delle piastre di distribuzione del carico a bassa deformabilità;
- centrare la cella e assicurarsi che tutto il carico possa essere ripartito uniformemente;
- ruotare la cella in modo da indirizzare il cavo, senza torsioni o rischio di danneggiamento, in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- applicare il carico verificando la perfetta tenuta e stabilità della cella;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura;
- misurare il graduale incremento del carico imposto durante le varie fasi della prova di compressione sul palo.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo l'applicazione del primo carico sulla cella.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o *Datalogger*.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi "cocco-drilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico "carico agente – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di carico (nome, posizione rispetto alla struttura, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);

- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

14.3 CELLA DI CARICO TOROIDALE PER TIRANTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.010 "CELLA DI CARICO TOROIDALE PER TIRANTI"
- IG.10.040.010.1 "CELLA DI CARICO TOROIDALE ELETTRICA"
- IG.10.040.010.1.a "per ogni singola cella con campo di misura < 1000kN"
- IG.10.040.010.1.b "per ogni singola cella con campo di misura da \geq 1000kN a < 1500kN"
- IG.10.040.010.1.c "per ogni singola cella con campo di misura da \geq 1500kN a < 2500kN"
- IG.10.040.010.1.d "per ogni singola cella con campo di misura \geq 2500kN"
- IG.10.040.010.2 "CELLA DI CARICO TOROIDALE IDRAULICA"
- IG.10.040.010.2.a "per ogni singola cella con campo di misura < 1000kN"
- IG.10.040.010.2.b "per ogni singola cella con campo di misura da \geq 1000kN a < 1500kN"
- IG.10.040.010.2.c "per ogni singola cella con campo di misura da \geq 1500kN a < 2500kN"
- IG.10.040.010.2.d "per ogni singola cella con campo di misura \geq 2500kN"
- IG.10.040.025 "MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE"

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5\%$ FS per le celle elettriche e $\pm 1\%$ FS per le celle idrauliche.

Nel prezzo è inclusa anche la fornitura e posa in opera delle piastre di distribuzione.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale pre-assemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore;
- procedere alla pulitura di tutte le superfici e verificare che siano quanto più possibile lisce e piane. In tale fase spianare e lisciare la superficie di contatto nell'intorno del foro predisposto per il tirante da strumentare, scalpellando le asperità maggiori;
- stendere un leggero strato di calcestruzzo onde garantire la planarità della superficie.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- applicare la piastra di appoggio. Le piastre di distribuzione devono avere una bassa deformabilità;
- appoggiare la cella di carico alla superficie predisposta avendo cura di ruotare la cella in modo da indirizzare l'eventuale cavo, senza torsioni o rischio di danneggiamento, in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- installare la piastra di distribuzione;
- iniziare le operazioni di messa in tiro del bullone, valutando subito l'opportunità di regolare la posizione della cella al fine di garantirne la perfetta planarità e, conseguentemente, la perfetta distribuzione del carico. Tale operazione sarà eseguita controllando i valori elettrici della cella mediante centralina di misura o mediante manometro;
- procedere con la messa in carico fino al valore di progetto;
- a tirantaggio avvenuto effettuare la misura di zero.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà non appena sia completata la fase di tirantaggio.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili (o Datalogger) o direttamente leggendo il valore riportato sul manometro della cella (per celle idrauliche).

La misura con centralina avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi "coccodrilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico “carico agente - tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di carico (nome, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

14.4 CELLA DI CARICO A TRAZIONE PER FUNI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.015 “CELLA DI CARICO A TRAZIONE PER FUNI”
- IG.10.040.015.a “per ogni singola cella con campo di misura < 40kN”
- IG.10.040.015.b “per ogni singola cella con campo di misura da ≥ 40 kN a < 200kN”
- IG.10.040.015.c “per ogni singola cella con campo di misura ≥ 200 kN”
- IG.10.040.025 “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,1\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire

direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.4.1 Descrizione

La cella di carico a trazione per funi è usata per il controllo della tensione delle funi metalliche delle reti paramassi.

Queste celle di carico sono costituite da un corpo in acciaio inox strumentato con estensimetri resistivi. Le tensioni applicate dai carichi agenti vengono trasmesse sui sensori generando un segnale elettrico che viene poi misurato mediante una centralina portatile o un Datalogger fisso.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- tipo di sensori estensimetri a resistenza
- campo di misura variabile
- precisione totale $\pm 0,1\%$ FS
- campo di temperatura $- 20 / + 70$ °C

14.4.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- posizionare la cella avendo cura che la superficie di appoggio della parete non presenti asperità e che la cella possa appoggiarvi senza subire danni in caso di tesaggio;
- collegare la cella alle asole di due spezzoni di funi mediante gli appositi grilli in acciaio zincato;
- controllare che il cavo di segnale sia rivolto in direzione di un punto sicuro e di facile accesso alle letture;

- completare l'installazione delle funi;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo aver terminato l'installazione delle funi e, quindi, all'inizio dell'esercizio della cella stessa.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi "cocodrilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico "carico agente - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di carico (nome, posizione rispetto alla struttura, quota della cella, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

14.5 CELLA DI PRESSIONE NATM

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.020 “CELLA DI PRESSIONE NATM”
- IG.10.040.020.a “per ogni singola cella con campo di misura < 200kN”
- IG.10.040.020.b “per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 200\text{kN}$ a < 400kN”
- IG.10.040.020.c “per ogni singola cella con campo di misura $\geq 400\text{kN}$ ”
- IG.10.040.025 “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.5.1 Descrizione

La cella di pressione di tipo NATM è progettata per misurare la pressione totale esercitata al contatto tra due differenti materiali o strutture. Tali celle possono anche essere annegate nel terreno o nel calcestruzzo per determinare lo stato di sforzo.

La cella è costituita da due lamine di acciaio saldate lungo il perimetro e che racchiudono una sottile cavità riempita sottovuoto con olio disareato. La cella può essere costituita o con tubo idraulico, necessario alla messa in carica (in questo caso il trasduttore può essere montato sia sulla cella che sul tubo), o senza tubo idraulico (in questo caso il trasduttore è montato direttamente sulla cella).

La cella con tubo idraulico, presenta la caratteristica di essere ripressurizzabile. Tale operazione si rende necessaria quando, ad esempio, in seguito a difetti di contatto successivi al getto del calcestruzzo, sia necessario ripristinare l'aderenza della cella su tutta la superficie.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- tipo di liquido olio disareato
- campo di misura variabile

- precisione totale $\pm 0,5\%$ FS
- campo di temperatura - 20 / + 70 °C
- grado di protezione IP68

14.5.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria dipende fortemente dal tipo di contesto e seguirà le seguenti fasi:

INSTALLAZIONE IN TERRENI (es. rilevati)

- posizionare la cella su uno strato di sabbia di almeno 10 cm ben spianato e costipato;
- posare la cella in modo che i cavi e il tubo idraulico siano indirizzati verso un punto sicuro per le misure e consentendogli un ampio margine di movimento sia in fase di compattazione del rilevato che durante gli eventuali cedimenti. Infine, ricoprire con un ulteriore strato di sabbia per circa 20 cm;
- completare la realizzazione dell'opera.

INSTALLAZIONE IN ROCCIA O SU PARETI

- posizionare la cella sulla parete mediante un primo strato di cemento a presa rapida o simile (avendo cura di spianare bene la superficie di appoggio). Assicurarsi del perfetto ed omogeneo contatto della cella con la parete;
- ricoprire la cella con un ulteriore strato di cemento a presa rapida o simile;
- sistemare i cavi in modo tale che non subiscano danni;
- completare l'installazione della struttura a contatto con la cella di pressione.

INSTALLAZIONE IN CLS

- posizionare la cella sulle armature legandola con fil di ferro o fascette nella posizione prevista da progetto;
- convogliare i cavi verso un punto sicuro per le misure e in modo tale che non subiscano danni;

- eseguire il getto del CLS.

In tutti i casi precedentemente esposti, se necessario, al fine di garantire un'ottima aderenza dei piatti della cella alle pareti di contrasto, può essere indispensabile effettuare un'ulteriore pressurizzazione per mezzo di valvola di compensazione. In tal modo, tramite una specifica pompa, si immetterà ulteriore olio nella cella, aumentandone il volume e quindi l'aderenza.

Una volta che la cella sarà entrata in esercizio, sarà possibile effettuare la misura di zero mediante una centralina portatile o un Datalogger.

Misure

Le misure delle celle di pressione sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo l'applicazione del carico sulla cella.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi "coccodrilli" ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico "carico agente – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di pressione (nome, posizione rispetto alla struttura, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

14.6 MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.040.025** “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

Le specifiche inerenti la misura delle celle di carico e di pressione sono descritte nell'apposita voce “MISURE” presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

Il prezzo è relativo alla misura, successiva a quella di zero, di una singola cella (di qualsiasi tipo) mediante apposita centralina portatile o lettura manometrica.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

15 FESSURIMETRI / MISURATORI DI GIUNTO

I fessurimetri e i misuratori di giunto sono utilizzati per misurare il movimento relativo tra due lembi di una fessura o tra due elementi strutturali posti ad una certa distanza tra loro. Tali strumenti trovano generalmente il loro impiego nella misura di movimenti che avvengono prevalentemente lungo una direzione.

Ci sono vari tipi di fessurimetri, a partire dai modelli più semplici di tipo a piastra (formati sostanzialmente da un vetrino millimetrato e le cui misure si effettuano per lettura visiva diretta), ai modelli di tipo elettrico con sensori di tipo resistivo o a corda vibrante.

In ogni caso le misure consistono nel rilievo dei movimenti in termini di spostamento relativo nel tempo.

Si dovrà prevedere l'installazione dei vari fessurimetri in considerazione del fatto che spesso si è già in presenza di uno stato lesionativo acclarato, e che l'entità dell'apertura di eventuali fessure o dislocazioni strutturali è già di per sé, un sufficiente dato qualitativo sulla salute strutturale dell'opera.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici da tale misura per comparazione dipenderanno tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario preli la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

15.1 FESSURIMETRO MANUALE A PIASTRA (SIA PIANO CHE ANGOLARE)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.001** "FESSURIMETRO MANUALE A PIASTRA (sia piano che angolare)"
- **IG.10.050.015** "MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO"

Lo strumento è concepito per la misura dei movimenti lungo le lesioni delle strutture mediante riscontro visivo e dovrà avere un campo di misura minimo pari a ± 10 mm (asse X), ± 10 mm (asse Y) e Precisione Totale pari almeno a 0,5 mm.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

15.1.1 Descrizione

I fessurimetri manuali vengono installati a cavallo di lesioni o giunti di strutture in calcestruzzo o in muratura (o di pareti rocciose) e sono utilizzati per misurare l'entità degli spostamenti prodotti dall'insorgere di problematiche quali cedimenti o stati deformativi.

I fessurimetri a piastra sono formati da due piccole lastre di resina acrilica sovrapposte. Le due piastre sono mobili tra loro ma vincolate ognuna sulla rispettiva porzione della struttura a ridosso della lesione da monitorare. Sulla piastra superiore è inciso un crocefile mentre su quella inferiore è inciso un reticolo millimetrato.

L'eventuale spostamento dei due lembi della fessura si riflette nel movimento relativo tra le due piastre. È così possibile leggere l'entità di questo spostamento direttamente sul reticolo millimetrato del fessurimetro.

I fessurimetri a piastra manuali possono essere sia di tipo piano che angolare (per misure di porzioni perpendicolari tra loro come, ad esempio, gli angoli).

Caratteristiche tecniche minime

- materiale resina acrilica

- campo di misura minimo ± 10 mm (asse X), ± 10 mm (asse Y)
- precisione totale 0,5 mm

15.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che il fessurimetro sia adeguato alla dimensione dell'apertura della lesione o del giunto e che sia adeguato, in termini di campo di misura, ai possibili spostamenti attesi;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare il fessurimetro non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- posizionare la piastra inferiore avendo cura che il centro del reticolo millimetrato corrisponda con il centro della fessura e che l'asse X del reticolo sia disposto perpendicolarmente alla fessura stessa;
- fissare la piastra inferiore mediante tasselli o resina epossidica;
- posizionare la piastra superiore sul lembo opposto della fessura allineandola perfettamente con la piastra inferiore e facendo combaciare i centri del crocefile con quello del reticolo millimetrato. Fissarla, poi, sempre con tasselli o resina epossidica;
- leggere il valore indicato dal crocefile sul reticolo millimetrato e segnarlo come misura di zero (se l'installazione è stata eseguita a regola d'arte, tale valore sarà uguale a 0 mm sull'asse X e 0 mm sull'asse Y).

Misure

Le misure dei fessurimetri vengono effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure del fessurimetro a piastra vengono fatte leggendo il valore millimetrico riportato sul reticolo dello strumento secondo le componenti X e Y.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e dalle due componenti X e Y si otterrà il valore della risultante dello spostamento. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni degli spostamenti e sulle possibili cause.

15.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

15.2 FESSURIMETRO ELETTRICO O A CORDA VIBRANTE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.005** "FESSURIMETRO ELETTRICO O A CORDA VIBRANTE"
- **IG.10.050.015** "MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO"

Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 0-10 mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,3\%$ FS per il fessurimetro elettrico e $\pm 0,5\%$ FS per il fessurimetro a corda vibrante.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

15.2.1 Descrizione

I fessurimetri elettrici vengono installati a cavallo di lesioni o giunti di strutture in calcestruzzo o in muratura (o di pareti rocciose) e sono utilizzati per misurare l'entità degli spostamenti prodotti dall'insorgere di problematiche quali cedimenti o stati deformativi.

I fessurimetri elettrici possono avere un trasduttore di spostamento di tipo potenziometrico oppure a corda vibrante. In entrambi i casi lo strumento è costituito da un cilindro in acciaio inox contenente il trasduttore di spostamento e da un'asta scorrevole, collegata al trasduttore. I due elementi, cilindro in acciaio e asta scorrevole, sono vincolati rispettivamente ai due lati della fessura mediante due ancoraggi provvisti di snodi.

Eventuali allargamenti o restringimenti della fessura vengono seguiti dall'asta e convertiti dal trasduttore in un segnale elettrico. Tale segnale verrà trasformato, mediante fogli di calcolo, in un valore di spostamento.

Questo tipo di fessurimetri consente le misure di spostamento unicamente lungo un'unica componente, è pertanto fondamentale che vengano installati a cavallo della fessura, parallelamente alla direzione di massimo spostamento atteso.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- campo di misura minimo 0 – 10 mm
- precisione totale per fessurimetro elettrico $\pm 0,3\%$ FS
- precisione totale per fessurimetro a corda vibrante $\pm 0,5\%$ FS

15.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che il fessurimetro sia adeguato alla dimensione dell'apertura della lesione o del giunto e che sia adatto, in termini di campo di misura, ai possibili spostamenti attesi;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare il fessurimetro non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;

- posizionare lo strumento a cavallo della fessura e distendere l'asta per una lunghezza tale da consentire di registrare anche una eventuale chiusura della fessura (verificare il valore mediante la centralina di misura) e contrassegnare i punti in cui eseguire i fori per i due ancoraggi;
- eseguire i fori e inserire gli ancoraggi, composti generalmente da tasselli. In caso di installazioni su murature poco compatte, se necessario, riempire i fori mediante resine epossidiche o colle bicomponenti e poi inserirvi i perni degli ancoraggi;
- ad installazione ultimata (nel caso di utilizzo di resine o bicomponenti assicurarsi dell'avvenuta presa) eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure dei fessurimetri vengono effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure del fessurimetro elettrico o a corda vibrante vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di spostamento lungo la componente longitudinale all'asse del fessurimetro. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni degli spostamenti e sulle possibili cause.

15.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

15.3 ESTENSIMETRO A FILO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.010** “ESTENSIMETRO A FILO”
- **IG.10.050.015** “MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO”

Lo strumento è concepito per la misura dei movimenti tra due punti distanti anche diversi metri (in genere fino a 10m). Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 25mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. filo in acciaio o KEVLAR).

15.3.1 Descrizione

Gli estensimetri a filo vengono installati per misurare i movimenti relativi tra due punti posti a distanze anche di alcuni metri tra loro e sono quindi utilizzati per misurare l'entità degli spostamenti prodotti dall'insorgere di problematiche quali cedimenti o stati deformativi.

Come per i fessurimetri elettrici, anche gli estensimetri a filo possono avere un trasduttore di spostamento di tipo potenziometrico oppure a corda vibrante. In entrambi i casi lo strumento è costituito da un cilindro in acciaio inox (contenente il trasduttore di spostamento) montato su una piastra in acciaio, e da un'asta scorrevole collegata al trasduttore. L'asta scorrevole è poi collegata ad un ancoraggio a tassello mediante un cavo in acciaio o KEVLAR. La piastra su cui è posto il corpo centrale in acciaio inox è fissata, mediante tasselli, ad uno dei due elementi da monitorare e l'asta scorrevole, tramite il tassello posto all'estremità del cavo, viene fissata all'altro elemento. La presenza di un piccolo snodo a carrucola sulla piastra dell'estensimetro, consente di direzionare il cavo anche con un angolo di 90° rispetto alla piastra dello strumento.

Eventuali allargamenti o restringimenti tra i due punti vengono seguiti dall'asta e convertiti dal trasduttore in un segnale elettrico. Tale segnale verrà trasformato, mediante fogli di calcolo, in un valore di spostamento.

Questo tipo di estensimetri consente le misure di spostamento unicamente lungo un'unica componente, è pertanto fondamentale che vengano installati a cavallo della fessura, parallelamente alla direzione di massimo spostamento atteso.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale del corpo acciaio inox
- materiale filo acciaio o KEVLAR
- campo di misura 0 - 25 mm
- precisione totale $\pm 0,5\%$ FS

15.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che l'estensimetro a filo sia adeguato alla distanza tra i due punti da monitorare e che sia adatto, in termini di campo di misura, ai possibili spostamenti attesi;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare l'estensimetro a filo non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- posizionare la piastra del corpo strumento sul primo punto di installazione in modo tale che l'uscita del filo corrisponda alla direzione del secondo punto di installazione e contrassegnare i punti in cui eseguire i fori del primo ancoraggio;
- fissare la piastra mediante i tasselli in dotazione;
- regolare il corpo in acciaio sulla piastra portandolo a metà della sua corsa (tale operazione servirà per regolare il tirantaggio dell'estensimetro a fine installazione);
- collocarsi sul secondo punto di installazione e inserire il tassello sul secondo elemento da monitorare. Stendere il filo esercitando una trazione necessaria a distendere l'asta per una

lunghezza tale da consentire di registrare anche una eventuale chiusura dello spazio tra i due elementi (verificare il valore con la centralina);

- disassemblare l'estremità del filo dal suo nottolino e mantenendo il filo in tensione segnare con un pennarello sul filo il punto di contatto con la parete e tagliare il filo di poco sopra quel punto;
- riassemblare con un nodo il filo al suo nottolino e avvitare il nottolino al tassello preinstallato;
- verificare se è stato mantenuto l'allungamento dell'asta precedentemente applicato. In caso contrario spostare il corpo in acciaio sulla piastra per riportare l'asta in tensione;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure degli estensimetri a filo vengono effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure dell'estensimetro a filo vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di spostamento lungo la componente longitudinale all'asse dello strumento. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, data della misura di zero, lunghezze, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni degli spostamenti e sulle possibili cause.

15.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);

- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, lunghezze, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

15.4 MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.015** “MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO”

Le specifiche inerenti la misura di fessurimetri/misuratori di giunto e degli estensimetri a filo sono descritte nell'apposita voce “MISURE” presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

Il prezzo è relativo alla misura, successiva a quella di zero, di un singolo strumento mediante apposita centralina portatile o lettura manuale o visiva.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

16 CLINOMETRI DA PARETE / TILTMETRI

I clinometri da parete sono utilizzati per la misura di inclinazione di opere civili e pareti rocciose. Tali strumenti permettono di registrare le variazioni angolari delle strutture fornendo utili indicazioni riguardanti i movimenti rotazionali delle stesse. La misura può essere sia di tipo puntuale (mediante l'utilizzo dei clinometri o delle piastre clinometriche) che relativa ad una porzione della struttura (utilizzando dei clinometri a barra).

Ci sono vari tipi di clinometri, ed i sensori al loro interno possono essere sia di tipo servoaccelerometrico biassiale che di tipo MEMS. In alcuni casi, soprattutto laddove il punto di installazione sia facilmente raggiungibile, è possibile l'installazione di specifiche piastre clinometriche in ottone. Tali piastre, di facile installazione, sono solidarizzate alla struttura e vengono lette mediante tiltmetri portatili collegati ad una centralina di misura.

I clinometri sono generalmente previsti per installazioni su strutture verticali. È tuttavia possibile installare i clinometri anche orizzontalmente, assicurandosi però che il prodotto sia compatibile a tale posizionamento.

Si dovrà prevedere l'installazione dei clinometri da parete in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure *ante operam* (laddove vi sia interferenza tra la struttura da monitorare e l'opera da realizzarsi). In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici, da tale misura dipenderanno, per comparazione, tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

16.1 CLINOMETRO FISSO BIASSIALE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.001** "CLINOMETRO FISSO BIASSIALE"
- **IG.10.060.015** "MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a $\pm 2,5^\circ$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,3\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. PIASTRA DI FISSAGGIO).

16.1.1 Descrizione

Il clinometro fisso da parete permette di valutare i movimenti della struttura a cui è vincolato mediante misure di variazione angolare. Lo strumento è di tipo biassiale consentendo così di individuare non solo l'entità ma anche la direzione degli eventuali spostamenti.

Lo strumento utilizza un sensore biassiale di tipo servoaccelerometrico o MEMS. Tali tecnologie consentono di registrare anche minime variazioni di inclinazione delle strutture su cui viene posto in opera. Il segnale viene trasmesso tramite un cavo alla centralina di misura, e i dati vengono elaborati mediante fogli di calcolo e trasformati in valori angolari.

Il clinometro fisso da parete è montato su una apposita piastra che viene fissata al punto della struttura da monitorare. Tale punto di installazione è generalmente verticale; è tuttavia possibile installare i clinometri anche orizzontalmente, assicurandosi però che il prodotto sia compatibile a tale posizionamento. Più strumenti, installati sulla stessa struttura, possono misurare tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che l'opera potrebbe subire.

In aggiunta al sensore deputato alla misura angolare, i clinometri da parete possono essere dotati di sensore di temperatura. La misura della temperatura permette di valutare eventuali derive termiche dello strumento.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|--------------------------|-----------------|
| • materiale | acciaio inox |
| • sensore | biassiale |
| • campo di misura minimo | $\pm 2,5^\circ$ |
| • precisione totale | $\pm 0,3\%$ FS |
| • classe di protezione | IP67 |

16.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di campo di misura, alle possibili variazioni angolari attese;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare lo strumento non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- assicurarsi di installare il clinometro su un punto il più possibile verticale (o orizzontale, a seconda dei casi);

- posizionare la piastra sulla parete avendo cura di ruotarla nel giusto verso di installazione e controllare con una livella il perfetto allineamento orizzontale e verticale di tutte le sue componenti. Quindi contrassegnare i punti in cui eseguire i fori;
- eseguire i fori sulla parete e applicare la piastra con gli appositi tasselli;
- successivamente al serraggio della piastra applicare alla stessa il clinometro mediante le apposite viti serrandolo leggermente. In tale fase è fondamentale assicurarsi di posizionare il clinometro nel giusto verso (di solito l'uscita del cavo di segnale è rivolta verso il basso);
- regolare, controllando con una livella, il clinometro sulla piastra mediante le guide. Ottenuta la perfetta verticalità serrare le viti;
- sistemare il cavo di segnale portandolo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure in esercizio dei clinometri fissi verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di inclinazione lungo le due componenti e, quindi, dell'inclinazione risultante. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "variazione angolare – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione angolare nel tempo e della variazione della temperatura nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

16.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;

- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

16.2 PIASTRA CLINOMETRICA REMOVIBILE IN OTTONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.005** "PIASTRA CLINOMETRICA REMOVIBILE IN OTTONE"
- **IG.10.060.015** "MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera della sola piastra clinometrica in ottone da misurare mediante clinometro portatile (tiltmetro). Non è inclusa la fornitura del tiltmetro portatile.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

16.2.1 Descrizione

La piastra clinometrica in ottone è utilizzata per valutare i movimenti della struttura a cui è vincolata mediante misure di variazione angolare effettuate con tiltmetro portatile. Il tiltmetro, poggiato sulla piastra, consente di individuare non solo l'entità ma, in alcuni casi, anche la direzione degli eventuali spostamenti.

La piastra può essere installata sia verticalmente che orizzontalmente; infatti il telaio del tiltmetro portatile è concepito per essere appoggiato alla piastra clinometrica restando sempre in posizione verticale. Sulle superfici orizzontali si possono ottenere misure in due direzioni semplicemente ruotando lo strumento di 90°, mentre sulle pareti verticali si possono eseguire misure in una sola direzione. Il tiltmetro portatile utilizza un sensore di tipo servoaccelerometrico o MEMS. Tali tecnologie consentono di registrare anche minime variazioni di inclinazione delle strutture su cui viene utilizzato. Il segnale viene trasmesso ad una centralina di misura portatile e i dati vengono elaborati mediante fogli di calcolo e trasformati in valori angolari.

Le piastre clinometriche sono usate laddove è possibile l'accesso alle misure dirette e laddove siano previste delle frequenze di lettura più blande.

Una o più piastre, installate sulla stessa struttura, possono consentire di misurare tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che l'opera potrebbe subire. Per il monitoraggio degli spigoli dei

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta “misura di zero” con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell’installazione dello strumento.

Le misure vengono effettuate mediante l’utilizzo di un clinometro portatile (tiltmetro) e di una centralina portatile secondo le seguenti fasi:

- PER PIASTRE VERTICALI
 - poggiare il tiltmetro (collegato alla centralina di misura) sulla piastra portandolo a battuta sui nottoli di riscontro della piastra stessa ed appuntare la lettura sul modulo delle misure;
 - ruotare di 180° il tiltmetro e ripetere l’operazione. In tal modo si avrà una lettura diretta ed una coniugata;
 - se necessario ripetere la lettura fino ad ottenere una misura omogenea;
 - i dati verranno poi elaborati mediante fogli di calcolo e mediati, permettendo di ottenere il valore di inclinazione della piastra;
 - i valori verranno infine diagrammati in un grafico “variazione angolare – tempo”.
- PER PIASTRE ORIZZONTALI
 - poggiare il tiltmetro (collegato alla centralina di misura) sulla piastra portandolo a battuta sui nottoli di riscontro della piastra stessa ed appuntare la lettura sul modulo delle misure;
 - ruotare di 180° il tiltmetro e ripetere l’operazione. In tal modo si avrà una lettura diretta ed una coniugata;
 - se necessario ripetere la lettura fino ad ottenere una misura omogenea;
 - ripetere la lettura diretta e coniugata ruotando il tiltmetro di 90° rispetto alla componente precedentemente misurata ed appuntare i relativi valori;
 - i dati verranno poi elaborati mediante fogli di calcolo e mediati, permettendo di ottenere il valore di inclinazione della piastra lungo le due componenti e, quindi, dell’inclinazione risultante;
 - i valori verranno infine diagrammati in un grafico “variazione angolare – tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione angolare nel tempo;
- note o problematiche varie;

- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

16.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

16.3 CLINOMETRO A BARRA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.010** "CLINOMETRO A BARRA"
- **IG.10.060.015** "MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a $\pm 5^\circ$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,2\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. KIT DI FISSAGGIO E STAFFE).

Il prezzo è inteso come insieme "clinometro + barra di supporto", e di qualsiasi lunghezza della barra. La lunghezza della barra (1 m, 2 m, o 3 m) sarà concordata di volta in volta.

16.3.1 Descrizione

Il clinometro a barra consiste in un clinometro fisso da parete montato su una barra di varia lunghezza (1 m, 2 m o 3 m). Analogamente al clinometro fisso da parete, permette di valutare i movimenti della struttura a cui è vincolato mediante misure di variazione angolare. Tuttavia anziché restituire un valore di variazione

angolare puntuale, la presenza della barra permette di valutare l'inclinazione di una porzione di parete più estesa (a seconda della lunghezza della barra).

Lo strumento utilizza un sensore di tipo servoaccelerometrico o MEMS. Tali tecnologie consentono di registrare anche minime variazioni di inclinazione delle strutture su cui viene posto in opera. Il segnale viene trasmesso tramite un cavo alla centralina di misura, e i dati vengono elaborati mediante fogli di calcolo e trasformati in valori angolari.

L'installazione della barra sulla parete può essere sia verticale che orizzontale. Più strumenti, installati sulla stessa struttura, possono misurare quindi tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che l'opera potrebbe subire.

In aggiunta al sensore deputato alla misura angolare, i clinometri a barra possono essere dotati di sensore di temperatura. La misura della temperatura permette di valutare eventuali derive termiche dello strumento.

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| • materiale clinometro | acciaio inox |
| • materiale barra | alluminio |
| • sensore | monoassiale o biassiale |
| • campo di misura minimo | $\pm 5^\circ$ |
| • precisione totale | $\pm 0,2\%$ FS |
| • classe di protezione | IP67 |

16.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di campo di misura, alle possibili variazioni angolari attese e che la lunghezza della barra sia adeguata alla porzione di opera che si vuole monitorare;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare lo strumento non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;

- assicurarsi di installare la barra su un punto il più possibile verticale (o orizzontale, a seconda dei casi);
- posizionare la barra sulla parete avendo cura di ruotarla nel giusto verso di installazione e controllare con una livella il perfetto allineamento orizzontale e verticale di tutte le sue componenti. Quindi contrassegnare i punti in cui eseguire i fori;
- eseguire i fori sulla parete e applicare la barra con gli appositi tasselli;
- successivamente al serraggio della barra applicare alla stessa il clinometro mediante le apposite viti serrandolo leggermente. In tale fase è fondamentale assicurarsi di posizionare il clinometro nel giusto verso (di solito l'uscita del cavo di segnale è rivolta verso il basso);
- regolare, controllando con una livella, il clinometro sulla barra mediante le guide. Ottenuta la perfetta verticalità serrare le viti;
- sistemare il cavo di segnale portandolo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure in esercizio dei clinometri a barra verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di inclinazione. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "variazione angolare – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione angolare nel tempo e della variazione di temperatura nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

16.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;

- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

16.4 MISURA DI CLINOMETRO (DI QUALSIASI TIPO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.015** “MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)”

Le specifiche inerenti la misura dei vari clinometri/tiltmetri sono descritte nell'apposita voce “MISURE” presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

Il prezzo è relativo alla misura, successiva a quella di zero, di un singolo strumento mediante apposita centralina portatile o tiltmetro portatile.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

17 PENDOLI / COORDINOMETRI

I pendoli sono strumenti utilizzati per misurare i movimenti orizzontali di strutture di una certa altezza, quali dighe in calcestruzzo, palazzi, torri e campanili.

I pendoli possono essere sia dritti che rovesci. Nel primo caso si possono misurare i movimenti orizzontali della struttura stessa (ancorando il pendolo alla sommità della stessa), mentre con i pendoli rovesci si possono misurare i movimenti orizzontali della struttura rispetto al terreno.

Il pendolo dritto è costituito da un cavo di acciaio ancorato superiormente alla struttura da monitorare, tenuto in tensione da una massa. Rilevando la posizione del filo nel piano orizzontale, mediante strumenti detti coordinometri, è possibile seguire i movimenti nel tempo e quindi avere la misura degli spostamenti fra il punto di ancoraggio del filo ed il punto in cui viene rilevata la misura.

Nel pendolo rovescio, invece, il cavo è ancorato nel terreno di fondazione ed è tenuto in tensione mediante un galleggiante posizionato in un serbatoio riempito di fluido che serve anche a smorzare le vibrazioni del filo.

Gli strumenti per la misura dei pendoli si chiamano coordinometri e possono essere sia di tipo portatile removibile, che fissi.

Si dovrà prevedere l'installazione dei pendoli e dei relativi coordinometri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure ante operam (laddove vi sia interferenza tra la struttura da monitorare e l'opera da realizzarsi). In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici, da tale misura dipenderanno, per comparazione, tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario preli la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

17.1 PENDOLO DRITTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.070.001** "PENDOLO DRITTO"
- **IG.10.070.010** "MISURA DI COORDINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. KIT DI FISSAGGIO, ANCORAGGI, OLIO, ecc.).

Il cavo in acciaio per la sospensione del pendolo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

17.1.1 Descrizione

Il pendolo diritto è uno strumento pensato per l'installazione su strutture alte e delle quali permette di valutare i movimenti, mediante misure di spostamento sul piano orizzontale, con il principio del filo a piombo.

Il pendolo diritto è costituito da un cavo di acciaio ancorato superiormente alla struttura da monitorare, tenuto in tensione da un peso inserito in un serbatoio in cui un liquido (generalmente olio minerale) ne smorza le vibrazioni. Rilevando la posizione del filo nel piano orizzontale, mediante strumenti detti coordinometri, secondo un sistema d'assi di riferimento, è possibile seguire i movimenti nel tempo e quindi

avere la misura degli spostamenti fra il punto di ancoraggio del filo ed il punto in cui viene rilevata la misura.

In base alle diverse esigenze di installazione si possono installare i pendoli dritti o ancorandoli direttamente al soffitto o ancorandoli ad un'apposita mensola a sbalzo che sarà a sua volta vincolata sulla sommità della parete della struttura.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale del serbatoio acciaio inox
- materiale del cavo acciaio
- diametro del cavo 2 mm
- peso del tensionatore 30 kg

17.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato alla struttura su cui installarlo;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare che alla base della struttura, dove sarà collocato il serbatoio, vi sia un ambiente pulito e adatto a contenere la strumentazione;
- accertare con la massima cura il punto di installazione più adeguato, sia rispetto alla porzione di opera da monitorare, sia rispetto agli spazi a terra.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare l'ancoraggio superiore del pendolo vincolandolo direttamente al soffitto o vincolandolo ad un'apposita mensola, a sua volta installata alla parete della struttura. Per fissare l'ancoraggio superiore bisognerà segnare con cura il punto in cui, partendo da terra e mantenendo la verticalità, finirà il cavo di sospensione;
- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare l'ancoraggio superiore o l'eventuale mensola non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- tagliare il filo in acciaio poco più del necessario;
- far passare il filo nell'ancoraggio e calarlo con l'aiuto di un pesetto fino a terra. Dopodiché serrarlo avendo cura di lasciare uno spezzone aggiuntivo di cavo in avanzo per eventuali regolazioni;
- posizionare il serbatoio alla base con il peso nel centro;

- montare il coperchio sul peso e agganciare il tensionatore. Quindi serrare con forza;
- unire tramite l'apposito morsetto il cavo al coperchio del serbatoio e serrare bene le viti;
- tensionare il filo tramite l'apposito tenditore;
- eventualmente regolare la lunghezza del filo agendo sull'ancoraggio superiore;
- con il peso fermo, fissare il serbatoio al pavimento controllando che sia a livello;
- riempire il serbatoio con il liquido scelto;
- installare, infine il supporto per il coordinometro necessario alle misure;
- creare una zona di protezione intorno al sistema serbatoio mediante opportuna segnaletica;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante coordinometro portatile o installando un coordinometro fisso.

Misure

Le misure in esercizio dei pendoli verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento quando sia accertata l'avvenuta stabilizzazione del sistema.

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di coordinometri portatili o fissi.

I dati saranno poi elaborati ed i valori verranno diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quote delle varie componenti, lunghezza del cavo, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

17.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

17.2 COORDINOMETRO FISSO (SIA OTTICO CHE TELECOORDINOMETRO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.070.005** “COORDINOMETRO FISSO (sia ottico che telecoordinometro)”
- **IG.10.070.010** “MISURA DI COORDINOMETRO (di qualsiasi tipo)”

I parametri strumentali dovranno essere: campo di misura minimo pari a ± 75 mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,1\%$ FS per il Coordinometro Ottico e campo di misura minimo pari a 0 - 60 mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,015$ mA per il Telecoordinometro.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

17.2.1 Descrizione

Il coordinometro è uno strumento utilizzato per misurare le coordinate sul piano orizzontale dei pendoli dritti e rovesci.

I coordinometri possono essere sia di tipo ottico che automatici.

COORDINOMETRI OTTICI

Utilizzati per misure manuali, possono essere usati sia in modalità removibile che installati fissi. In ogni caso la misura verrà effettuata leggendo i valori di spostamento del filo a piombo su un apposito comparatore centesimale posto al di sopra del coordinometro. Le coordinate del cavo in acciaio dei pendoli vengono rilevate tramite una coppia di fotocellule installate su un'unità mobile ad alta precisione. Lo strumento deve essere posizionato su un apposito supporto preinstallato al di sopra o al di sotto del serbatoio (a seconda che venga utilizzato per leggere rispettivamente un pendolo dritto o rovescio).

Le letture verranno appuntate di volta in volta su un modulo di misura e poi elaborate, mediante fogli di calcolo. I valori di spostamento rispetto al piano orizzontale verranno infine diagrammati in un grafico “spostamento – tempo” e, conoscendo l'altezza della struttura e le quote di installazione delle varie componenti del pendolo, si potrà conoscere la variazione angolare relativa della struttura rispetto al terreno.

TELECOORDINOMETRI

Utilizzati per effettuare letture automatiche con possibilità di remotizzazione del dato. Il principio di misura è sempre di tipo ottico, ma è caratterizzato da un'alta risoluzione e da funzioni di auto-diagnostica per la validazione di misurazioni attraverso un software incorporato. Le coordinate del cavo in acciaio dei

pendoli vengono rilevate tramite una coppia di fotocellule installate su un'unità mobile ad alta precisione. Lo strumento deve essere posizionato su un apposito supporto preinstallato al di sopra o al di sotto del serbatoio (a seconda che venga utilizzato per leggere rispettivamente un pendolo dritto o rovescio).

Le letture potranno essere effettuate o con apposite centraline portatili, o potranno essere scaricate mediante pc direttamente sul posto (utilizzando un collegamento via cavo) oppure potranno essere inviate in remoto ad un'unità di acquisizione ed elaborazione del dato. I valori di spostamento rispetto al piano orizzontale verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento - tempo" e, conoscendo l'altezza della struttura e le quote di installazione delle varie componenti del pendolo, si potrà conoscere la variazione angolare relativa della struttura rispetto al terreno.

Caratteristiche tecniche minime

- COORDINOMETRO OTTICO
 - campo di misura ± 75 mm
 - precisione totale $\pm 0,1\%$ FS
 - temperatura di esercizio $- 20^\circ / + 60^\circ$
 - grado di protezione IP67
- TELECOORDINOMETRO
 - campo di misura 0 – 60 mm
 - precisione totale $\pm 0,015$ mA
 - temperatura di esercizio $- 10^\circ / + 60^\circ$
 - grado di protezione IP68

17.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità e che sia perfettamente funzionante;
- installare l'apposita staffa di sostegno del coordinometro al di sopra del coperchio del pendolo (in caso di pendolo dritto).

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare lo strumento sulla piastra di supporto secondo le specifiche tecniche indicate dai diversi produttori;
- assicurarsi che lo strumento sia installato orizzontalmente e perfettamente in bolla;

- effettuare la misura di zero con comparatore centesimale per i coordinometri ottici o con la centralina di misura per i telecoordinometri.

Misure

Le misure in esercizio mediante coordinometri verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta “misura di zero” con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell’installazione dello strumento quando sia accertata l’avvenuta stabilizzazione del sistema.

Le misure con coordinometri ottici fissi verranno effettuate leggendo di volta in volta il valore riportato sul comparatore centesimale installato sul coordinometro. I dati saranno poi elaborati ed i valori verranno diagrammati in un grafico “spostamento – tempo” e “variazione angolare – tempo”.

Le misure con telecoordinometri verranno effettuate o con apposite centraline portatili, o potranno essere scaricate mediante pc direttamente sul posto (utilizzando un collegamento via cavo) oppure potranno essere inviate in remoto ad un’unità di acquisizione ed elaborazione del dato. I dati saranno poi elaborati ed i valori verranno diagrammati in un grafico “spostamento – tempo” e “variazione angolare – tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al coordinometro e al pendolo (nome, posizione rispetto alla struttura, quote delle varie componenti, lunghezza del cavo, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo e delle variazioni angolari nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

17.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, dati del pendolo, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

17.3 MISURA DI COORDINOMETRO (DI QUALSIASI TIPO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.070.010** "MISURA DI COORDINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

Le specifiche inerenti la misura dei vari coordinometri sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

La voce si riferisce a letture effettuate in manuale o con apposita centralina portatile.

Il prezzo è relativo alla misura dello spostamento, successiva a quella di zero, per ogni singolo pendolo.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

18 SENSORI DI TEMPERATURA / TERMOMETRI

I termometri sono utilizzati per misurare la variazione di temperatura delle strutture in contesti in cui siano previste forti escursioni termiche. I termometri possono essere anche associati ad installazioni di altri strumenti non dotati di sensore di temperatura. È possibile, in tal modo, correggere eventuali derive termiche di altri strumenti di monitoraggio.

In alcuni casi è possibile installare tutta una serie di sensori di temperatura a creare delle vere e proprie catene termometriche. Tali catene possono essere installate sia in foro che fissate alle armature e annegate nel calcestruzzo (ad esempio in diaframmi, pali o solai).

Ci sono vari tipi di sensori di temperatura, i più diffusi sono quelli con tecnologia a termistore e quelli a termoresistenza.

La misura di zero è considerata quella post-installazione.

Occorre che l'Affidatario prenda la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

18.1 SENSORE DI TEMPERATURA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.080.001 "SENSORE DI TEMPERATURA".
- IG.10.080.001.a "per ogni termometro a termoresistenza".
- IG.10.080.001.b "per ogni termometro a termistore".
- IG.10.080.005 "MISURA DI SENSORE DI TEMPERATURA (di qualsiasi tipo)".

Da installare all'interno di un foro realizzato all'interno della struttura da monitorare (o gettato nel CLS).

Lo strumento dovrà avere un campo di misura minimo pari a $-20^{\circ}\text{C} + 80^{\circ}\text{C}$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. sigillatura del foro con resina bicomponente, ecc.).

18.1.1 Descrizione

I termometri sono utilizzati per misurare la temperatura all'interno delle strutture. Sono installati o mediante realizzazione di un foro nella struttura e successivo riempimento con resina bicomponente (o similare), o direttamente annegati nel calcestruzzo.

L'applicazione dei sensori di temperatura è necessaria in contesti in cui siano previste forti escursioni termiche o in associazione ad altri strumenti non dotati di sensore di temperatura. Tramite le misure di temperatura è così possibile compensare eventuali errori legati alla temperatura di altri strumenti di monitoraggio.

I sensori di temperatura sono realizzati principalmente con tecnologia a termistori o a termoresistenza (ma ne esistono anche con tecnologia a corda vibrante). Il sensore vero e proprio è contenuto all'interno di un corpo cilindrico in acciaio inox e collegato ad un cavo di segnale.

La tecnologia a termistori è basata sull'utilizzo di resistori sensibili alla temperatura (rame o platino) in grado di mutare la propria resistenza elettrica in funzione della temperatura.

La tecnologia a termoresistenza è basata, invece, sul principio della variazione della temperatura entro 2 metalli diversi. Il modello più diffuso è il PT100 che utilizza un filo di platino.

Il segnale emesso viene trasmesso mediante un cavo di segnale e letto mediante una centralina portatile o un Datalogger.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale acciaio inox
- sensore termistore o termoresistenza
- campo di misura minimo - 20°C / + 80°C
- precisione totale $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- risoluzione 0,1°C
- classe di protezione IP68

18.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- per installazioni su armature, posizionare il termometro con il cavo di segnale rivolto in direzione di un punto sicuro e di facile accesso alle letture e poi eseguire il getto del calcestruzzo. Infine leggere sulla centralina il valore di temperatura per verificare la perfetta funzionalità del sensore;
- per installazioni su strutture già realizzate, eseguire un foro con un trapano, di dimensioni adeguate all'inserimento del termometro;
- inserire il termometro all'interno del foro e successivamente sigillare il foro iniettando all'interno una resina epossidica (o similare);
- leggere sulla centralina il valore di temperatura per verificare la perfetta funzionalità del sensore.

A prescindere dal tipo di installazione, la misura di zero verrà effettuata a seguito dell'avvenuta consolidazione del calcestruzzo o della resina epossidica.

Misure

Le misure in esercizio dei sensori di temperatura verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al

termine dell'installazione dello strumento (laddove sia accertata la consolidazione di eventuali getti in cls o di resine epossidiche).

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di temperatura. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "variazione di temperatura – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione di temperatura nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di temperatura e sulle possibili cause.

18.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

18.2 MISURA DI SENSORE DI TEMPERATURA (DI QUALSIASI TIPO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.080.005** "MISURA DI SENSORE DI TEMPERATURA (di qualsiasi tipo)"

Le specifiche inerenti la misura dei vari termometri sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nel rispettivo paragrafo dei vari strumenti.

La voce si riferisce a letture effettuate con apposita centralina portatile.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

19 ANCORAGGI PER MISURE CON DISTOMETRO A NASTRO

I distometri a nastro (o estensimetri a nastro) sono utilizzati per misurare i movimenti relativi fra due punti distanti fra loro.

L'utilizzo più frequente è quello legato alle misure di convergenza in galleria. All'intorno della sezione di galleria vengono installati degli ancoraggi (di solito in corrispondenza di calotta, reni e piedritti).

Generalmente alle misure di convergenza con distometro a nastro si può associare un monitoraggio di tipo topografico, mediante l'installazione di target o mire ottiche da leggere con Stazione Totale fissa o mobile.

Si dovrà prevedere l'installazione degli ancoraggi in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure preliminari (laddove vi sia interferenza tra la struttura da monitorare e l'opera da realizzarsi). In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici, da tale misura dipenderanno, per comparazione, tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

19.1 ANCORAGGIO PER MISURE DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.090.001** "ANCORAGGIO PER MISURE DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO"
- **IG.10.090.005** "MISURA DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO"

La voce si riferisce unicamente alla fornitura e posa in opera dei soli ancoraggi. È esclusa la fornitura del distometro a nastro che, in quanto facente parte della strumentazione di misura, dovrà far parte della dotazione personale dell'affidatario.

- precisione totale $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- risoluzione $\pm 0,01\text{ mm}$
- ANCORAGGI
 - materiale acciaio zincato
 - diametro $\geq 20\text{ mm}$
 - lunghezza $\geq 50\text{ mm}$

19.1.2 Modalità esecutive

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

- in caso di installazione a saldare, posizionare nella corretta posizione i diversi ancoraggi ed effettuare la saldatura. Infine numerare i diversi ancoraggi;
- in caso di cementazione, eseguire preventivamente il foro con il trapano utilizzando una punta di misura adeguata a consentire la successiva cementazione;
- pulire il foro con aria compressa;
- inserire l'ancoraggio e cementarlo con cemento a presa rapida nella giusta posizione;
- numerare i vari ancoraggi;
- quando si è sicuri dell'avvenuta consolidazione del cemento (aspettare almeno 2-3 ore) effettuare la misura di zero.

Misure

Le misure in esercizio con distometro a nastro verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento (laddove sia accertata la consolidazione di eventuali iniezioni di cls per la posa dell'ancoraggio).

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di un distometro a nastro secondo le seguenti fasi:

- prima di ogni serie di misurazioni dovrà essere eseguita la taratura dello strumento servendosi dell'apposito telaio di calibrazione;
- stendere la bindella agganciandone le estremità su due ancoraggi di convergenza secondo le specifiche strumentali descritte dai vari produttori;
- provvedere 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.

Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico “distanza – tempo” per ogni singola coppia.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi a tutte le varie coppie di ancoraggi (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione di distanza nel tempo di tutte le coppie di ancoraggi;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

19.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

19.2 MISURA DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.090.005** “MISURA DI CONVERGENZA CON DISTOMETRO A NASTRO”

Le specifiche inerenti la misura con distometro a nastro sono descritte nell'apposita voce “MISURE” presente nel rispettivo paragrafo dei vari strumenti.

Il prezzo si intende per ogni coppia di punti.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

Dal prezzo è escluso il costo relativo all'utilizzo del cestello.

20 MATERIALI E STRUMENTAZIONI VARIE (STRUMENTAZIONE A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO GEOTECNICO/GEOMORFOLOGICO)

Nell'ambito del monitoraggio geotecnico e geomorfologico è necessario prevedere non solo la strumentazione di monitoraggio in senso stretto, ma anche tutta una serie di strumenti e componenti che sono fondamentali per la realizzazione ed il mantenimento della stessa rete di monitoraggio.

Tale strumentazione di supporto è costituita da tutta una serie di sensori (come ad esempio le Stazioni Meteorologiche), o di apparati di alimentazione (come i pannelli fotovoltaici), ma anche di semplici componenti di ricambio (cavi multipolari, tubi idraulici, ecc.).

Parallelamente all'attività di installazione degli strumenti, riveste una fondamentale importanza la fase della centralizzazione degli stessi ai fini dell'automatizzazione e remotizzazione dei dati. Tale attività di centralizzazione è regolamentata dalle disposizioni presenti nel presente capitolo.

Occorre che l'Affidatario prenda la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

20.1 STAZIONE METEO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.100.001 "STAZIONE METEO"
- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"

La stazione dovrà essere composta, come configurazione minima, dai seguenti sensori:

- pluviometro;
- sensore di velocità del vento;
- sensore di direzione del vento;
- sensore di temperatura e umidità outdoor;
- nevometro (in caso di installazioni in ambienti montani o comunque predisposti a frequenti nevicate).

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. palo di supporto, strutture di fissaggio, staffe, cavi di connessione e alimentazione, connettori, ecc.).

I dati registrati dalle stazioni meteo vengono acquisite mediante Datalogger fissi e trasmesse ad un apposito server. Nel prezzo di installazione è inclusa una prima misura di zero che certifichi la bontà dell'installazione stessa.

La computazione delle misure sarà quindi relativa alla voce "MISURE TRAMITE UAD" (cod. IG.10.130.010) e riferita ad emissione dei dati derivanti da acquisizioni con Datalogger, con e senza, Sistema di Distribuzione Dati (SDD).

20.1.1 Descrizione

La stazione meteorologica è di primaria importanza, soprattutto nell'ambito dei monitoraggi di fenomeni franosi, al fine di correlare le eventuali evoluzioni dei movimenti con gli eventi meteorologici. È ad esempio importante capire se e come un'intensa precipitazione possa influire sulla riattivazione di un fenomeno franoso.

In generale le stazioni di misura devono essere collocate in luoghi aperti, su terreno pianeggiante, lontano da edifici, alberature od ostacoli in grado di interferire con le misurazioni e in siti rappresentativi del territorio circostante (evitando, per quanto possibile, installazioni su tetti, terrazzi di edifici e scarpate). Il vento, in particolare, è in grado di alterare anche pesantemente le misure pluviometriche, soprattutto nel caso di precipitazioni nevose. Per tale motivo, nelle installazioni andrebbero evitate posizioni particolarmente esposte al vento.

Inoltre, in dipendenza dalla quota s.l.m. dell'area di lavoro, la strumentazione deve essere dotata di adeguato sistema per il controllo della precipitazione nevosa.

Al fine di garantire la stabilità della Stazione Meteo, per tutta la durata della campagna di monitoraggio, la stessa dovrà essere posizionata su una solida base di appoggio. Qualora non fosse disponibile in sito una base di appoggio che garantisca la stabilità del sistema, dovrà essere realizzato un basamento fisso di dimensioni adeguate.

I dati registrati dalle stazioni meteo vengono acquisite mediante Datalogger fissi e trasmesse ad un apposito server.

Caratteristiche tecniche minime

- PLUVIOMETRO
 - area minima 400 cm²
 - precisione totale ± 2%
 - risoluzione 0,2 mm

- SENSORE DI VELOCITÀ DEL VENTO
 - campo di misura 0,28 m/s - 50 m/s
 - precisione totale < 0,1 m/s
- SENSORE DI DIREZIONE DEL VENTO
 - campo di misura 0 - 360°
 - precisione totale precisione $\pm 1^\circ$
 - sensibilità < 0,3 m/s
- SENSORE DI TEMPERATURA E UMIDITÀ OUTDOOR
 - campo di misura - 40 °C / + 80 °C
 - precisione totale $\pm 0,1$ °C
 - sensibilità 0,01 °C

20.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- se necessario realizzare un'apposita piattaforma di sostegno della stazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare la stazione meteo secondo le specifiche indicate dai diversi produttori;
- provvedere al collegamento dei cavi della stazione meteo con l'unità di acquisizione dati (Datalogger) e verificare la funzionalità e la corretta trasmissione dei dati al server remoto;
- proteggere l'area di installazione da eventuali interferenze o rischi di danneggiamento mettendo in atto tutte le misure necessarie alla tutela della strumentazione e dei cavi di collegamento;
- eseguire uno scarico dati che varrà come lettura di zero.

Misure

Le misure in esercizio dei parametri meteo verranno effettuati mediante l'utilizzo di un Datalogger fisso e da qui trasmessi ad un server remoto per la generazione dei report di misura.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione dei parametri meteo nel tempo;
- note o problematiche varie.

20.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

20.2 PANNELLO SOLARE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.100.005** "PANNELLO SOLARE"

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. palo di supporto in acciaio zincato, strutture di fissaggio, staffe, armadietto, cavi, connettori, batteria tampone, ecc.).

20.2.1 Descrizione

L'utilizzo di pannelli solari si rende necessario per alimentare i dispositivi di monitoraggio laddove non sia presente un accesso diretto ad altre forme di alimentazione o dove cablare dei cavi di alimentazione diventi problematico.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale silicio
- potenza 50W
- temperatura di esercizio - 40°C / + 80°C

20.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento;
- se necessario realizzare un'apposita piattaforma di sostegno per il palo del pannello.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare il pannello solare, su un apposito palo in alluminio, secondo le specifiche indicate dai diversi produttori;
- provvedere al collegamento dei cavi con lo strumento da alimentare;
- verificare la funzionalità post-installazione;
- proteggere l'area di installazione da eventuali interferenze o rischi di danneggiamento mettendo in atto tutte le misure necessarie alla tutela della strumentazione e dei cavi di collegamento.

20.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione, quota di installazione, note e problematiche varie.

20.3 CAVO MULTIPOLARE TWISTATO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.110.001 "CAVO MULTIPOLARE TWISTATO".
- IG.10.110.001.a "per ogni ml di cavo multipolare avente da 1 a 2 coppie"
- IG.10.110.001.b "per ogni ml di cavo multipolare avente da 3 a 4 coppie"
- IG.10.110.001.c "per ogni ml di cavo multipolare avente da 5 a 8 coppie"
- IG.10.110.001.d "per ogni ml di cavo multipolare avente oltre le 9 coppie"
- IG.10.110.015 "COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI"

La presente voce si applica ai cavi già assemblati direttamente in fabbrica sui tutti i vari strumenti, secondo le lunghezze richieste di volta in volta. In tal caso, essendo la sistemazione del cavo una parte integrante della posa in opera dei singoli strumenti, nel costo del cavo è compreso lo stendimento e l'eventuale fissaggio alle strutture, secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso e che impediscano il crearsi di interferenze che possano pregiudicare la bontà del segnale trasmesso.

Nel caso, invece, in cui si stia operando una centralizzazione di una rete di monitoraggio e fosse necessario disporre e cablare ulteriori cavi, non presenti già sui singoli strumenti, a tale voce si dovrà sommare quella relativa al "COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI" (cod. IG.10.110.015).

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. fascette, ecc.).

20.3.1 Descrizione

I cavi multipolari sono utilizzati, per le loro caratteristiche particolari, per la trasmissione del segnale di misura della maggior parte della strumentazione di monitoraggio. I cavi multipolari sono, per definizione, formati da una serie di cavi disposti in coppie e predisposti all'interno di un'unica guaina protettiva.

I cavi multipolari sono anche utilizzati per la centralizzazione di reti di monitoraggio, fornendo un collegamento diretto tra i vari strumenti e le unità di acquisizione del dato (Datalogger).

Generalmente i cavi con meno di 4 coppie sono deputati alla trasmissione del segnale su un singolo strumento (a cui sono già assemblati), mentre i cavi multipolari con più di 4 coppie vengono utilizzati per le centralizzazioni di reti di monitoraggio (collegando più strumenti e convogliando il segnale a un Datalogger dedicato).

Caratteristiche tecniche minime

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| • tipo di cavo | multipolare twistato |
| • conduttore | rame stagnato |
| • schermatura | foglio in alluminio |
| • guaina esterna | antifiamma |
| • temperatura di esercizio | - 30°C / + 80°C |

20.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che i cavi non presentino lesioni o difformità.

L'installazione dei cavi già predisposti sui singoli strumenti direttamente in fabbrica seguirà le seguenti fasi:

- stendere il cavo evitando il formarsi di asole o torsioni e fissarlo alle strutture secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso e che impediscano il crearsi di interferenze che possano pregiudicare la bontà del segnale trasmesso;
- effettuare una misura con apposita centralina portatile per verificare la bontà del segnale.

20.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale sarà relativa alle specifiche descritte nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

In caso di fornitura e posa in opera di cavi multipolari ai fini della centralizzazione (e quindi non preinstallati sui singoli strumenti) la documentazione relativa ai cavi deve comprendere:

- certificato di taratura (se presente) e certificato di conformità;
- scheda tecnica del cavo secondo le specifiche del produttore;
- tutto quanto specificato del paragrafo "documentazione finale" relativo alla voce "COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI" (cod. IG.10.110.015).

20.4 CAVO IN ACCIAIO (PER INSTALLAZIONI DI PENDOLI, ESTENSIMETRI A FILO, ECC.)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.110.05** "CAVO IN ACCIAIO (per installazioni di pendoli, estensimetri a filo, ecc.)"

Essendo la sistemazione del cavo una parte integrante della posa in opera dei singoli strumenti, nel costo del cavo è compreso lo stendimento e l'eventuale fissaggio alle strutture e allo strumento, secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso e che impediscano il crearsi di torsioni, nodi o abrasioni.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

La voce si riferisce a cavi in acciaio inox aventi diametro $\leq 2\text{mm}$.

20.4.1 Descrizione

I cavi in acciaio sono utilizzati per l'installazione di alcuni strumenti di monitoraggio quali: pendoli, estensimetri a filo, ecc..

Caratteristiche tecniche minime

- tipo di cavo acciaio inox
- diametro ≤ 2 mm

20.4.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che i cavi non presentino lesioni o difformità.

L'installazione dei cavi sarà conforme a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

Si dovrà, comunque, sempre aver cura di stendere il cavo evitando il formarsi di asole, torsioni, nodi o abrasioni e di fissarlo alle strutture ed agli strumenti secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso.

20.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale sarà relativa alle specifiche descritte nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

20.5 TUBO IDRAULICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.110.10** "TUBO IDRAULICO"

Essendo la sistemazione del tubo idraulico una parte integrante della posa in opera dei singoli strumenti, nel costo del tubo è compreso lo stendimento e l'eventuale fissaggio alle strutture e allo strumento, secondo modalità che assicurino la salvaguardia del tubo stesso e che impediscano il crearsi di torsioni, nodi o abrasioni.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

20.5.1 Descrizione

I tubi idraulici sono utilizzati per l'installazione di alcuni strumenti di monitoraggio quali: assestimetri idraulici, alcune celle di carico o pressione, ecc..

20.5.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che i tubi non presentino lesioni o difformità.

L'installazione dei tubi sarà conforme a quanto specificato nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

Si dovrà, comunque, sempre aver cura di stendere il tubo evitando il formarsi di asole, torsioni, nodi o abrasioni e di fissarlo alle strutture ed agli strumenti secondo modalità che assicurino la salvaguardia del tubo stesso.

20.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale sarà relativa alle specifiche descritte nei relativi paragrafi dei vari strumenti.

20.6 COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.110.15** "COLLEGAMENTO DI CAVI MULTIPOLARI PER CENTRALIZZAZIONE STRUMENTI"

La voce si riferisce unicamente al collegamento di cavi multipolari durante le attività di centralizzazione di una rete di monitoraggio laddove fosse necessario disporre e cablare ulteriori cavi, non presenti già sui singoli strumenti o laddove fosse necessario collegare qualsiasi tipo di cavo multipolare (anche già predisposto sui singoli strumenti) con un Datalogger o una UAD.

Il prezzo si applica in caso di:

- collegamento tra due diversi cavi multipolari;
- collegamento tra multipolare e cavo di segnale dello strumento;
- collegamento tra multipolare e datalogger o UAD;
- cablaggio e fissaggio dei cavi.

20.6.1 Descrizione

La centralizzazione è una fase fondamentale del monitoraggio geotecnico, poiché da essa dipendono le trasmissioni dei segnali tra i vari strumenti e le unità di acquisizione fisse (Datalogger o UAD).

La centralizzazione dovrà essere ben progettata al fine di assicurare la migliore configurazione possibile a garantire:

- la minore interferenza possibile con l'ambiente circostante e le lavorazioni;
- il minor dispendio di materiale e di costi;
- la creazione di una rete di monitoraggio efficiente e di facile manutenzione;
- la miglior trasmissione del dato possibile.

20.6.2 Modalità esecutive

I collegamenti tra diversi cavi dovrà essere effettuato **OBBLIGATORIAMENTE** secondo le seguenti modalità:

- tramite saldatura su circuiti stampati e apposita muffola sigillante;
- con scatole di giunzione;
- tramite l'utilizzo di morsettiera, scotchlok o similari.

La centralizzazione seguirà le seguenti fasi:

- prima di effettuare i vari collegamenti tra il multipolare ed il cavo segnale dello strumento verificare la perfetta funzionalità di quest'ultimo;
- unire una coppia alla volta segnando su un apposito modulo di centralizzazione l'abbinamento delle varie coppie secondo i diversi colori;
- completato il collegamento tra i due cavi, prima di sigillare definitivamente il nodo di giunzione, effettuare un'ulteriore lettura per assicurarsi della bontà del collegamento. In caso contrario tagliare il collegamento appena effettuato e ripetere le operazioni di giunzione;
- sigillare il collegamento secondo le diverse modalità scelte per la giunzione;
- stendere i cavi e disporli lungo il tracciato di progetto fissandoli alle strutture, secondo modalità che assicurino la salvaguardia del cavo stesso e che impediscano il crearsi di interferenze che possano pregiudicare la bontà del segnale trasmesso;
- collegare i vari multipolari alle rispettive Unità di Acquisizione Dati (UAD) assicurandosi di rispettare scrupolosamente l'abbinamento delle varie coppie indicato sul modulo di centralizzazione. Prima di effettuare il collegamento eseguire nuovamente una lettura di tutte le coppie di segnale;
- effettuare un primo scarico dei dati per assicurarsi che tutte le operazioni di centralizzazione siano andate a buon fine. In caso contrario cercare di individuare il problema e risolverlo.

I collegamenti tra diversi cavi dovranno essere perfettamente sigillati al fine di evitare accidentali infiltrazioni di acqua.

Il nodo di giunzione dovrà essere isolato dal terreno e, in generale, dovrà essere collocato in un punto idoneo a tutelarne l'integrità e fissato in modo tale da evitare accidentali strappi.

Le lavorazioni dovranno garantire una corretta posa in opera dei vari cavi evitando il formarsi di asole, torsioni, nodi o abrasioni.

20.6.3 Documentazione finale

La documentazione finale sarà relativa alle specifiche descritte nei relativi paragrafi dei vari strumenti e secondo quanto riportato alla voce "UNITÀ DI ACQUISIZIONE DATI (UAD)" (cod. IG.10.130).

21 STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO

Il monitoraggio topografico riveste una fondamentale importanza nell'ambito del monitoraggio geotecnico in senso lato. I cambi di impiego sono numerosi, e si basano tutti sulla misura degli spostamenti di specifici strumenti nello spazio. Tali strumenti (miniprismi, target, staffe, capisaldi, ecc.) vengono vincolati all'elemento da monitorare (sia esso un corpo di frana o un'opera civile) e la loro posizione è controllata nel tempo rispetto ad uno specifico sistema di riferimento.

Le misure topografiche, finalizzate al monitoraggio di precisione, da effettuare per mezzo di triangolazioni, trilaterazioni, poligonali e livellazioni devono essere eseguite tramite strumenti di alta precisione e, in relazione alla tipologia di monitoraggio da effettuare, possono essere adottate le seguenti modalità:

- Misure topografiche in modalità periodica, con cadenza da stabilire;
- Misure topografiche in modalità automatica a controllo remoto.

La scelta della modalità di misura, dovrà essere effettuata in relazione alle precisioni ed alle frequenze di dati ritenute necessarie per il caso specifico di intervento.

Le triangolazioni, trilaterazioni, poligonali e livellazioni potranno essere adottate per le seguenti attività di monitoraggio e controllo:

- Monitoraggio di versanti;
- Monitoraggio di strutture (ponti, viadotti, paratie, edifici, ecc.);
- Misure di convergenza in galleria;
- Monitoraggio delle deformazioni in galleria;
- Monitoraggio delle subsidenze durante l'esecuzione dei lavori;
- Prove di carico su impalcati, ad esclusione di:
 - prove di carico su impalcati, con frecce massime di progetto aventi valori ≤ 5 cm;
 - prove di carico su impalcati, nel caso in cui non fosse possibile stazionare su punti stabili ubicati a distanze \leq di 100 m dall'impalcato da collaudare;
 - prove di carico su impalcati, nel caso in cui non fosse possibile stazionare su punti stabili che permettano di osservare e collimare i punti di controllo con valori degli angoli zenitali $<$ di $\pm 25^\circ$ rispetto al piano di orizzonte.

Si dovrà prevedere l'installazione degli strumenti da misurare (mire, capisaldi, staffe, ecc.) in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure preliminari (laddove vi sia interferenza tra la struttura da monitorare e l'opera da realizzarsi). In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici, da tale misura dipenderanno, per comparazione, tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario preli la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

Schemi geometrici da adottare

In considerazione delle molteplici fattispecie riscontrabili nei siti di monitoraggio, si prescrive che per l'utilizzo della tecnica topografica di triangolazione, trilaterazione e poligonazione, si dovrà sempre prevedere l'orientamento del sistema di misura su un numero minimo di 4 vertici stabili esterni all'area da controllare, tramite i quali dovrà essere determinabile lo scarto quadratico medio delle misure di raffronto tra i valori delle coordinate di "zero" ed i valori determinati in occasione di ogni singola campagna di misure.

Nel caso di esecuzione di misure topografiche in "postazione fissa" o "periodica" con stazionamenti su pilastri o punti stabili, ogni stazione di misura dovrà essere collegata, tramite misure angolari e di distanze, ad almeno 4 vertici fissi esterni, direttamente collimabili dalla stessa.

Nel caso di esecuzione di poligoni di precisione, per la determinazione delle coordinate di una serie di punti intermedi (stazioni di passaggio), la poligonale dovrà essere vincolata agli estremi o, in alternativa, dovranno essere eseguite le misure in andata e ritorno, con vincolo sul vertice di partenza.

Precisioni e tolleranze delle misure

Le tolleranze e le precisioni delle misure devono essere determinate a priori, durante la fase di progettazione del sistema di monitoraggio. I valori di cui sopra, dovranno essere determinati tramite un calcolo di simulazione, il quale tenga conto di tutti i parametri ambientali relativi al sito (distanze, quote, posizioni delle stazioni, ecc.), dei parametri geometrici della rete (ampiezze degli angoli, lunghezze dei lati, numero

dei vertici, ecc.), nonché delle caratteristiche tecniche delle strumentazioni (precisioni angolari, precisioni sulle distanze, tipologia di riflettori, modalità di stazionamento, precisione del sistema di puntamento automatico verso i riflettori, ecc.). Tutti i parametri di cui sopra e le determinazioni derivate dal calcolo di simulazione, dovranno essere riportati in una apposita relazione esplicativa da consegnare preventivamente alla realizzazione del sistema di monitoraggio.

Il calcolo di simulazione, assume una peculiare importanza, in quanto è posto alla base di tutte le successive scelte, quindi, la valutazione in merito alla adottabilità del sistema di monitoraggio, dovrà essere sempre effettuata a valle della esatta determinazione delle precisioni ottenibili dallo stesso, in relazione alle considerazioni del progettista.

Procedure e tecniche generali di misura

Tutte le misure di monitoraggio, sia in postazione fissa che periodica, dovranno essere eseguite utilizzando la tecnica delle osservazioni per strati angolari, effettuando per ogni collimazione almeno 4 strati di misure, le quali dovranno essere mediate ed eventualmente ripetute se i valori angolari o sulle distanze dovessero superare i limiti imposti a seguito del calcolo di simulazione di cui al paragrafo precedente.

Per le misure di monitoraggio, sia in modalità automatica in postazione fissa che in modalità periodica, non è mai prevista l'acquisizione dell'altezza strumentale o la misura dell'altezza del riflettore, in quanto tali misure dovranno essere sempre fisse ed invariabili.

Nel caso di esecuzione di poligonali, le quote dei punti di stazione dovranno essere determinate esclusivamente tramite livellazioni geometriche di alta precisione.

Le poligonali dovranno sempre avere lati con lunghezza non superiore a 150 m ed i vertici dovranno essere materializzati su strutture stabili, per quanto possibile ubicati al di fuori delle aree soggette alle lavorazioni di cantiere. In ogni caso, è previsto che i vertici intermedi che subiranno danneggiamenti causati dalle attività di cantiere vengano tempestivamente sostituiti e rimisurati.

MISURE ALTIMETRICHE DI ALTA PRECISIONE – LIVELLAZIONI GEOMETRICHE

La determinazione delle quote dei vertici di rete, dei punti di poligonale e dei capisaldi in genere, deve sempre essere effettuata tramite l'esecuzione di livellazioni geometriche di alta precisione.

Le livellazioni geometriche, per le determinazioni delle quote dei vertici di rete e di stazione, per l'esecuzione delle successive misure topografiche o per la determinazione diretta delle quote dei punti di controllo, dovranno essere eseguite secondo le seguenti indicazioni:

- le misure di livellazione geometrica dovranno essere effettuate secondo le specifiche dettate dall'Istituto Geografico Militare Italiano per l'esecuzione delle livellazioni di alta precisione.;
- le misure avranno inizio e fine sui capisaldi esterni e saranno effettuate con la modalità della livellazione composta dal mezzo;

- prima della campagna di misure di collaudo la squadra topografica incaricata effettuerà un test della strumentazione elettronica in dotazione al fine di correggere l'eventuale angolo di deviazione della linea orizzontale, adottando la formula di KukkaMaKi;
- la tolleranza delle misure da effettuare sarà fissata in +/- 2 mm per 1 Km di livellazione in A/R;
- le operazioni di misura dovranno essere eseguite sempre con lettura automatica sulla scala codificata della stadia Invar; le sue condizioni di illuminazione dovranno sempre essere ottimali e pertanto i percorsi dovranno essere programmati anche in funzione di questa necessità;
- la lunghezza delle battute dovrà sempre essere inferiore a 30 metri; lo strumento, inoltre, trattandosi di livellazione geometrica dal mezzo, deve trovarsi ad uguale distanza dalle due stadia;
- la differenza di lunghezza fra battuta avanti ed indietro non dovrà superare 1 metro;
- la differenza delle somme delle semidistanze accumulate lungo la linea di livellazione non deve superare i 5 metri;
- la linea di mira deve essere sopra 100 centimetri dal suolo e, nel caso di stadia da 3 metri, al di sotto di 2,80 metri.

Campi di impiego

Le livellazioni geometriche di alta precisione dovranno essere adottate per le seguenti attività di monitoraggio e controllo:

- determinazione delle quote dei vertici di rete;
- determinazione delle quote dei vertici di poligonale;
- determinazione delle quote dei punti di controllo (casisaldi) e delle staffe livellometriche, materializzate sul piano campagna e sugli edifici da monitorare;
- prove di carico su impalcati su impalcati, con frecce massime di progetto aventi valori \leq di 5 cm.

Specifiche tecniche delle strumentazioni da adottare

- LIVELLO
 - tipo di livello digitale
 - s.q.m. chilometrico con livellazione
 - doppia e stadia \leq 0,4 mm
 - ingrandimenti \geq 32x

- intervallo di misura (Invar) 1.8 - 60 metri
- sensibilità livella sferica $\leq 8'/2$ mm
- precisione del compensatore $\leq 0,2''$
- software - firmware (Tipo) disponibilità di firmware con autoverifica dell'orizzontalità della linea di mira. - Inibizione alle letture sugli estremi della stadia.
- memoria per registrazione dati Interna o su scheda di memoria – capacità min. 2000 misure
- STADIA
 - tipo di graduazione Codici a barre su nastro Invar
 - lunghezza 2 o 3 metri in un solo pezzo
 - tipo di livella Livella sferica
 - numero di unità per ogni livello Min. 2

MISURE PER ESECUZIONE DI PROVE DI CARICO SU IMPALCATI

Premesso che la livellazione geometrica di alta precisione è oggi l'unica tecnica che permette di determinare le quote dei punti di controllo con precisione millimetrica, si prescrive che tale tecnica debba essere adottata per le prove di carico su impalcati e che possa essere sostituita da altre tecniche topografiche (livellazione trigonometrica o altro) solo nel caso in cui le deformazioni determinate in fase di progetto, per i carichi previsti durante la prova, siano \geq a 5 cm.

Tale prescrizione si rende necessaria al fine di poter assicurare, durante tutte le fasi di carico e scarico dei mezzi, la possibilità di determinare sia i valori delle deformazioni che i valori degli eventuali residui, altrimenti non definibili.

Le prove di carico su implacati dovranno essere eseguite secondo la seguente procedura:

- sopralluogo preliminare;
- materializzazione dei punti di controllo a testa sferica, torica o semisferica da ubicare nelle posizioni indicate nella relazione redatta dal progettista;
- materializzazione dei sistemi di determinazione degli schiacciamenti in corrispondenza degli appoggi (estensimetri, misuratori di giunti, comparatori, ecc.);
- esecuzione delle misure di livellazione geometrica dal mezzo secondo le specifiche dettate dall'Istituto Geografico Militare Italiano per l'esecuzione delle livellazioni di alta precisione;
- elaborazione dei dati e restituzione delle tabelle e dei diagrammi di variazione delle quote rilevate.

Le misure avranno inizio e fine sui capisaldi esterni e saranno effettuate con la modalità della livellazione composta dal mezzo.

Prima della campagna di misure di collaudo, la squadra topografica incaricata effettuerà un test della strumentazione elettronica in dotazione al fine di correggere l'eventuale angolo di deviazione della linea orizzontale, adottando la procedura di seguito descritta.

Procedura di rettifica dei livelli da adottare prima dell'avvio delle prove di carico

I livelli digitali sono strumenti per misure di alta precisione, aventi rispettivamente accuratezza di 0.4 mm e 0.3 mm per 1 Km di livellazione in A/R.

Considerato che gli strumenti sono stati progettati per l'esecuzione di misure di alta precisione (monitoraggio, collaudi, linee di livellazioni geometriche di alta precisione, ecc.), a differenza di altre strumentazioni aventi prestazioni inferiori ed adatti a campi di applicazione meno impegnativi, le case costruttrici hanno introdotto nel sistema operativo una procedura di auto-rettifica che permette all'utente di controllare periodicamente lo stato di rettifica.

La procedura di verifica/rettifica permette di calcolare il valore angolare di inclinazione dell'asse di collimazione dello strumento e di decidere successivamente se correggere lo stesso od inviare lo strumento in un centro di assistenza per l'effettuazione di una rettifica meccanica.

La rettifica elettronica dell'asse di collimazione deve essere effettuata a seguito di lunghi spostamenti dello strumento su mezzi di trasporto di qualsiasi genere, dopo campagne di misure particolarmente logoranti a causa delle temperature e comunque prima dell'avvio di misure di alta precisione per le prove di carico su viadotti.

Lo schema di misura prevede il posizionamento di n. 4 riferimenti in un'area pianeggiante e riparata dall'irraggiamento solare diretto verso il cannocchiale dello strumento.

Lo strumento deve essere posizionato su un treppiede in legno sui punti denominati X1 ed X2. Dalla stazione X1 dovranno essere effettuate le letture L1 ed L2, affette rispettivamente dagli errori α_1 ed α_2 ; successivamente saranno effettuate le letture dalla stazione X2, affette dagli errori α_{1_1} ed α_{1_2} .

L'algoritmo di calcolo determina l'angolo di deviazione dell'asse di collimazione, e proporrà l'eventuale correzione dello stesso.

MISURE DI CONVERGENZA CON MIRE OTTICHE

Le misure di convergenza in galleria si effettuano controllando gli spostamenti assoluti nelle tre dimensioni di alcuni punti noti (mire ottiche, targets, ecc.) posizionati sulle pareti del cavo oppure sul fronte di avanzamento (misure di estrusione).

Descrizione e modalità esecutive

I punti di misura sono costituiti da prismi ottici o da mire ottiche diottriche reticolate, traggurate mediante un teodolite o distanziometro o con un rilievo dei movimenti sempre di tipo topografico tridimensionale, realizzato grazie ad una stazione totale servo assistita con sistema di puntamento automatico.

La misura si effettua come una normale triangolazione di precisione. La precisione della misura è pari a 1mm. L'elaborazione dei dati consente di risalire alla deformata del profilo di scavo ed agli spostamenti del fronte, nonché di valutarne l'evoluzione nel tempo.

Installazione

La procedura da seguire è la seguente:

- l'operatore deve acquisire i dati x, y, z ed orientamento (azimut) della rete topografica di riferimento attraverso la consegna di capisaldi (almeno tre) di coordinate note da parte del topografo di cantiere;
- man mano che il fronte di scavo avanza, l'operatore deve riposizionare i capisaldi (almeno tre, costituiti da prismi riflettenti) o in maniera fissa (tramite cementazione con malte a presa rapida delle piastre di supporto dei prismi) o in maniera mobile utilizzando opportuni dispositivi di fissaggio (boccole con innesto a baionetta) che garantiscano comunque la precisione ad ogni riposizionamento;
- il fissaggio dei capisaldi può avvenire prima o dopo la posa in opera del rivestimento di betoncino spruzzato, secondo le esigenze di cantiere e la necessità di sperimentare l'influenza della procedura di installazione sulle misure stesse.

Qualora il fissaggio avvenga prima della posa in opera del betoncino, il caposaldo deve avere comunque lunghezza sufficiente per essere utilizzato anche dopo la posa in opera di questo: in tale circostanza si deve proteggere la testa del caposaldo durante la posa in opera del betoncino tramite opportune cuffie di plastica.

I capisaldi fissati alla centina devono essere saldati con cordone di saldatura completo con lato uguale a non meno di metà del diametro. Come per i capisaldi fissati in roccia, quelli fissati alla centina devono avere lunghezza sufficiente e devono essere protetti adeguatamente per poter essere utilizzati anche dopo l'installazione dello *spritz-beton*. In ogni caso i capisaldi devono essere installati in modo tale da non intralciare il movimento delle macchine, da subire il minor numero possibile di interferenze e da permettere la prosecuzione del rilievo con schema reticolare.

Le coordinate dei capisaldi così installati devono essere controllate periodicamente (ogni tre settimane) onde valutarne la stabilità.

I punti di misura sono i "targets tape" (costituiti da superficie riflettente su supporto adesivo, dimensioni cm 3 x 3, 4 x 4, 5 x 5) che devono essere posizionati su opportune piastre di supporto o murate nella

struttura con malte cementizie a presa rapida o saldate sui chiodi da centina: l'installazione dei "targets" deve avvenire in modo da ottenere la migliore collimazione possibile rispetto alla stazione di misura.

Misure

Le operazioni che si devono osservare per il rilevamento delle coordinate dei punti di misura sono le seguenti:

- predisporre la stazione di misura, fissando il treppiede al terreno ed eseguire la "messa in bolla" del tacheometro;
- collimare i tre capisaldi di coordinate note in modo da conoscere, attraverso il programma dedicato presente all'interno dello strumento, la posizione della stazione di misura nel sistema di riferimento;
- procedere quindi al rilevamento di ogni "target" della sezione di misura;
- registrare e memorizzare i dati sulla memoria dello strumento.

I dati ricavati dalle misure vengono scaricati, in modo diretto, attraverso la memoria dello strumento al PC. Le informazioni ottenute dalle misure vengono in questo modo acquisite su PC ed elaborate con software opportuni.

Si ottengono così le coordinate di ogni "target" nel sistema di riferimento utilizzato ed è possibile verificare l'entità e la direzione degli spostamenti di ogni punto di misura.

I dati saranno poi presentati sia come tabulati sia come grafici e verranno utilizzati per eseguire le necessarie correlazioni alle misure ottenute dall'altra strumentazione in opera sulla sezione di monitoraggio.

MISURE GPS

La tecnologia GPS, esclusivamente in modalità statica nell'ambito delle attività di monitoraggio, potrà essere adottata per le seguenti applicazioni:

- Verifica stabilità vertici della rete di riferimento esterna;
- Monitoraggio punti di controllo su aree di grandi dimensioni.

Per quanto sopra, per l'uso della tecnologia GPS dovrà preliminarmente essere realizzata una rete di riferimento esterna rispetto all'area da monitorare.

I vertici della rete di riferimento, dovranno essere materializzati tramite piastre in acciaio dotate di apposita filettatura avente passo 5/8" (standard per centramento forzato di strumentazione topografica) fissate su strutture stabili e con cono di visibilità adeguato per la ricezione di segnali GPS.

Le coordinate dei vertici dovranno essere calcolate effettuando misure GPS in modalità statica (post-processing dei dati) con stazionamenti, per ogni baseline, non inferiori a 4 ore e frequenza di acquisizione non inferiore a 30 sec.

Tutte le baseline componenti i vari triangoli della rete dovranno essere “indipendenti”. La tecnica delle baseline “indipendenti” prevede che per n ricevitori accesi possano essere determinate n-1 baseline GPS, ciò al fine di poter iperdeterminare le misure ed effettuare le compensazioni rigorose dei dati acquisiti.

Le baseline GPS dovranno avere una lunghezza media di circa 5 Km e le differenze di lunghezza tra ogni baseline e le ulteriori baseline componenti la rete non dovrà essere mai maggiore del 20%. La ditta affidataria del servizio dovrà sottoporre al Direttore per l'esecuzione del contratto di ANAS S.p.A. un progetto di realizzazione della rete principale di riferimento, evidenziando le caratteristiche e le garanzie di stabilità di ogni singolo punto di riferimento scelto.

Specifiche tecniche

- GPS con tecnologia GNSS per il supporto dei seguenti sistemi di tracciamento: GPS, L1, L2, L2C, L5, GLONASS, GALILEO, BeiDou;
- Prestazioni RTK in modalità DGPS/RTCM;
- Numero di canali min. 120;
- Ricezione fino a 60 satelliti contemporaneamente su 2 frequenze;
- Latenza della posizione 0.02 sec;
- Standard di conformità RTK ISO17123-8;
- Precisione (rms) in post elaborazione:
 - Orizzontale: 3 mm + 0.1 ppm
 - Verticale: 3.5 mm + 0.4 ppm

Le acquisizioni GPS dovranno essere effettuate con riferimento al sistema WGS84, fissando, durante la misura di “zero”, le coordinate di uno dei vertici della rete tramite il collegamento dello stesso alla rete IGM95 o ad una rete di stazioni permanenti certificata dall'Istituto Geografico Militare Italiano.

Nessuna trasformazione di coordinate dovrà essere effettuata per le successive fasi di elaborazione dei dati.

Le coordinate degli altri vertici della rete di riferimento principale, dovranno essere determinate con riferimento al vertice n. 1 e tramite la tecnica delle baseline indipendenti di cui sopra.

Le tolleranze per la determinazione delle coordinate di ogni vertice, sono le seguenti:

- determinazione coordinate planimetriche: +/- 3 mm;
- determinazione quote: +/- 7 mm.

Documentazione

La ditta affidataria del servizio, dovrà consegnare ad ANAS S.p.A. sia le elaborazioni che i dati grezzi scaricati dalle strumentazioni o riportati nei libretti di campagna.

21.1 MINIPRISMA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.001 "MINIPRISMA"
- IG.10.120.025 "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- IG.10.0C "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera dei soli miniprismi.

Lo strumento dovrà essere dotato di un supporto orientabile e di una struttura metallica di protezione. Dovrà inoltre possedere un sistema di protezione dai raggi solari e una guarnizione per evitare infiltrazioni di acqua nella filettatura di attacco del prisma;

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. staffe di fissaggio, ecc.).

21.1.1 Descrizione

L'installazione di miniprismi permette di controllare gli spostamenti nelle tre direzioni dei punti di applicazione e, di conseguenza, le eventuali distorsioni relative ad un determinato allineamento di punti. Tipicamente vengono installati su strutture esistenti o in fase di realizzazione (gallerie, viadotti, fabbricati, muri, opere in cls, paratie, ecc.), ma se montate su appositi supporti (basi in cemento) possono essere utilizzati anche per il controllo dei movimenti dei fenomeni franosi.

Il miniprisma è costituito da un prisma in quarzo catarifrangente montato all'interno di una struttura metallica di protezione su un supporto orientabile e solidarizzato (mediante tasselli o resine epossidiche) alla struttura da monitorare.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale struttura metallica
- supporto orientabile
- tipo di riflettore al quarzo con precisione di lavorazione delle superfici di 2"
- dimensioni del quarzo ≥ 32 mm

21.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- assicurarsi che la porzione su cui installare lo strumento non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- verificare che il punto di installazione consenta la perfetta visibilità dello strumento da parte del sistema di lettura.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- eseguire con un trapano un foro di adeguate dimensioni;
- inserire il tassello;
- avvitare il miniprisma senza serrare eccessivamente;
- orientare il prisma in direzione del sistema di lettura (Stazione Totale). Tale lavorazione deve essere effettuata possibilmente da due persone: una adibita all'installazione ed orientazione del prisma ed una adibita al sistema di lettura e che darà indicazioni sul corretto orientamento del prisma;
- ad orientazione avvenuta, serrare sia con il tassello che con il supporto orientabile del prisma;
- effettuare una lettura di zero mediante Stazione Totale.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la posizione nello spazio del miniprisma e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Stazione Totale secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE" (cod. IG.10.120.025) e "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO".

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall'eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni mira ottica deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell'Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l'esecuzione dei reticoli delle mire ottiche.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al miniprisma (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

21.2 TARGET RIFLETTENTE (SIA ADESIVO CHE IMBULLONATO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.005 "TARGET RIFLETTENTE (sia adesivo che imbullonato)"
- IG.10.120.005.a "per ogni target riflettente adesivo"
- IG.10.120.005.b "per ogni target riflettente imbullonato"
- IG.10.120.025 "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- IG.10.0C "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera dei soli target.

Lo strumento dovrà avere dimensioni maggiori o uguali di 4 x 4 cm e, nel caso di target imbullonato, dovrà essere predisposto su supporto orientabile (compreso nel prezzo).

- orientare il target in direzione del sistema di lettura (Stazione Totale). Tale lavorazione deve essere effettuata possibilmente da due persone: una adibita all'installazione ed orientazione del target ed una adibita al sistema di lettura e che darà indicazioni sul corretto orientamento del target;
- ad orientazione avvenuta, serrare sia con il tassello che con il supporto orientabile del prisma;
- effettuare una lettura di zero mediante Stazione Totale.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la posizione nello spazio del target e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Stazione Totale secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE" (cod. IG.10.120.025) e "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO".

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall'eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni target deve essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell'Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l'esecuzione dei reticoli dei target.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al target (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

21.3 CAPOSALDO TOPOGRAFICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.120.010** "CAPOSALDO TOPOGRAFICO"
- **IG.10.120.025** "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- **IG.10.0C** "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera dei soli capisaldi topografici.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. staffe di fissaggio, ecc.).

21.3.1 Descrizione

L'installazione di capisaldi topografici permette di controllare gli spostamenti verticali dei punti di applicazione e, di conseguenza, le eventuali distorsioni relative ad un determinato allineamento di capisaldi. Tipicamente vengono installati sul piano campagna, ma anche su strutture, edifici, fabbricati.

I capisaldi sono costituiti da particolari chiodi o borchie saldate a barre ad aderenza migliorata, che vengono solidarizzati al terreno mediante basamenti in cemento o ancorati alle strutture mediante perforazione con trapano e successiva cementazione (o ad espansione).

L'Affidatario dovrà:

- provvedere a quanto necessario affinché tutte le imprese operanti si avvalgano e facciano riferimento ad un'unica rete di capisaldi in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli);
- provvedere a quanto necessario per evitare manomissioni del reticolo di capisaldi. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti (anche non dipendenti

dall'Impresa) di qualsiasi natura, il reticolo (o singoli capisaldi) risultasse manomesso, sarà cura dell'Affidatario provvedere ai necessari ripristini;

- provvedere all'installazione delle modine necessarie a definire con la massima precisione il profilo delle scarpate di scavi e rilevati;
- mettere a disposizione della DL, ove richiesto, la documentazione necessaria per l'esecuzione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuno effettuare, sia per la verifica dei capisaldi sia per eventuali controlli in fase di costruzione.

21.3.2 Modalità esecutive

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con eventuali sottoservizi.

I capisaldi dovranno presentare, ben visibile sulla parte superiore, una borchia metallica con l'indicazione del numero del vertice o caposaldo ed una testa emisferica per la battuta topografica.

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare che il punto di installazione consenta la perfetta esecuzione delle misure e che sia lontano da eventuali elementi interferenti.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- La borchia dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro (minimo ϕ 12) ad aderenza migliorata di idonea lunghezza ($L \geq 50 - 100$ cm). Esecuzione di un foro nel terreno di pari lunghezza e cementazione con malta del caposaldo in modo da renderlo solidale al terreno. Il tutto dovrà essere protetto da pozzetto in cls., con coperchio carrabile in ghisa;
- effettuare una lettura di zero mediante livello di precisione una volta che sia avvenuta la consolidazione del cemento.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la quota relativa del caposaldo e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Livello di alta precisione e stadia, secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di “STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE” (cod. IG.10.120.025) e “SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO” (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo “STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO” alla voce “MISURE ALTIMETRICHE DI ALTA PRECISIONE – LIVELLAZIONI GEOMETRICHE”

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall'eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni caposaldo dovrà essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell’Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l’esecuzione dei reticoli dei capisaldi.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al caposaldo (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

21.4 STAFFA LIVELLOMETRICA A PERNO O BULLONI TORICI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.015 “STAFFA LIVELLOMETRICA A PERNO O BULLONI TORICI”
- IG.10.120.015.a “per ogni staffa livellometrica a perno”
- IG.10.120.015.b “per ogni bullone torico”
- IG.10.120.025 “STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE”
- IG.10.0C “SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO”

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera delle sole staffe o perni.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. staffe di fissaggio, ecc.).

21.4.1 Descrizione

L'installazione delle staffe livellometriche permette di controllare gli spostamenti verticali dei punti di applicazione e, di conseguenza, le eventuali distorsioni relative ad un determinato allineamento di staffe. Tipicamente vengono installati sulle pareti verticali di strutture, edifici, fabbricati, ecc..

Le staffe livellometriche e i bulloni torici sono costituiti da particolari chiodi, o perni, solidarizzati alle pareti delle strutture mediante perforazione con trapano e successiva cementazione (o ad espansione). Si tratta, in pratica, di capisaldi topografici per misure in verticale.

La staffa livellometrica dovrà avere diametro minimo pari a 12mm e, per la parte da innestare nella struttura, dovrà essere ad aderenza migliorata. La staffa dovrà essere inserita nella struttura per una profondità di almeno 10cm e dovrà avere caratteristiche di indeformabilità tali da consentire la miglior accuratezza possibile delle misure.

L'Affidatario dovrà:

- provvedere a quanto necessario affinché tutte le imprese operanti si avvalgano e facciano riferimento ad un'unica rete di staffe in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli);
- provvedere a quanto necessario per evitare manomissioni del reticolo di staffe. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti (anche non dipendenti dall'Impresa) di qualsiasi natura, il reticolo (o singole staffe) risultasse manomesso, sarà cura dell'Affidatario provvedere ai necessari ripristini;
- mettere a disposizione della DL, ove richiesto, la documentazione necessaria per l'esecuzione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuno effettuare, sia per la verifica delle staffe sia per eventuali controlli in fase di costruzione.

21.4.2 Modalità esecutive

Le staffe, dovranno presentare, ben visibile, l'indicazione del numero del vertice ed una testa emisferica per l'aggancio della stadia di livellazione topografica.

La testa dovrà essere collegata tramite bullonatura o elettro-saldatura ad una barra di ferro a sezione quadrata che andrà debitamente fissata alla muratura del fabbricato ad una altezza tale da non subire manomissioni di sorte.

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare che il punto di installazione consenta la perfetta esecuzione delle misure e che sia lontano da eventuali elementi interferenti.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- eseguire, con un trapano, un foro di lunghezza (almeno 10cm) e diametro adatti alle dimensioni della staffa;
- inserire nel foro del cemento a presa rapida o resina epossidica;
- inserire la staffa mantenendola quanto più possibile in orizzontale;
- in caso di installazione di bulloni torici ad espansione, dopo aver eseguito il foro serrare il bullone mediante l'apposito tassello;
- effettuare una lettura di zero mediante livello di precisione una volta che sia avvenuta la consolidazione del cemento o della resina.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la quota relativa della staffa e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Livello di alta precisione e stadia, secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE" (cod. IG.10.120.025) e "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo "STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO" alla voce "MISURE ALTIMETRICHE DI ALTA PRECISIONE – LIVELLAZIONI GEOMETRICHE"

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l'andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall'eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni staffa dovrà essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell'Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l'esecuzione dei reticoli delle staffe.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla staffa (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

21.5 NASTRO LIVELLOMETRICO CON CODICE A BARRE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.020 "NASTRO LIVELLOMETRICO CON CODICE A BARRE"
- IG.10.120.025 "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- IG.10.0C "SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera dei soli nastri livellometrici.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. staffe di fissaggio, ecc.).

21.5.1 Descrizione

Come per le staffe livellometriche, l'utilizzo dei nastri livellometrici con codice a barre è pensato per controllare gli spostamenti verticali dei punti di applicazione. Tipicamente vengono installati sulle pareti verticali di strutture, edifici, fabbricati, ecc.

I nastri livellometrici sono costituiti da una striscia in alluminio o INVAR sulla quale è riportato un codice a barre. Il nastro è vincolato verticalmente alla struttura da monitorare mediante delle viti e viene poi letto mediante un Livello di alta precisione.

L'Affidatario dovrà:

- provvedere a quanto necessario affinché tutte le imprese operanti si avvalgano e facciano riferimento ad un'unica rete di nastri livellometrici in tutte le fasi di realizzazione del progetto (indagini, ingegneria, costruzioni, controlli);
- provvedere a quanto necessario per evitare manomissioni del reticolo di nastri livellometrici. Nel caso in cui, per esigenze di lavoro o in conseguenza di avvenimenti (anche non dipendenti dall'Impresa) di qualsiasi natura, il reticolo (o singole staffe) risultasse manomesso, sarà cura dell'Affidatario provvedere ai necessari ripristini;
- mettere a disposizione della DL, ove richiesto, la documentazione necessaria per l'esecuzione dei rilievi che la stessa ritenesse opportuno effettuare, sia per la verifica delle staffe sia per eventuali controlli in fase di costruzione.

Caratteristiche tecniche minime:

- materiale alluminio o INVAR
- lunghezza ≥ 40 cm
- tipo di lettura codice a barre

21.5.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare che il punto di installazione consenta la perfetta esecuzione delle misure e che sia lontano da eventuali elementi interferenti.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- posizionare il nastro livellometrico nella posizione di progetto disponendolo verticalmente e nel giusto verso;
- eseguire con un trapano i fori di lunghezza e diametro idonei alle dimensioni dei tasselli;
- posizionare il nastro e avvitarlo ai relativi tasselli;
- effettuare una lettura di zero mediante livello di precisione.

Misure

Le misure in esercizio verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta “misura di zero” con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell’installazione dello strumento.

Il dato da misurare è la quota relativa del nastro livellometrico e le sue variazioni nel tempo, rispetto alla lettura iniziale.

Le misure saranno effettuate tramite Livello di alta precisione, secondo le specifiche tecniche e strumentali descritte nel presente capitolato alle voci di “STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE” (cod. IG.10.120.025) e “SQUADRA DI TOPOGRAFI PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO” (cod. IG.10.0C) e nel presente capitolo “STRUMENTAZIONE PER MONITORAGGIO TOPOGRAFICO” alla voce “MISURE ALTIMETRICHE DI ALTA PRECISIONE – LIVELLAZIONI GEOMETRICHE”

La restituzione deve contenere tutte le informazioni utili per identificare la posizione e l’andamento nel tempo del punto considerato.

La frequenza delle misure dipenderà dalle lavorazioni in corso e dall’eventuale tipo di fenomeno in atto.

Per ogni nastro dovrà essere redatta una apposita monografia contenente tutte le informazioni idonee che permetteranno di rintracciarne la posizione. Detta monografia dovrà essere corredata da uno schizzo planimetrico con almeno tre distanze da punti particolari ben riconoscibili sul territorio.

È obbligo dell’Affidatario il reperimento di tutti i dati di partenza per l’esecuzione dei reticoli dei nastri.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi al nastro livellometrico (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di distanza e sulle possibili cause.

21.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

21.6 STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.120.025 "STAZIONE TOTALE AUTOMATICA E PIATTAFORMA SOFTWARE"
- IG.10.120.025.a "nolo stazione"
- IG.10.120.025.b "nolo piattaforma"
- IG.10.120.025.c "gestione della stazione totale robotizzata"

La voce si riferisce al noleggio mensile di una singola Stazione Totale automatica.

Nella computazione del noleggio andranno computate le voci di:

- Noleggio della Stazione Totale;
- Noleggio della piattaforma software;
- Gestione della Stazione Totale.

Le specifiche richieste per il noleggio sono di seguito illustrate.

NOLO STAZIONE

STAZIONE TOTALE AUTOMATICA

Noleggio per n. 1 Stazione Totale, comprensivo di: noleggio operativo, manutenzione ordinaria (inclusi i servizi di seguito indicati: manutenzione annuale ordinaria e certificazione annuale service, strumentazione sostitutiva in caso di malfunzionamenti o durante l'attività di manutenzione e calibrazione, aggiornamento firmware e software).

Le caratteristiche minime dello strumento dovranno essere le seguenti:

- accuratezza angolare: 0,5";

- accuratezza sulla distanza (con singolo prisma): 1 mm + 2 ppm;
- portata del distanziometro (con singolo prisma): 2500 m;
- portata del sistema di puntamento automatico del prisma: 1000 m.

ARMADIO UNITÀ DI ALIMENTAZIONE/COMUNICAZIONE

Quadro elettrico con grado di protezione almeno IP55, serratura e collegamenti tramite passacavi stagni completo dei seguenti componenti:

- componenti elettrici per alimentazione da 220V;
- batteria in tampone da 80 Ah;
- router 4G completo di antenna;
- sensore di temperatura;
- cabina di protezione per Stazione Totale dotata di sistema di chiusura a lucchetto.

INSTALLAZIONE

N. 1 tecnico esperto on site, escluso il basamento di supporto da pagarsi con le relative voci di elenco.

SUPPORTO TECNICO REMOTO, calcolato per operatività n. 1 stazione totale, comprendente:

- quality check;
- assistenza remota per la durata del progetto.

NOLO PIATTAFORMA

Noleggio per n. 1 piattaforma software costituita da:

- software;
- costi di licenza per connessione al software della singola stazione totale;
- gestione completa da remoto Stazione Totale (esecuzione cicli di misura programmati, cicli a necessità, misura stato bolla);
- interfaccia web compatibile con dispositivi tipo Mobile ed accesso dati da Browser a multilivello;
- impostazione di soglie di allarme su tre livelli con attivazione di allarmi (stato e/o superamento soglie) di tipo consequenziale;
- reportistica avanzata.

GESTIONE DELLA STAZIONE TOTALE ROBOTIZZATA

Supporto tecnico remoto, calcolato per operatività n. 1 Stazione Totale ed inclusi:

- quality check;
- assistenza remota per la durata del progetto.
- compresi i puntamenti necessari delle mire ottiche.

21.6.1 Descrizione

L'installazione di una Stazione Totale automatica permette di controllare gli spostamenti nelle tre direzioni di una serie di punti identificati da riflettori (come miniprismi, mire ottiche, target, ecc.). L'utilizzo delle Stazioni Totali è di primaria importanza nel monitoraggio geotecnico, poiché consente di effettuare una serie di misure, di alta precisione, secondo una frequenza di misura preimpostata.

Il sistema di monitoraggio dovrà permettere di controllare in continuo le opere, mediante la materializzazione di prismi riflettenti. Le stazioni robotiche dovranno seguire gli spostamenti dei singoli punti di controllo nello spazio (Est, Nord e Quota), a orario cadenzato o in modo continuo, con conseguente segnalazione ed invio di messaggi d'allarme, qualora si superino determinati spostamenti.

L'architettura del sistema presume che la Stazione Totale venga gestita completamente da un Personal Computer al quale è collegata mediante una connessione via radio o via cavo.

I dati rilevati vengono immediatamente archiviati nel database del software deputato a gestire lo strumento.

Presso il cantiere sarà ubicato il Server Locale che fungerà da centro nevralgico dell'intero sistema. Al termine di ogni ciclo di lettura, replicherà il database aggiornato e procederà all'analisi automatica dei dati in esso contenuti. Deputato a svolgere questa delicata funzione è un software che calcolerà una serie di parametri e verificherà la loro congruenza con le soglie definite in fase progettuale e controllerà lo stato di funzionamento di tutte le componenti costituenti il sistema (PC e strumento topografico ad esso collegato).

Successivamente a questa validazione automatica del dato, che sarà effettuata al termine di ogni ciclo di misura, è prevista una validazione manuale effettuata dall'Amministratore del Sistema (AS) con cadenza programmata ed ogni qualvolta la procedura di validazione automatica del dato rilevasse delle anomalie funzionali o valori fuori soglia.

L'Amministratore potrà essere dotato di una postazione Mobile direttamente collegabile sia al Server Locale che al PC GESTORE che guida la Stazione Totale e potrà quindi verificare in tempo reale i dati e lo stato dell'intero apparato da qualunque postazione remota

Se dalla validazione manuale dei dati dovessero emergere anomalie funzionali la cui risoluzione richieda l'intervento diretto sul posto, l'AS provvederà ad avvisare il personale preposto in cantiere che provvederà ad un sopralluogo e, se possibile, al ripristino del corretto funzionamento del sistema.

Nel caso in cui la verifica manuale effettuata al ricevimento di un segnale di allerta inviato dal Server Locale dovesse confermare il superamento delle soglie preimpostate e prescritte dal Committente, l'AS provvederà ad avviare la procedura pre-concordata con i vari responsabili (Impresa, DL, Progettista, Referenti vari, ecc.).

Caratteristiche tecniche minime

STAZIONE TOTALE AUTOMATICA

- Accuratezza angolare: 0,5";
- Accuratezza sulla distanza (con singolo prisma): 1 mm + 2 ppm;
- Portata del distanziometro (con singolo prisma): 2500 m;
- Portata del sistema di puntamento automatico del prisma: 1000 m.

ARMADIO UNITÀ DI ALIMENTAZIONE/COMUNICAZIONE

Quadro elettrico con grado di protezione almeno IP55, serratura e collegamenti tramite passacavi stagni completo dei seguenti componenti:

- Componenti elettrici per alimentazione da 220V;
- Batteria in tampone da 80 Ah;
- Router 4G completo di antenna;
- Sensore di temperatura;
- Cabina di protezione per Stazione Totale dotata di sistema di chiusura a lucchetto.

Il sistema dovrà essere composto da "Stazione Totale Robotizzata", in postazioni fisse.

Ogni singola stazione totale, per garantire la massima stabilità e consentire l'eventuale riposizionamento della bolla senza modifiche all'altezza strumentale, dovrà essere ubicata su basetta di posizionamento topografica a viti calanti.

L'architettura del sistema di monitoraggio, prevede che ad ogni Stazione Totale sia accoppiato un armadio definito "unità rover", avente le seguenti funzioni:

- Alimentazione: permette di alimentare il sistema tramite la connessione alla rete elettrica (230 Vac); e qualora si verificasse un'interruzione di corrente, svolge la funzione di gruppo di continuità UPS, ovvero la batteria in tampone da 55 Ah, consente il funzionamento dei

dispositivi per almeno 8 ore. Sono inoltre presenti adeguati apparati di protezione contro sovratensioni o sbalzi di alimentazione;

- Rover Unit: consente mediante router UMTS di collegare la Stazione Totale al Server, ove risiedono i software di gestione della stazione e quelli preposti per il calcolo. Permette, inoltre, il reset da remoto della stazione, qualora vi siano problemi sulla trasmissione dati.

Saranno, inoltre, a carico dell'Affidatario tutti gli adempimenti relativi alle occupazioni delle aree, al pagamento dei danni ai proprietari, all'accesso ai punti lettura, pulizia delle aree, e quant'altro dovesse servire per rendere e mantenere il servizio funzionante.

Per regola generale, nello svolgimento dei servizi l'Affidatario dovrà attenersi alle migliori regole dell'arte, nonché alle prescrizioni che verranno di seguito dettate per le diverse operazioni. Per tutte le attività l'Affidatario dovrà seguire i migliori procedimenti dettati dalla tecnica ed attenersi alle disposizioni impartite dal Committente. Per l'esecuzione dei servizi dovranno essere inoltre rispettate le normative vigenti, le norme tecniche.

Di seguito si richiama l'attenzione su alcuni oneri particolari, a cui l'Affidatario è tenuto in quanto compresi nel compenso complessivo previsto:

- disporre che le attività in sito siano condotte alla presenza del tecnico indicato quale Responsabile di Cantiere;
- definire i valori di attenzione e di allarme;
- inserimento dei dati nella Piattaforma web dedicata;
- interfacciarsi con tutti i soggetti preposti al Monitoraggio: Responsabili Interferometria terrestre, Responsabile misure geotecniche, vari ed eventuali;
- curare la redazione dei rapporti da sottoscrivere e della restante documentazione prevista.

L'Affidatario non potrà nulla pretendere per eventuali ritardi, nell'ultimazione dei servizi, dovuti a difficoltà nell'ottenimento delle relative autorizzazioni.

21.6.2 Modalità esecutive

Secondo tempistiche e posizioni da verificare sul campo. A carico dell'Affidatario.

Al fine di garantire la stabilità della Stazione topografica, per tutta la durata della campagna di monitoraggio, la stessa dovrà essere posizionata su adeguata e solida base di appoggio installate su apposti "pilastri di riferimento". Qualora non fosse disponibile in sito una base di appoggio che garantisca la stabilità del sistema, dovrà essere realizzato un basamento fisso di dimensioni adeguate.

In generale, l'Abitacolo per Stazione Totale sarà composto da:

- Piastra Speciale per Pilastrino in C/A, in Acciaio AISI304 Lucidata in superficie, diametro 250 mm;
- Tre fori per l'ancoraggio con tasselli tipo FISHER, Filettatura 5/8" per Basamento GDF;
- Alloggiamento di prima Protezione, per Postazione Fissa di Misura, per pronta installazione su Fondazione, su superficie piana e stabile o a mensola;
- Cabinetta in profilato con pareti in legno e Vetro speciale SUPER WHITE anti-aberrante, visibilità di collimazione a 360°.

A questo si dovrà associare un adeguato sistema di trasmissione dei dati in remoto tramite scheda dedicata.

I costi per la realizzazione delle strutture, l'eventuale presidio dell'area oggetto di installazione ed i costi per la fornitura di alimentazione elettrica, tramite gestore di rete o sistemi ausiliari (pannelli solari, batterie, ecc.) che garantiscano il funzionamento 24h dello strumento, sono a carico dell'affidatario.

Misure

La gestione dei sensori in campo è svolta da software "dedicati", lo stesso, attraverso protocolli di comunicazione bi-direzionali, provvede all'esecuzione delle misure, secondo intervalli cadenzati o a ciclo continuo e archivia i risultati all'interno di un database relazionale o SQL.

Su ciascun prisma dovranno essere effettuate almeno n. 4 misure, di cui 2 in posizione dritta e 2 in posizione capovolta, in modo da eliminare l'errore strumentale d'indice.

La connessione tra il Server e la Stazione Totale dovrà avvenire tramite una connessione internet basata su determinati protocolli, in modo che sia possibile registrare un dominio associato ad un IP dinamico come IP statico.

Per l'elaborazione dei dati, dovrà essere adottato un software "adeguato", il quale essendo sempre attivo, permette di raccogliere i dati contenuti all'interno del DB SQL o equivalente, di rielaborare le informazioni secondo i criteri impostati, di gestire eventuali eventi di allarme ed infine di rendere disponibili le informazioni ad altri software per la rappresentazione grafica dei dati.

La prima operazione del software dovrà essere quella di replicare i dati grezzi acquisiti in campo, successivamente dovrà eseguire il calcolo impostato (orientamento + fattore di scala) utilizzando i punti di riferimento definiti, questa operazione, in particolare, comporta il passaggio da coordinate vettoriali a coordinate cartesiane e l'eventuale calcolo delle velocità di spostamento, costituisce inoltre, un'ulteriore validazione dei dati acquisiti sulla base dei filtri impostati.

Successivamente, in funzione della configurazione impostata, dovranno essere generate mail di allarme e di file riepilogativi (in formato .csv) contenenti una copia dei dati acquisiti dal programma dedicato e le 3 coordinate cartesiane dedotte dal tipo di calcolo impostato.

Il calcolo di orientamento e fattore di scala dovrà essere eseguito mediante i seguenti passaggi:

- Calcolo delle coordinate cartesiane provvisorie dei punti di riferimento misurati considerando il punto di stazione nella posizione definita nelle proprietà del sensore e mantenendo l'orientamento strumentale;
- Calcolo della trasformazione (rotazione + fattore di scala) mediante le doppie coordinate dei punti di riferimento (note e provvisorie calcolate) con procedura ai minimi quadrati;
- Calcolo delle coordinate definitive di tutti i punti applicando la rotazione ed il fattore di scala calcolati alle misure.

Il calcolo di correzione dell'angolo Verticale dovrà essere eseguito mediante i seguenti passaggi:

- Calcolo delle quote provvisorie dei punti di riferimento misurati considerando il punto di stazione alla quota definita nelle proprietà del sensore;
- Calcolo della trasformazione (rotazione angolo Verticale) mediante le doppie quote dei punti di riferimento (note e provvisorie calcolate) con procedura ai minimi quadrati;
- Calcolo delle quote definitive di tutti i punti applicando la trasformazione alle misure.

Successivamente, per tutti gli strumenti in acquisizione automatica si dovrà predisporre, da parte dell'Affidatario, la validazione dei dati almeno una volta al giorno. All'occorrenza, in funzione dei risultati, anche più volte al giorno.

In relazione a tutte le operazioni tecniche oggetto dei servizi l'Affidatario, dopo un primo periodo di letture, ricaverà i valori di soglia di attenzione e di allarme per questi strumenti, inoltre attiverà il sistema per l'acquisizione in automatico e sarà il soggetto, insieme al tecnico informatico, che organizzerà il flusso dei dati (database, invio tramite mail a sito dedicato, ecc.).

Sulla base dei dati sopra descritti, sarà possibile, in caso vengano identificati settori soggetti a spostamento, eseguire la perimetrazione di tali aree e definire l'estensione areale delle zone in movimento rispetto a quelle stabili.

Ulteriori prodotti o informazioni potranno essere forniti in caso di specifica esigenza della Committenza.

Tutti gli elaborati tecnici saranno redatti, timbrati e firmati, per conto dell'Affidatario, da un tecnico abilitato.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- grafici per punto di ogni variazione delle coordinate X, Y, Z;

- grafici per punto delle coordinate polari (Hz, V, Dist.) misurate dalla Stazione Totale;
- grafici per punto delle variazioni di distanza orizzontale o dei dislivelli;
- grafici dell'andamento della stabilità della Stazione Totale;
- grafici di grandezze non legate alle misure topografiche;
- planimetria dei vettori spostamento 3D per ogni punto di misura;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti gli spostamenti e sulle possibili cause.

Tutte le misure saranno validate e caricate sul Database saranno inviate o caricate su link o piattaforme dedicate, il giorno successivo alla lettura stessa

Mensilmente sarà messo a disposizione un report tecnico sull'andamento del monitoraggio:

- caratteristiche della postazione di monitoraggio e del sito in esame;
- attività svolte e dati acquisiti;
- risultati derivanti dall'analisi dei dati acquisiti;
- interpretazione dei risultati.

21.6.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

22 ACQUISIZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI

Nell'ambito del monitoraggio geotecnico, le misure dei vari strumenti possono essere effettuate in due modalità:

- Misure manuali;

- Misure automatiche.

Le misure manuali si effettuano direttamente sul posto utilizzando lo strumento di acquisizione più idoneo (centraline portatili, sonde, comparatori, freatimetri, ecc.).

Le misure automatiche si effettuano, invece, mediante apposite Unità di Acquisizione Dati (UAD) o Dataloggers. Tali unità vengono solitamente installate in un punto sicuro e al riparo da eventuali interferenze e sono deputate all'acquisizione dei dati dei vari strumenti di monitoraggio mediante collegamenti diretti con cavi multipolari o mediante trasmissione wireless.

L'automatizzazione è possibile solo in caso di utilizzo di strumenti tipo sensori. Pertanto alcuni strumenti (es. piezometri di Casagrande o a tubo aperto, inclinometri in ABS o alluminio, estensimetri multibase, ecc.) per essere automatizzati hanno bisogno di essere centralizzati mediante appositi sensori (trasduttori di pressione, trasduttori di spostamento, ecc.).

A loro volta le UAD si possono suddividere in due gruppi principali a seconda del tipo di comunicazione con i vari strumenti di monitoraggio:

- Dataloggers collegati tramite cavi multipolari;
- Dataloggers wireless.

Al primo gruppo fa riferimento la voce di capitolato "DATALOGGER" (cod. IG.10.130.001), mentre al secondo gruppo fa riferimento la voce di capitolato "UNITÀ WIRELESS E GATEWAY" (cod. IG.10.130.005).

A prescindere dalla tecnologia adottata per l'acquisizione dei dati, gli stessi verranno trasmessi ad un Server dedicato tramite un apposito Sistema di Trasmissione Dati GSM/GPRS interno alla UAD.

I dati trasmessi al server saranno poi emessi secondo due modalità principali:

- Emissione dati CON piattaforma web di distribuzione dati (SDD – Sistema Distribuzione Dati);
- Emissione dati SENZA piattaforma web di distribuzione dati (SDD).

È onere dell'affidatario incaricato di gestire e trasmettere i dati, la verifica e tempestiva comunicazione di qualsiasi problematica inerente l'assenza dei dati anche per brevi periodi (ad es. per mancanza di alimentazione degli strumenti di monitoraggio in sito, rottura degli strumenti, rottura dei cavi, ecc.) con descrizione del tipo di problematica e la stima dei tempi di ripristino.

Si dovrà prevedere l'installazione delle varie Unità di Acquisizione Dati (UAD) in punti sicuri e di facile accesso alle operazioni di manutenzione.

Dovrà essere verificata la congruenza dei dati acquisiti dalle UAD raffrontando i valori emessi direttamente dai vari strumenti con quelli emessi dalle UAD a seguito dei collegamenti.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

22.1 DATALOGGER

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.130.001 "DATALOGGER"
- IG.10.130.001.1 "fornitura e posa in opera"
- IG.10.130.001.2 "nolo mensile o frazione"
- IG.10.130.001.3 "assistenza al nolo"
- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"
- IG.10.130.010.1 "emissione dati CON piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"
- IG.10.130.010.5 "emissione dati SENZA piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"

Per l'acquisizione in automatico e la trasmissione dei dati strumentali di monitoraggio.

Dovrà essere garantita una Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,01\%$ FS, un *range* sulle temperature di esercizio di almeno $-30^{\circ}\text{C} / +70^{\circ}\text{C}$ e una protezione almeno IP67.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. telaio di supporto, strutture di fissaggio, staffe, armadietto, schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento interni e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, software, ecc.).

Nel caso di "NOLO MENSILE O FRAZIONE" (cod. IG.10.130.001.2) nel costo non è inclusa l'installazione del Datalogger, che sarà quindi computata a parte con apposita voce di elenco ("SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO ..." cod. IG.10.0D).

Nell' "ASSISTENZA AL NOLO" (cod. IG.10.130.001.3) il costo è relativo all'assistenza di personale specializzato per la corretta gestione e funzionalità del sistema. È incluso altresì la manutenzione del sistema (con risoluzione di eventuali malfunzionamenti) e la segnalazione di eventuale malfunzionamenti dei sensori ad esso collegati.

Le varie UAD dovranno essere obbligatoriamente munite di batteria tampone per sopperire all'eventuale mancanza temporanea di alimentazione elettrica.

22.1.1 Descrizione

I Dataloggers sono delle Unità Acquisizione Dati deputate, in un sistema di centralizzazione della rete di monitoraggio, al ricevimento e alla trasmissione dei dati verso un Server dedicato.

Il collegamento con i vari strumenti di monitoraggio avviene mediante cavi multipolari aventi specifiche caratteristiche qualitative.

I Datalogger sono composti da una struttura ad armadietto o a scatola, montata su un adeguato telaio di supporto ed alimentata direttamente alla rete elettrica o tramite pannelli solari dedicati.

All'interno dell'armadietto è presente una serie di componenti quali: schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, ecc.

I Dataloggers possono contenere una o più schede di acquisizione dette multiplexer (o MUX). Ogni MUX è composto da un numero variabile di canali (generalmente sino ad un massimo di 32 canali). Il numero di canali che saranno occupati è dipendente dal numero e dal tipo di strumenti collegati. Alcuni strumenti trasmettono il segnale tramite 2 coppie di cavi (cavo multipolare a 2 coppie), altri tramite 3 coppie, ecc. Quindi, a seconda dei casi, ogni strumento potrà occupare uno, due o più canali del MUX.

Per aumentare la capacità del Datalogger di acquisire un numero più elevato di strumenti basterà aumentare al suo interno il numero di Schede Multiplexer (generalmente massimo 6).

I Datalogger verranno pertanto suddivisi in base alla loro "capacità" di leggere un determinato numero di strumenti. Tale "capacità" è espressa dal numero totale di canali presenti sul singolo Datalogger.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale armadietto acciaio inox o alluminio o plastica
- grado di protezione IP67
- precisione totale $\pm 0,01\%$ FS
- campo di temperatura - 30 °C / + 70 °C

22.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di capacità di misura, alla tipologia ed alla quantità di strumenti ad esso collegati;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;

- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- evitare di installare il Datalogger in prossimità di cavi dell'alta tensione o altre possibili fonti di interferenza del segnale;
- assemblare in laboratorio tutte le componenti interne per facilitare le operazioni di installazione su campo;
- Predisporre a ridosso della UAD un sistema di alimentazione, o mediante corrente diretta o installando un pannello solare.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- tutte le operazioni sulla UAD andranno eseguite scollegando preventivamente l'alimentazione elettrica;
- installare il telaio di supporto in un punto sicuro e di facile accesso. Prediligere una posizione defilata e lontana da fonti di interferenza. Ancorare il telaio al terreno o ad una parete mediante tasselli ad espansione o barre filettate solidarizzate con cemento o resina epossidica;
- inserire i cavi nell'armadietto dall'apposito passaggio munito di strozzacavi;
- verificare, prima di collegare i cavi multipolari ai relativi MUX, che il segnale dei vari strumenti sia stabile e i dati congruenti;
- collegare le coppie dei vari cavi multipolari sui rispettivi canali dei MUX e annotare tutti i collegamenti su un apposito modulo;
- collegare la UAD all'alimentazione elettrica;
- verificare la funzionalità del modulo di trasmissione dati;
- effettuare uno scarico dei dati e in caso di malfunzionamento o errori nelle letture, mettere in pratica quanto necessario a risolvere il problema.

Misure

Le misure verranno effettuate mediante l'invio dei dati dalla UAD direttamente ad un Server dedicato.

I dati confluiranno quindi all'interno di un CED (Centro Elaborazione Dati) e potranno essere emessi o mediante un apposito Sistema di Distribuzione Dati (SDD) o mediante l'invio di report in formato cartaceo o digitale (.pdf, .doc, .csv, ecc.).

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi ai vari strumenti (nome, posizione rispetto alla struttura, quote, data della misura di zero, ecc.);

- grafici e tabulati dei diversi valori misurati nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei valori e sulle possibili cause.

22.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero dei vari strumenti;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

22.2 UNITÀ WIRELESS E GATEWAY

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.130.005 "UNITÀ WIRELESS E GATEWAY"
- IG.10.130.005.1 "fornitura e posa in opera"
- IG.10.130.005.2 "nolo mensile o frazione"
- IG.10.130.005.3 "assistenza al nolo"
- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"
- IG.10.130.010.1 "EMISSIONE DATI CON PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI (SDD)"
- IG.10.130.010.5 "EMISSIONE DATI SENZA PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI (SDD)"

La presente voce è relativa ai Dataloggers wireless per l'acquisizione/trasmissione senza fili dei dati strumentali di monitoraggio. I Dataloggers wireless prevedono un collegamento di tipo: strumento-unità wireless-gateway.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. telaio di supporto, strutture di fissaggio, staffe, armadietto, schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di

collegamento interni e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, software, ecc.).

Nel caso di "NOLO MENSILE O FRAZIONE" (cod. IG.10.130.005.2) nel costo non è inclusa l'installazione del Datalogger, che sarà quindi computata a parte con apposita voce di elenco ("SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO ..." cod. IG.10.0D).

Nell' "ASSISTENZA AL NOLO" (cod. IG.10.130.005.3) il costo è relativo all'assistenza di personale specializzato per la corretta gestione e funzionalità del sistema. È incluso altresì la manutenzione del sistema (con risoluzione di eventuali malfunzionamenti) e la segnalazione di eventuale malfunzionamenti dei sensori ad esso collegati.

Le varie UAD dovranno essere obbligatoriamente munite di batteria tampone per sopperire all'eventuale mancanza temporanea di alimentazione elettrica.

22.2.1 Descrizione

I Dataloggers wireless sono delle Unità Acquisizione Dati deputate, in un sistema di centralizzazione della rete di monitoraggio, al ricevimento e alla trasmissione dei dati verso un Server dedicato.

Il collegamento con i vari strumenti di monitoraggio avviene mediante tecnologia wireless. Ogni strumento di monitoraggio trasmette i propri dati ad una centralina Gateway mediante delle unità wireless dedicate.

Le componenti sono così composte:

- UNITÀ WIRELESS. Provvede all'acquisizione dei dati di uno o più sensori (di solito massimo 4) e li invia in tempo reale all'unità GATEWAY. Le unità wireless sono digitalizzatori ad alta precisione con bassissimo consumo e capacità di trasmissione fino a 15 km;
- UNITÀ GATEWAY. Unità di centralizzazione e trasmissione dati mediante rete GSM/GPRS. I dati strumentali inviati dalle diverse unità wireless vengono da qui trasmessi al server principale e successivamente elaborati.

I Dataloggers wireless sono composti da una struttura ad armadietto o a scatola, montata su un adeguato telaio di supporto ed alimentata direttamente alla rete elettrica o tramite pannelli solari dedicati.

All'interno dell'armadietto è presente una serie di componenti quali: schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, ecc..

Caratteristiche tecniche minime

- UNITÀ WIRELESS
 - tipo nodo a 2 o 4 canali
 - accuratezza voltaggio +/- 0,05 % FS

- accuratezza potenziometro +/- 0,02 % FS
- grado di protezione IP67
- UNITÀ GATEWAY
 - materiale armadietto acciaio inox o alluminio o plastica
 - potenza nominale 3W
 - tipo di modem 3G integrato
 - Temperatura di esercizio - 20 / + 60 °C
 - grado di protezione IP67

22.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di capacità di misura, alla tipologia ed alla quantità di strumenti ad esso collegati;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- evitare di installare il Datalogger in prossimità di cavi dell'alta tensione o altre possibili fonti di interferenza del segnale;
- assemblare in laboratorio tutte le componenti interne per facilitare le operazioni di installazione su campo;
- predisporre a ridosso dell'unità Gateway un sistema di alimentazione, o mediante corrente diretta o installando un pannello solare;
- verificare la carica delle batterie delle unità wireless.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- tutte le operazioni sulla UAD andranno eseguite scollegando preventivamente l'alimentazione elettrica;
- installare il telaio di supporto in un punto sicuro e di facile accesso. Prediligere una posizione defilata e lontana da fonti di interferenza. Ancorare il telaio al terreno o ad una parete mediante tasselli ad espansione o barre filettate solidarizzate con cemento o resina epossidica;
- installare in prossimità dei vari strumenti di monitoraggio le diverse unità wireless;

- verificare, prima di ogni collegamento, che il segnale dei vari strumenti sia stabile e i dati congruenti;
- predisporre il collegamento Wi-Fi tra le varie unità wireless e l'unità Gateway;
- alimentare l'unità Gateway;
- verificare la funzionalità del modulo di trasmissione dati;
- effettuare uno scarico dei dati e in caso di malfunzionamento o errori nelle letture, mettere in pratica quanto necessario a risolvere il problema.

Misure

Le misure verranno effettuate mediante l'invio dei dati dalla UAD direttamente ad un Server dedicato.

I dati confluiranno quindi all'interno di un CED (Centro Elaborazione Dati) e potranno essere emessi o mediante un apposito Sistema di Distribuzione Dati (SDD) o mediante l'invio di report in formato cartaceo o digitale (.pdf, .doc, .csv, ecc.).

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi ai vari strumenti (nome, posizione rispetto alla struttura, quote, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei diversi valori misurati nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei valori e sulle possibili cause.

22.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero dei vari strumenti;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

22.3 MISURE TRAMITE UAD

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"
- IG.10.130.010.1 "emissione dati CON piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"
- IG.10.130.010.1.1 "per numero di strumenti caricati < 200"
- IG.10.130.010.1.2 "per numero di strumenti caricati da ≥ 200 a < 500"
- IG.10.130.010.1.3 "per numero di strumenti caricati ≥ 500 "
- IG.10.130.010.5 "emissione dati SENZA piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"
- IG.10.130.010.5.a "per numero di strumenti caricati < 200"
- IG.10.130.010.5.b "per numero di strumenti caricati da ≥ 200 a < 500"
- IG.10.130.010.5.c "per numero di strumenti caricati ≥ 500 "

La presente voce è relativa all'emissione dei dati di monitoraggio acquisiti tramite qualsiasi UAD (Unità Acquisizione Dati) fissa, sia che si tratti di Datalogger collegati con cavi multipolari che di Datalogger wireless.

Tale voce non include le letture dei vari strumenti effettuate manualmente tramite centraline portatili, sonde, comparatori, freatimetri, ecc..

L'emissione del dato è suddivisa in base al numero di strumenti che complessivamente sono trasmessi e successivamente caricati sul Server principale da tutte le UAD presenti sul sito di monitoraggio.

L'utilizzo del sistema di emissione dei dati tramite SDD sarà computato solo se espressamente richiesto o approvato da ANAS.

Nel caso di utilizzo di piattaforma web SDD, oltre al costo mensile di emissione dei dati, sarà previsto un costo di approntamento (incluso il primo mese di emissione dati) per adeguare la piattaforma alle specifiche del sito di monitoraggio. L'affidatario dovrà provvedere alla personalizzazione della piattaforma, secondo le esigenze indicate da ANAS, senza ulteriori costi.

22.3.1 Descrizione

Nell'emissione dei dati di monitoraggio sono previste due specifiche voci:

- emissione dati CON piattaforma web di distribuzione dati (SDD);
- emissione dati SENZA piattaforma web di distribuzione dati (SDD).

[EMISSIONE DATI CON PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI \(SDD\)](#)

Nel prezzo del servizio è compreso l'approntamento e la gestione della piattaforma per ogni singolo sito, per tutta la durata del monitoraggio.

Le frequenze di lettura e di caricamento saranno stabilite di volta in volta in base alle esigenze progettuali.

Il Sistema di Distribuzione Dati (SDD) è inteso come mezzo di visualizzazione ed interrogazione dei dati di monitoraggio di un Centro Elaborazione Dati (CED).

Il costo del servizio dovrà necessariamente includere:

- caricamento e validazione dei dati di monitoraggio;
- aggiornamento e implementazione delle mappe;
- assistenza;
- attivazione delle utenze;
- tutte le verifiche e le manutenzioni per offrire un servizio efficiente e perfettamente funzionante e costantemente aggiornato;
- attivazione, verifica e manutenzione dei sistemi di warning;
- verifica e tempestiva comunicazione di qualsiasi problematica inerente l'assenza dei dati anche per brevi periodi (ad es. per mancanza di alimentazione degli strumenti di monitoraggio in sito, rottura degli strumenti, rottura dei cavi, ecc.) con descrizione del tipo di problematica e la stima dei tempi di ripristino.

Ad ogni strumento dovranno essere obbligatoriamente associati documenti quali:

- scheda di installazione (con dettagli sull'installazione e sulle specifiche dello strumento e con foto sia di dettaglio che a distanza);
- scheda di taratura (se prevista);
- dati ad esso associati;
- eventi legati allo strumento.

Ad ogni strumento sarà obbligatorio associare una nota riportante tutti gli eventi significativi legati allo strumento durante il corso del monitoraggio.

L'utilizzo del sistema di emissione dei dati tramite SDD sarà computato solo se espressamente richiesto o approvato da ANAS.

L'affidatario dovrà provvedere alla personalizzazione della piattaforma secondo le esigenze indicate da ANAS.

[EMISSIONE DATI SENZA PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI \(SDD\)](#)

Nel prezzo del servizio è compreso l'emissione dei dati di monitoraggio mediante invio delle elaborazioni in formato cartaceo o digitale (.pdf, .doc, ecc.).

Le frequenze di lettura e di caricamento saranno stabilite di volta in volta in base alle esigenze progettuali.

Il costo del servizio dovrà necessariamente includere:

- elaborazione e validazione dei dati di monitoraggio;
- assistenza;
- tutte le verifiche e le manutenzioni per offrire un servizio efficiente e perfettamente funzionante e costantemente aggiornato;
- attivazione, verifica e manutenzione dei sistemi di warning;
- verifica e tempestiva comunicazione di qualsiasi problematica inerente l'assenza dei dati anche per brevi periodi (ad es. per mancanza di alimentazione degli strumenti di monitoraggio in sito, rottura degli strumenti, rottura dei cavi, ecc.) con descrizione del tipo di problematica e la stima dei tempi di ripristino.

Con la prima emissione ad ogni strumento dovranno essere obbligatoriamente associati documenti quali:

- scheda di installazione (con dettagli sull'installazione e sulle specifiche dello strumento e con foto sia di dettaglio che a distanza);
- scheda di taratura (se prevista);
- dati ad esso associati.

Nei successivi invii sarà obbligatorio associare una nota riportante tutti gli eventi significativi legati allo strumento durante il corso del monitoraggio.

22.3.2 Modalità esecutive

Per le specifiche inerenti l'architettura della piattaforma SDD e sulla gestione e passaggio delle informazioni si rimanda alle "Linee Guida sul Monitoraggio Geotecnico" di ANAS.

Il sistema SDD dovrà prevedere un sistema di archiviazione dati su database SQL o equivalente, garantendo la totale sicurezza dei dati.

La piattaforma web di gestione dovrà avere le seguenti funzionalità:

- consentire l'accesso alle informazioni solamente agli utenti autorizzati;
- archiviare e visualizzare tutti i documenti;
- archiviare e visualizzare le tavole di progetto;
- visualizzare gli elaborati relativi al monitoraggio;

- raggruppare gli elaborati secondo una struttura logica;
- consentire il download degli elaborati;
- visualizzare le informazioni all'interno di una planimetria (GIS).

Il sistema di gestione dati dovrà garantire la riservatezza delle informazioni attraverso un accesso protetto da password fornito esclusivamente agli utenti autorizzati. Inoltre dovrà consentire la corretta archiviazione di tutti i documenti, dalle tavole di progetto alle relazioni tecniche con possibilità di visualizzazione online.

Infine, si potrà avere la possibilità d'interagire con la planimetria dell'area, visualizzando i diversi "layers" (isolinee e stradale), la planimetria dell'intervento e la posizione degli strumenti di monitoraggio. All'occorrenza, dovrà essere pensato per gestire in tempo reale su sito Web i dati generati con macchine di scavo meccanizzate.

Il Sistema SDD dovrà presentare almeno le seguenti peculiarità:

- la banca dati risiederà fisicamente su un unico computer ma sarà consultabile a chiunque abbia una connessione internet, secondo diversi livelli di accesso e conseguentemente di disponibilità delle informazioni;
- qualsiasi utente avrà accesso al sistema senza la necessità di avere i software dedicati installati sul suo computer ma utilizzando i programmi residenti sul server;
- si dovrà prevedere almeno la realizzazione di due postazioni, una ubicata in area locale e una presso l'entità che gestisce il server Web.

Misure

Le misure verranno effettuate mediante l'invio dei dati dalla UAD direttamente ad un Server dedicato.

I dati confluiranno quindi all'interno di un CED (Centro Elaborazione Dati) e potranno essere emessi o mediante un apposito Sistema di Distribuzione Dati (SDD) o mediante l'invio di report in formato cartaceo o digitale (.pdf, .doc, .csv, ecc.).

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi ai vari strumenti (nome, posizione rispetto alla struttura, quote, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei diversi valori misurati nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei valori e sulle possibili cause.

22.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero dei vari strumenti;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

23 DISINSTALLAZIONE STRUMENTI

Nell'ambito del monitoraggio geotecnico e geomorfologico è necessario prevedere non solo le più comuni fasi di installazione, lettura ed emissione dei dati, ma anche tutte quelle attività necessarie una volta che il monitoraggio sia terminato.

A completamento di un monitoraggio, che può durare pochi mesi o molti anni, potrebbe essere necessario provvedere alla disinstallazione degli strumenti precedentemente installati.

In alcuni casi tali strumenti non saranno più utilizzabili (perché magari non più funzionanti), in altri potrebbe essere possibile prevederne lo stoccaggio in previsione di un futuro riutilizzo.

Tutti gli strumenti funzionanti dovranno essere restituiti ad ANAS, mentre gli strumenti non più funzionanti saranno smaltiti secondo le disposizioni di legge vigenti al momento della disinstallazione.

A seguito della disinstallazione, e prima dell'eventuale smaltimento a discarica degli strumenti rotti, l'affidatario dovrà indicare la funzionalità o meno dei vari strumenti. ANAS si riserva di effettuare, per gli opportuni riscontri, la verifica di funzionalità della strumentazione.

La voce di prezzo delle disinstallazioni si riferisce unicamente a strumenti, di proprietà ANAS, per cui è stata prevista la fornitura e la posa in opera.

La voce "disinstallazioni" non si applica in alcun modo alla strumentazione a noleggio.

Occorre che l'Affidatario preli la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

Prima di procedere alla disinstallazione degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

L'Affidatario è ritenuto responsabile di tutti gli eventuali danni che la strumentazione dovesse subire durante le fasi di disinstallazione.

È onere dell'affidatario il ripristino, a regola d'arte, di tutti i luoghi o punti di disinstallazione.

23.1 DISINSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE RECUPERABILE AL TERMINE DEL MONITORAGGIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.190.001** "DISINSTALLAZIONE DI STRUMENTAZIONE RECUPERABILE AL TERMINE DEL MONITORAGGIO"
- **IG.10.190.001.a** "tipo A"
- **IG.10.190.001.b** "tipo B"
- **IG.10.190.001.c** "tipo C"

Nelle fasi di disinstallazione dovranno essere usate tutte le accortezze per garantire l'integrità della strumentazione. L'Affidatario è ritenuto responsabile di tutti gli eventuali danni che la strumentazione dovesse subire durante le fasi di disinstallazione.

Per le modalità di restituzione/stoccaggio del materiale disinstallato ci si dovrà riferire ad eventuali prescrizioni che saranno stabilite di volta in volta con ANAS.

Sarà cura dell'affidatario trasportare la strumentazione nel punto di stoccaggio designato di volta in volta. In tale fase la strumentazione dovrà essere riposta con la massima cura e protetta da eventuali urti durante la fase di trasporto.

23.1.1 Descrizione

A seconda della tipologia di strumento è prevista una suddivisione in tre gruppi:

- TIPO A
- TIPO B
- TIPO C

TIPO A

Fanno parte di questo gruppo:

- trasduttori di pressione
- trasduttori di spostamento
- sonde inclinometriche fisse
- celle di carico

- celle di pressione
- fessurimetri
- estensimetri a filo
- clinometri
- coordinometri
- termometri
- accelerometri
- miniprismi
- target riflettenti
- capisaldi topografici
- staffe livellometriche
- nastri livellometrici
- stazioni totali
- unità wireless
- gateway

TIPO B

Fanno parte di questo gruppo:

- pendoli
- UAD - Datalogger
- stazioni meteo
- pannelli solari

TIPO C

Fanno parte di questo gruppo:

- cavi
- tubi idraulici

23.1.2 Modalità esecutive

Eeguire le disinstallazioni attenendosi alle istruzioni dei vari produttori.

Le disinstallazioni dovranno essere effettuate da personale specializzato secondo le specifiche di ogni singolo strumento e verificando che lo strumento non presenti lesioni o difformità.

23.1.3 Documentazione finale

- Report con la quantità e la tipologia degli strumenti disinstallati. Dovrà altresì essere indicato, per ogni strumento, lo stato qualitativo al momento della disinstallazione ed il punto di stoccaggio individuato con ANAS.

PARTE TERZA – INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

24 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

L'oggetto della presente Sezione del Capitolato concerne le attività di indagine sia diretta che indiretta in situ per la definizione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici e delle proprietà geotecniche del volume di terreno rappresentativo per l'opera in progetto.

Le risultanze di tali indagini permettono di collezionare una banca dati fondamentale, in quanto forniscono quei parametri sito specifici sulla base dei quali vengono dimensionate le opere e gli interventi in progetto.

Per tali ragioni l'Affidatario è obbligato a garantire la presenza in cantiere, a tempo pieno, di un tecnico qualificato (Geologo o Ingegnere Geotecnico), iscritto all'Albo professionale, con la qualifica di "Responsabile di cantiere". Egli curerà e coordinerà l'esecuzione delle indagini, sovrintenderà all'esecuzione delle prove in situ, alla misurazione del livello statico della falda nei fori di sondaggio, provvederà alla redazione delle stratigrafie, secondo i contenuti minimi e le prescrizioni di cui al presente capitolato, al prelievo e al confezionamento dei campioni da tramettere ai laboratori, alla compilazione dei dati di cantiere e alla loro trasmissione e risponderà della qualità di esecuzione delle indagini stesse (scelta delle modalità esecutive adottate, confezionamento delle cassette, completezza e qualità dei dati restituiti). Egli avrà inoltre il compito di avvertire tempestivamente l'ANAS di eventuali esigenze di modifiche, variazioni e spostamenti rispetto al programma d'indagine approvato. Tali modifiche non potranno essere eseguite in assenza di autorizzazione formale da parte dell'ANAS.

L'Affidatario sarà tenuto a comunicare all'ANAS, all'atto della consegna dei servizi, il nominativo ed i riferimenti del Responsabile di cantiere, la data prevista di effettivo inizio degli stessi e il cronoprogramma delle attività.

Dovrà essere redatto un Rapporto Tecnico Conclusivo, nel quale verranno descritte le metodologie di indagine applicate, le attrezzature impiegate, i riferimenti alle norme e alle procedure adottate per la conduzione delle prove, con commento e presentazione dei risultati delle indagini geognostiche e delle prove in situ.

Allegati al rapporto saranno:

- la planimetria ubicativa dei punti di indagine;
- le stratigrafie delle perforazioni di sondaggio, le relative fotografie (delle cassette catalogatrici, delle postazioni);

- le stratigrafie dei pozzetti geognostici, le relative fotografie (della postazione, dello scavo e dell'apparato per la prova di carico su piastra, compresa l'evidenza del mezzo o del sistema di contrasto impiegato) ed i certificati di prova delle prove di carico su piastra;
- il collaudo della strumentazione geotecnica installata;
- restituzione in forma di rapporto, di tavola grafica, di scheda e/o di tabella delle risultanze delle prove penetrometriche statiche e dinamiche, delle prove di permeabilità condotte negli ammassi rocciosi e nei terreni, delle prove dilatometriche, delle prove pressiometriche e di ogni ulteriore rilievo e prova geotecnica realizzata in situ;
- la documentazione fotografica dei siti;
- il Rapporto tecnico sui rilievi planoaltimetrici.

Saranno considerati a carico dell'Affidatario:

- l'approntamento delle attrezzature di sondaggio e del cantiere geognostico ed il loro posizionamento sui punti d'indagine;
- il trasporto in andata e ritorno di attrezzature e personale al sito di cantiere.

Ogni gruppo sonda, posizionato in corrispondenza del singolo punto di sondaggio, dovrà essere corredato dalla completa dotazione di attrezzature, utensili ed accessori necessari ad attraversare, campionare e caratterizzare qualsiasi tipo di terreno (carotieri e corone di diversa lunghezza e tipo, rivestimenti, campionatori ordinari tipo Shelby, rotativi tipo Denison, idraulici tipo Osterberg, maglio SPT ed apposite aste di lunghezza adeguata, ecc.).

Nel corso delle perforazioni sarà di norma privilegiato l'impiego di carotieri doppi o tripli, indispensabili ovunque si preveda la presenza di formazioni complesse e strutturate (flysch, metamorfite, scisti, ecc.) e comunque litoidi, al fine di ottenere un recupero il più possibile rappresentativo della struttura dei terreni attraversati. Per l'attraversamento di terreni litoidi intensamente fratturati sarà prescritto l'utilizzo di carotieri tripli, apribili longitudinalmente (tipo T6S). L'impiego del carotiere semplice, di norma, sarà limitato alla perforazione di terreni omogenei recenti (argille, limi, ecc.) e comunque previa approvazione dell'ANAS. Non è di norma consentita, se non in terreni a struttura manifestamente omogenea, l'esecuzione di manovre con carotieri di lunghezza superiore a m 1.50.

Qualora la qualità e la percentuale di carotaggio, a giudizio insindacabile dell'ANAS, non rispettassero i requisiti minimi previsti dalle Norme Tecniche, i relativi tratti verranno compensati applicando ad essi, in luogo della voce a carotaggio continuo, la corrispondente voce a distruzione di nucleo.

E' previsto a carico dell'Affidatario il montaggio del cantiere, consistente nell'allestimento di un'area da dedicare a deposito, magazzino e officina, e sulla quale potranno eventualmente, in base all'entità del cantiere, essere eretti opportuni baraccamenti. In tale area si provvederà, all'arrivo delle attrezzature, al loro montaggio e verifica, precedentemente all'invio sulla prima postazione.

Le profondità di perforazione saranno valutate dal piano d'imposta dell'attrezzatura. Nell'importo a misura previsto, relativo alla perforazione, è compreso qualsiasi onere ed in particolare quelli di seguito elencati e relativi:

- alla fornitura o al noleggio di un idoneo mezzo di approvvigionamento di acqua necessaria alle perforazioni, qualora questa non sia reperibile nelle immediate vicinanze del sondaggio;
- all'eventuale preparazione di vasche di recupero dei fanghi (che saranno fuori terra), e all'utilizzazione di eventuali tubazioni e manichette per l'approvvigionamento idrico da acquedotto o da altra sorgente d'acqua;
- alla guardiania e custodia delle attrezzature di rilevazione installate, delle cassette catalogatrici e dei campioni prelevati al fine di garantirne la validità ed attendibilità per tutto il periodo di rilevazione previsto;
- alle indennità di occupazione ed ai danni comunque provocati per le esecuzioni del sondaggio e per le operazioni connesse;
- alle eventuali soste disposte, con ordine di servizio, dall'ANAS;
- all'allontanamento dei detriti estratti, all'eventuale riempimento a chiusura, anche con argilla fluidificata e boiaccia di cemento, del foro eseguito ed al ripristino delle condizioni;
- al trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta comunque connessi con le attività di sondaggio;
- alla realizzazione delle opere di drenaggio necessarie a garantire il regolare deflusso delle acque superficiali al fine di evitare inconvenienti ai sondaggi in corso e di prevenire possibili danni alle aree limitrofe a quelle di lavoro;
- alla prestazione del personale tecnico e della manovalanza, alla fornitura ed all'impiego di energia, di combustibile, di acqua, di cemento, di fanghi bentonitici, di additivi, di sacchetti per la conservazione dei campioni, delle cassette catalogatrici ed all'impiego di pompe e di eventuali tubazioni di rivestimento;
- ai perditempi relativi ed agli oneri particolari derivanti dall'estrazione e conservazione in cantiere, per tutta la durata dei lavori, dei campioni estratti chiusi in sacchetti di plastica e collocati con le indicazioni necessarie entro le apposite cassette catalogatrici;
- all'esecuzione del foro di sonda con sistemi, materiali od attrezzature, tali da impedire frane nel foro stesso e garantire la sua accessibilità completa;
- all'eventuale lavaggio dei fori ed alla rimozione ed allontanamento dei detriti;
- al rilievo completo delle caratteristiche delle falde di acqua eventualmente incontrate con il sondaggio;

- alla cementazione del sondaggio, una volta completato, con materiali idonei, da approvigionare (sabbia/ghiaia) additivati con malta idraulica e cementizia, al fine di impedire infiltrazioni di acqua nel sottosuolo;
- alla movimentazione delle cassette catalogatrici ed al prelievo successivo, da queste, di campioni rimaneggiati e/o spezzoni di carota.

L'Affidatario provvederà agli spostamenti da un foro all'altro, all'eventuale fornitura dei mezzi di trasporto e traino, alla formazione delle vasche per i fanghi di circolazione, al montaggio sul posto dell'attrezzatura stessa.

Di seguito si richiama l'attenzione su alcuni oneri particolari cui l'Affidatario è tenuto, in quanto compresi nel compenso complessivo previsto:

- provvedere alla lettura di "zero" ed alla redazione del collaudo della strumentazione geotecnica installata (piezometri, inclinometri, assestimetri, estensimetri, altro);
- fornire la documentazione e le specifiche tecniche relative all'attrezzatura penetrometrica, dilatometrica, pressiometrica e per prove di permeabilità in foro, da utilizzare;
- fornire la documentazione, le specifiche tecniche e la certificazione di taratura aggiornata dei martinetti, relative all'attrezzatura per le prove di carico su piastra;
- garantire la perfetta efficienza dell'attrezzatura installata ed il completamento del foro, per l'esecuzione delle prospezioni geofisiche;
- curare la redazione dei rapporti da sottoscrivere e della restante documentazione prevista.

Analogamente, gli oneri previsti per il prelievo dei campioni indisturbati includono:

- la scelta e l'utilizzo del campionatore più idoneo per le litologie incontrate;
- la completa pulizia del fondo foro prima del prelievo;
- la sigillatura del contenitore del campione con idonei mezzi atti a garantire l'impermeabilità;
- l'etichettatura dello stesso;
- la fornitura della fustella.

L'Affidatario dovrà garantire, a propria cura e spese, idonea conservazione in luogo adatto, di tutti i campioni di terreno prelevati.

La spedizione di campioni dal cantiere al laboratorio geotecnico, accreditato ed inserito nell'elenco depositato presso il C.S.LL.PP. alle categorie A (prove su terre) e B (prove su rocce), verrà effettuata a cura e spese dell'Affidatario, con il mezzo più rapido atto a contenere il disturbo recato ai campioni stessi. qualora il campione non venga recuperato per obiettive difficoltà proprie del terreno da campionare la manovra dovrà essere ripetuta a cura e spese dell'Affidatario.

Il prelievo di spezzoni di carota di consistenza litoide da cassetta verrà compensato con il prezzo relativo al prelievo di campioni rimaneggiati.

L'Affidatario è inoltre tenuto a predisporre a propria cura e spese, per l'intera durata del cantiere geognostico e nelle vicinanze dello stesso, un deposito coperto e protetto dalle intemperie, idoneo alla conservazione delle cassette catalogatrici contenenti le carote dei sondaggi eseguiti ed alla loro protezione dagli agenti atmosferici, garantendone l'accesso in qualsiasi momento al personale ANAS. In occasione dei sopralluoghi ispettivi le cassette dovranno essere disposte a terra in sequenza progressiva. In tale deposito le cassette dovranno essere trasportate e conservate sotto la responsabilità dell'Affidatario, fino a che non siano trascorsi 60 (sessanta) giorni dalla data di ultimazione dei servizi; trascorso tale termine queste verranno collocate definitivamente nei siti indicati dall'ANAS o smaltite a cura ed onere dell'Affidatario. Durante tale periodo l'Affidatario garantirà, su richiesta dell'ANAS, la disponibilità all'eventuale prelievo di campioni rimaneggiati aggiuntivi o altre analisi/determinazioni.

Per le perforazioni di sondaggio ed i pozzetti esplorativi, verranno fornite le schede stratigrafiche contenenti tutte le informazioni ricavate nel corso del sondaggio (quota bocca foro, litologia e caratteri dei terreni, percentuale di recupero, livello della falda, campionatori utilizzati, quote di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove in situ, di installazione di strumentazione geotecnica, valori di resistenza al penetrometro tascabile, valori dell'R.Q.D., ecc.). Per ogni sondaggio e pozzetto dovranno essere allegate in formato digitale (formato immagine tipo .tif, .jpg, .png, ecc.) le fotografie a colori della postazione della sonda o dell'escavatore, delle cassette catalogatrici e dello scavo del pozzetto. Le cassette dovranno essere fotografate entro 24 ore dal loro completamento con l'apposizione di scala cromatica di riferimento. Le carote terebrate in terreni dovranno essere scortecciate, quelle in terreni litoidi lavate. E' richiesta la completa leggibilità di tutti i dati riportati sulla cassetta e una visione chiara delle carote in esse contenute. Il confezionamento delle cassette prevedrà l'indicazione del cantiere, del codice identificativo del sondaggio e delle quote effettive di perforazione, nonché l'inserimento di testimoni in corrispondenza dei tratti interessati da campionamento e dall'esecuzione di prove in foro e dei punti di fine-manovra. Le cassette catalogatrici, a 5 scomparti con coperchio, saranno fornite dall'Affidatario, accettate dall'ANAS e compensate con il relativo prezzo. Sui tratti di carota perforati in terreni coesivi, andranno eseguiti immediatamente i test a carattere speditivo (pocket penetrometer, vane test). Il tecnico qualificato dovrà tenere con sé, nel corso dell'intera durata delle attività di perforazione, una boccetta di HCl (acido cloridrico diluito al 10%, l'acido muriatico comunemente in vendita) per la verifica della reazione allo stesso agente di determinati spezzoni di terreno, al fine di determinare la presenza o meno di materiale di natura carbonatica.

Per i tratti attraversanti unità litoidi sarà obbligatorio redigere un'apposita scheda di rilievo geomeccanico, secondo le più recenti norme e raccomandazioni I.S.R.M., contenente, tra l'altro, la determinazione dell'indice R.Q.D. (Rock Quality Designation Index), nonché indicazioni su orientazione, stato, frequenza, spaziatura, riempimento, rugosità delle discontinuità naturali presenti, presenza di ossidazione. L'indice R.Q.D. verrà rilevato analiticamente e restituito per tratti corrispondenti alla lunghezza delle battute eseguite, riportandone il valore esatto su apposite tabelle ed, in forma grafica, nelle stratigrafie di sondaggio.

In merito alla realizzazione delle prove penetrometriche, statiche o dinamiche, l'Affidatario provvederà, a propria cura e spese, agli spostamenti da un punto all'altro, all'eventuale fornitura di mezzi di trasporto e traino, al montaggio sul posto dell'attrezzatura stessa, e quanto altro già previsto per i sondaggi geognostici.

Qualora la prova penetrometrica richiedesse per il suo completamento l'esecuzione di uno o più prefori sulla stessa verticale, sarà a carico dell'Affidatario ogni onere relativo al piazzamento, sulla postazione, del penetrometro e della sonda ed ai successivi piazzamenti alternati oltre a quello dello spostamento delle macchine, della manovra di immissione a vuoto e successiva estrazione della batteria di aste tanto del penetrometro quanto della sonda come pure del tempo di fermo di una delle due attrezzature impiegate intendendosi compensati con i prezzi di cui all'unito elenco, relativi all'esecuzione della prova stessa.

25 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le attività riguardanti i sondaggi geognostici sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo;
- sondaggi geognostici ad andamento direzionato a carotaggio continuo;
- sondaggi geognostici verticali a distruzione di nucleo;
- terebrazione con registrazione dei parametri di perforazione;
- campionamento geotecnico nei sondaggi.

25.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A CAROTAGGIO CONTINUO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.005.1** "Perforazione ad andamento verticale in terreni a granulometria fine e media"
- **IG.05.005.2** "Perforazione ad andamento verticale in terreni a granulometria grossolana"
- **IG.05.005.3** "Perforazione ad andamento verticale in roccia dura"

25.1.1 Descrizione

Il sondaggio geognostico permette di analizzare il terreno in profondità per la valutazione delle sue caratteristiche geologiche e geotecniche.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro e norma di specifica e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità, nonché di argano a fune. Qualsiasi lavorazione prevista e non eseguita per carenza di attrezzature in cantiere, comporterà l'interruzione non remunerata del cantiere fino alla esecuzione di quanto richiesto dalla D.L.

Gli utensili utilizzati per la perforazione, dovranno essere disponibili in sito in tutti i casi in cui siano di fatto impiegabili e comunque fare parte della dotazione dell'Impresa, in modo da poter essere rapidamente trasferiti in cantiere qualora necessari. Essi sono rappresentati da:

- Carotieri semplici, con valvola di testa a sfera e calice:
 - Diametro nominale $\varnothing_{est} = 101 \div 146$ mm;
 - Lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm;
- Carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore:
 - Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm;
- Carotiere triplo con portacampione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore e calice:
 - Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm;
- Corone di perforazione in widia e diamantate;
- Aste di perforazione con filettatura tronco-conica:
 - Diametro esterno $\varnothing_{est} = 60 \div 76$ mm.

Nella eventualità di procedere alla pulizia del fondo foro, dovrà essere disponibile in cantiere:

- Carotiere semplice, $l = 40 \div 80$ cm;
- Attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione del fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;
- Campionate a pareti grosse $\square 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

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 interno $\varnothing_{int} = 107 \div 162$ mm;
- Lunghezza spezzoni - $l = 150 \div 200$ cm.

L'Impresa potrà impiegare rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, informando preventivamente la Direzione Lavori.

Dovranno fare parte del corredo permanente dell'attrezzatura da perforazione tutti gli strumenti portatili necessari:

- scandaglio a filo graduato per la misurazione della quota effettiva di fondo foro;

- freatimetro di lunghezza adeguata a raggiungere il fondo foro;
- penetrometro tascabile, con fondo scala maggiore o uguale a 500 kPa;
- scissometro tascabile, con fondo scala maggiore o uguale a 100 kPa;
- sclerometro da roccia tipo L (Martello di Schmidt);
- profilometro a pettine (pettine di Barton);
- calibro e spessimetro a lamelle per la misura dell'apertura dei giunti;
- HCl diluito al 10% per la determinazione della presenza di carbonati nei terreni e nelle rocce.

25.1.2 Modalità esecutive

Il sondaggio geotecnico deve essere eseguito come di seguito indicato.

Carotaggio integrale con percentuale di recupero $\geq 85\%$. e qualità tale da consentire la completa percezione, in forma inalterata, della struttura originaria del terreno (laminazione, scistosità, ecc.), da eseguire a secco, senza fluido di perforazione in circolo se con carotiere semplice, con circolazione di fluido se con carotieri tipo T2, T6, T6S.

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purché si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale.

Qualora ordinato, l'Impresa dovrà desistere dall'uso di sistemi wire-line per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

La perforazione, in assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti, sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro. La necessità di impiego del rivestimento provvisorio è da verificarsi caso per caso, in relazione alle reali caratteristiche del terreno. I fenomeni di rifluimento riscontrati nel corso della perforazione dovranno essere opportunamente segnalati e riportati nei relativi logs stratigrafici.

Le manovre di rivestimento possono essere eseguite con l'uso di fluido in circolazione, curando che la pressione del fluido sia la minore possibile e controllandola mediante manometro.

Il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto al minimo, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a circa 50 cm dal fondo foro (con l'esclusione del metodo wire-line) in modo da non investirlo in forma eccessivamente diretta con il getto di fluido in pressione.

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, che deve avvenire con velocità iniziale molto bassa ($1 \div 2$ cm/sec) ed essere eventualmente intervallata da pause di attesa per il ristabilimento della pressione idrostatica del fluido sul fondo foro.

Debbono essere evitati indesiderabili effetti di risucchio, che possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore dal terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

La quota del fondo foro sarà misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato e di prova geotecnica SPT.

In tutti i casi nei quali non ci sia pericolo di repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT dovrà seguire la manovra di perforazione con carotiere e invece precedere la manovra di rivestimento fino a fondo foro.

Il rivestimento sarà se necessario eseguito a campionamento/prova SPT ultimati, in modo da evitare che il prelievo o la prova interessino uno strato di terreno disturbato dal getto di fluido

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio superi le seguenti tolleranze:

- 10 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

Il foro di sondaggio sarà 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.

Lo stato di aggregazione sarà descritto a complemento della identificazione litologica precisando se la struttura è compatta (non si distinguono i costituenti la roccia ad occhio nudo), granulare (si distinguono macroscopicamente i diversi costituenti), orientata (i costituenti hanno orientazioni preferenziali per laminazione, scistosità o altro).

Verrà indicato il *grado di alterazione* secondo quanto indicato dalla seguente tabella.

Tabella 4 – Grado di alterazione della roccia.

Caratteristica	Descrizione
Assente	Nessun segno visibile di alterazione, roccia sana, cristalli lucenti

Debole	I piani di discontinuità sono patinati e decolorati, con possibili sottili strati di riempimento. La decolorazione può penetrare nella roccia per spessori fino al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità
Media	La decolorazione penetra nella roccia per spessori al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità, che possono contenere riempimenti di materiale alterato. Possono essere osservabili parziali aperture dei legami intergranulari
Elevata	La decolorazione interessa per intero la roccia, che è in parte friabile. L'originale struttura della roccia è conservata, ma i cristalli sono separati fra loro
Intensa	La roccia è completamente decolorata, decomposta e friabile, con l'aspetto esteriore di un suolo. Internamente la struttura originale può essere riconoscibile, ma la separazione fra i cristalli è completa

Il *recupero percentuale* di carotaggio sarà annotato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato.

L'indice R.Q.D., calcolato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni di materiale lapideo maggiori o uguali a 10 cm recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato, sarà annotato considerando le sole discontinuità naturali presenti nella roccia, raggruppando tratti perforati piuttosto omogenei da questo punto di vista.

Tale indice verrà determinato, in termini percentuali, in accordo alla seguente espressione:

$$RQD = \frac{\sum l_i}{l_f}$$

dove:

- l_i = singole lunghezze dei pezzi di carota maggiori di 10 cm;
- l_f = lunghezza totale del tratto perforato.

Le dimensioni di ciascun spezzone di roccia saranno stimate ed annotate individuando classi di lunghezze differenti fra loro di 5 cm una dall'altra.

Il *tipo* di ciascun giunto o discontinuità costituente un piano di separazione o debolezza (frattura, faglia, piano di strato, piano di scistosità) sarà distinto ed annotato.

Stratificazione: si indicheranno i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura media e l'intervallo di variazione tipico dello spessore degli strati stessi, e la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione o laminazione incrociate.

Regolari alternanze di diversi tipi litologici (ad esempio: sabbie ed argille, marne e calcareniti) potranno essere definite con il termine di "interstratificazione" precisando la media aritmetica dello spessore dei livelli e descrivendo il ritmo delle alternanze.

Spaziatura totale, intesa come distanza media, tra due piani di discontinuità lungo la terebrazione. Per descrivere qualitativamente la spaziatura delle discontinuità verranno utilizzati i termini riportati nella seguente tabella (ISRM, 1978).

Tabella 5 – Caratteristiche di fratturazione dell'ammasso roccioso in funzione della spaziatura media delle discontinuità lungo una linea.

Caratteristica	Misura
Fratture molto ravvicinate	< 6 cm
Fratture ravvicinate	6 ÷ 20 cm
Fratture moderatamente ravvicinate	20 ÷ 60 cm
Fratture distanziate	60 ÷ 200 cm
Fratture molto distanziate	> 200 cm

Scistosità, piani di taglio: si indicherà la presenza, la spaziatura e le caratteristiche della scistosità (orientazione visiva della roccia dovuta a minerali lamellari o prismatici) e di piani di taglio (in terreni coesivi, granulari o rocciosi).

Strutture particolari: si indicherà la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legati a processi di alterazione o trasporto, quali la presenza di clasti in matrice soffice o isole di materiale poco alterato in matrice profondamente alterata, e simili.

L'*inclinazione* di ogni giunto sarà espressa come angolo tra la perpendicolare all'asse di perforazione (piano orizzontale nel caso di sondaggi perfettamente verticali) ed il piano di discontinuità.

La *durezza* delle pareti sarà stimata in base ai criteri di scalfibilità, con unghia o con punta d'acciaio. Sarà inoltre misurato l'indice JCS (*Joint Compressive Strength*) tramite l'uso dello sclerometro (Schmidt Hammer di tipo L), eseguendo la prova su spezzone di carota immobilizzato con apposito strumento di supporto.

La *rugosità* di ogni giunto alla scala della carota sarà definita con riferimento al valore d'indice JRC (*Joint Roughness Coefficient*), con l'uso di un profilatore a pettine (Shape Tracer di Barton) o, in alternativa, indicando una valutazione del grado di scabrezza.

Il tipo e lo spessore del *riempimento dei giunti* saranno definiti precisando composizione granulometrica e/o mineralogica e la compattezza dello stesso.

Per quanto non ulteriormente precisato valgono le prescrizioni "ISRM (1978) - Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 15, pp. 319–368", e "ISRM - Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose. (1993) Rivista Italiana di Geotecnica, n.2, 151-200".

Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione nelle fasi di perforazione, qualora consentito, e di rivestimento, sarà costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici.

L'uso di sola acqua pulita è obbligatorio nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri, è ammesso l'uso di acqua o di fanghi polimerici, biodegradabili entro 72 h.

L'Impresa potrà proporre l'uso di fluidi diversi dai sopra elencati, con la condizione che in ogni caso il fluido prescelto, oltre ad esercitare le funzioni di raffreddamento, asportazione detriti ed eventuale sostentamento, sia in grado di non pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche ed il funzionamento della strumentazione e che, comunque, sia biodegradabile.

Carote estratte

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica o similari), munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera. Le carote coesive verranno scortecciate adeguatamente (taglio trasversale di almeno 5 cm), le lapidee lavate. La documentazione fotografica verrà realizzata immediatamente dopo le succitate procedure.

Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c..

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.

25.1.3 Documentazione finale

Si dovrà compilare una scheda stratigrafica del sondaggio completa di tutte le indicazioni necessarie alla descrizione con criteri geologici e geotecnici del materiale carotato, che con la dicitura: "bozza", dovrà essere inviata entro 24 ore al Committente. Eventuali ritardi comporteranno riduzioni sul compenso per perforazione, comprese tra il 5 - 20 %, a giudizio insindacabile dell'ANAS.

Sulla scheda stratigrafica devono essere specificati:

- cantiere;
- codice identificativo univoco del sondaggio;
- data di inizio e di ultimazione della perforazione;
- metodo di perforazione;

- attrezzature impiegate;
- diametri di perforazione e di rivestimento;
- tipo di fluidi di circolazione impiegati;
- quota della testa foro rispetto a livello marino e coordinate planimetriche;
- inclinazione del foro rispetto all'orizzontale.

La descrizione stratigrafica in bozza sarà compilata in modo tale da specificare, per ciascuno strato ed in forma sintetica ma efficace, quanto relativo ai punti sotto elencati:

- tipo di terreno;
- condizioni di umidità naturale;
- consistenza;
- colore;
- struttura;
- particolarità;
- litologia ed origine;
- caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi come precedentemente descritti.

La scheda stratigrafica in bozza comprenderà inoltre delle osservazioni in merito alla falda idrica, compatibilmente con le modalità esecutive del sondaggio e con la strumentazione installata, con l'annotazione delle letture del livello piezometrico nel foro di sondaggio rilevate ad inizio/fine di ogni giornata lavorativa.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie:

- delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'assetto del cantiere durante la perforazione, ed il completamento/condizionamento finale del foro ove previsto;
- delle cassette catalogatrici suddivise per verticali e riportate per profondità crescente. Le fotografie dovranno essere realizzate a colori, riportanti una scala cromatica e gli estremi del sondaggio (nome, località, progetto, intervallo di perforazione, ecc.). Le istantanee dovranno essere scattate con un'inquadratura perpendicolare alle vaschette porta carote. Queste ultime dovranno essere umidificate prima di procedere allo scatto.

25.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI AD ANDAMENTO DIREZIONATO A CAROTAGGIO CONTINUO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.010.1** "Perforazione inclinata in terreni a granulometria fine e media"

- IG.05.010.2 “Perforazione inclinata in terreni a granulometria grossolana”
- IG.05.010.3 “Perforazione inclinata in roccia dura”
- IG.05.015.1 “Perforazione suborizzontale in terreni a granulometria fine e media”
- IG.05.015.2 “Perforazione suborizzontale in terreni a granulometria grossolana”
- IG.05.015.3 “Perforazione suborizzontale in roccia dura”

25.2.1 Descrizione

Vengono realizzati per definire la litostratigrafia del terreno secondo traiettorie suborizzontali o comunque orientate.

25.2.2 Modalità esecutive

I sondaggi devono essere eseguiti a carotaggio integrale del terreno attraversato. Le attrezzature e le modalità di esecuzione, salvo accorgimenti necessari per garantire il recupero di carote in percentuale non inferiore all'80%, sono analoghe a quelle previste per gli altri tipi di sondaggi.

25.2.3 Documentazione finale

La documentazione del sondaggio geognostico ad andamento direzionato sarà eseguita secondo i criteri già riportati per gli altri tipi di sondaggio.

25.3 SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A DISTRUZIONE DI NUCLEO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.020.1 “Perforazione verticale in terreni a granulometria fine e media”
- IG.05.020.2 “Perforazione verticale in terreni a granulometria grossolana”
- IG.05.020.3 “Perforazione verticale in roccia dura”

25.3.1 Descrizione

Saranno realizzati per permettere, entro gli stessi, la esecuzione di prove e/o l'installazione di strumenti di vario genere e tipo.

La loro realizzazione dovrà quindi essere sempre eseguita tenendo conto di quanto prescritto per le prove o gli strumenti per cui il foro è connesso.

Potranno essere richiesti anche per la perforazione di prefori in appoggio a preparazione di altre prove in sito, quali prove penetrometriche statiche, dilatometriche e similari, di emungimento.

25.3.2 Modalità esecutive

Per la perforazione si potrà utilizzare:

- sonda a rotazione completa di pompa per la circolazione dei fanghi e dispositivi per la loro preparazione;
- altre sonde proposte dall'Impresa, il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla DL. Si potranno utilizzare come utensili di perforazione:
- carotieri semplici o doppi;
- triconi o utensili a distribuzione dotati di fori radiali per la fuoriuscita del fluido;
- altri utensili proposti dall'Impresa il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla DL.

Il diametro di perforazione sarà di 70 ÷ 150 mm, comunque da definire in funzione delle prove o degli strumenti da eseguire o installare nel foro.

Sono ammesse modalità di perforazione varie, comunque tali da garantire il sostentamento delle pareti del foro, il contenimento del fondo foro e la minimizzazione dei disturbi arrecati al terreno nei tratti di prova.

25.3.3 Documentazione finale

Per ciascun foro si compilerà una scheda con le seguenti indicazioni:

- informazioni generali;
- quota assoluta del punto di indagine;
- nominativo del compilatore;
- attrezzatura impiegata;
- diametro di perforazione;
- diametro dell'eventuale rivestimento;
- dati relativi alle prove o all'installazione;
- stratigrafia approssimativa in base ai detriti di perforazione.

25.4 TEREBAZIONE CON REGISTRAZIONE DEI PARAMETRI DI PERFORAZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.035** "Diagrafia dei parametri di perforazione (DAC-TEST)"

25.4.1 Descrizione

E' un metodo che permette di registrare in forma continua i principali parametri della perforazione, eseguita di norma a distruzione di nucleo, con il fine di riconoscere le caratteristiche stratigrafiche fondamentali del terreno, preferibilmente a partire da situazioni rese note dall'esecuzione di sondaggi di taratura.

25.4.2 Modalità esecutive

Per l'esecuzione di tale tecnica di perforazione, si dovrà utilizzare:

- sonda a rotazione e rotoperussione;
- centralina elettronica per la misura, la amplificazione e la registrazione su nastro magnetico dei seguenti parametri di perforazione:
- spinta applicata all'utensile di perforazione;
- velocità di avanzamento;
- coppia di rotazione assorbita;
- velocità di rotazione;
- pressione del fluido di circolazione.

La registrazione dei parametri avverrà con frequenza di un'operazione di memorizzazione per 1 cm di avanzamento dell'utensile o per 1 minuto primo, nel caso di velocità di avanzamento inferiori a 1 cm/minuto.

La centralina visualizzerà i parametri misurati su apposito visore, quelli registrati su grafico in carta; sarà misurata, registrata e visualizzata su visore, in ogni caso, la profondità raggiunta dalla prova.

La perforazione dovrà essere eseguita, avendo cura, dopo qualche tentativo, di operare con la massima omogeneità.

In particolare, la spinta applicata all'utensile dovrà, se possibile, 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.

E' necessario che il detrito di perforazione fuoriuscente a bocca foro sia descritto con la migliore precisione possibile.

25.4.3 Documentazione finale

La documentazione comprenderà quanto sotto elencato:

- informazioni generali su denominazione, ubicazione e quota assoluta di ciascuna verticale di prova;

- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro;
- grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati;
- grafico elaborato con indicazione dell'energia assorbita per unità di volume perforato (Mj/mc) in funzione delle profondità;
- note ed osservazioni dell'operatore.

La documentazione definitiva comprenderà, oltre agli elementi sopraccitati, i grafici di tutti i parametri registrati restituiti nella scala più idonea agli effetti interpretativi.

25.5 CAMPIONAMENTO GEOTECNICO NEI SONDAGGI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.190.1 "Prelievo di campioni rimaneggiati"
- IG.05.190.3 "Prelievo campioni indisturbati con campionatore a pareti sottili"
- IG.05.190.4 "Prelievo campioni indisturbati con campionatore a pistone o rotativo"
- IG.05.190.5 "Prelievo campioni di roccia"
- IG.05.015.6 "Fornitura di cassette catalogatrici"

25.5.1 Descrizione

Per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni devono essere prelevati campioni che mantengano la struttura, il contenuto d'acqua e l'eventuale consistenza propri del terreno nella sua sede (campioni indisturbati); per la determinazione, in generale, delle sole proprietà fisiche devono essere prelevati campioni senza particolari accorgimenti contro la perdita di umidità (campioni rimaneggiati). In terreni rocciosi vengono prelevati spezzoni, di idonea lunghezza, di carota lapidea da cassetta, numerandoli e specificando quota di prelievo e verso (alto/basso), scartando spezzoni visibilmente fessurati.

25.5.2 Modalità esecutive

Campioni indisturbati

I campionatori da utilizzarsi impiegano la fustella a pareti sottili in acciaio inox, nel rispetto dei seguenti parametri dimensionali:

- rapporto $L/D_i \approx 8$;
- rapporto delle aree:

$$cp = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \cdot 100 = 9 \div 13$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$ci = \frac{D_{est} - D}{D} \cdot 100 = 0,0 \div 1,0$$

- diametro utile ≥ 85 mm;

dove:

- L = lunghezza utile della fustella;
- Di = diametro interno della fustella;
- Dest = diametro esterno della fustella;
- D = diametro all'imboccatura della fustella.

La fustella dovrà essere liscia, priva di cordoli, non ovalizzata, con taglienti efficaci. Il prelievo dei campioni potrà essere eseguito, a seconda della compattezza del terreno, con l'uso dei seguenti strumenti:

- campionatore a pistone infisso idraulicamente;
- campionatore rotativo a pareti sottili;
- campionatore a rotazione a doppia parete a scarpa tagliente avanzata;
- altri campionatori (il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla DL).

Il campionatore ad infissione idraulica del pistone può essere utilizzato con profitto in terreni coesivi aventi resistenza al taglio non drenata ≤ 200 kPa;

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, con fluido in circolazione.

I campionatori a rotazione a doppia parete con scarpa tagliente avanzata, dovranno essere impiegati in terreni coesivi di elevata consistenza nei quali non sia possibile l'infissione di campionatori a pressione.

Altri tipi di campionatore potranno essere utilizzati dall'Impresa informando preventivamente l'ANAS.

L'infissione del campionatore dovrà sempre avvenire in un'unica tratta.

I campionatori a pistone dovranno 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 campionatore rotativo, la sporgenza della fustella dal carotiere esterno può essere regolata a priori fra 0,5 e 3 cm, ma deve poi rimanere costante durante ciascun prelievo.

Il prelievo di campioni indisturbati dovrà seguire la manovra di perforazione e precedere quella di rivestimento a quota; nel caso l'autosostentamento del foro nel tratto scoperto non esista anche per il breve

lasso di tempo necessario al prelievo, si rivestirà prima di campionare avendo cura di fermare l'estremità inferiore del rivestimento metallico provvisorio 0,2 ÷ 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 dei rivestimenti.

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 con infissione idraulica della fustella, ove sono necessarie pressioni maggiori.

Le due estremità dei campioni indisturbati devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione.

Campioni rimaneggiati

I campioni rimaneggiati verranno prelevati dal materiale recuperato con il carotaggio e sigillati in sacchetti o barattoli di plastica; la quantità necessaria per le prove di laboratorio è di circa 500 grammi per i terreni fini e di circa 5 kg per quelli grossolani.

Nella scelta si avrà cura di eliminare le parti di campione alterate dall'azione del carotiere (corceccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.).

Spezzoni di carota lapidea

In terreni cementati e rocciosi si prelevano dal carotaggio spezzoni di lunghezza = 15 cm, purché rappresentativi del tipo litologico perforato.

Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati al laboratorio saranno sistemati in cassette con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni del trasporto.

Le cassette andranno collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

Le cassette dovranno contenere un massimo di 6 fustelle, onde facilitarne il maneggio; saranno dotate di coperchio e maniglie. Sul coperchio si indicherà la parte alta.

Il trasporto dovrà essere effettuato con tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei campioni, sotto la diretta responsabilità dell'Impresa.

25.5.3 Documentazione finale

I campioni devono essere contraddistinti da cartellini inalterabili, che indichino:

- cantiere;

- numero del sondaggio;
- numero del campione;
- profondità di prelievo;
- tipo di campionatore impiegato;
- data di prelievo;
- parte alta (per campioni indisturbati e spezzoni di carota).

Il numero del campione, il tipo di campionatore usato ed il metodo di prelievo devono essere riportati sulla stratigrafia alla relativa quota; questi dati devono essere riportati anche nel caso di prelievi non riusciti.

26 PROVE GEOTECNICHE IN FORO

Le attività riguardanti le prove geotecniche in foro sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prove di penetrazione dinamica SPT;
- Prove scissometriche VT in foro di sondaggio;
- Prova pressiométrica;
- Prova dilatometrica in roccia;
- Prove di permeabilità in sondaggio tipo Lefranc;
- Prova di permeabilità in sondaggio tipo Lugeon.

L'Appaltatore dovrà fornire in qualsiasi momento i certificati di taratura delle strumentazioni utilizzate su richiesta di ANAS.

26.1 PROVE DI PENETRAZIONE DINAMICA SPT

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.040** "Esecuzione di standard penetration test"

26.1.1 Descrizione

La prova penetrometrica standard o prova penetrometrica dinamica (SPT - *Standard Penetration Test*) è un tipo di indagine geotecnica per ricavare e studiare le caratteristiche di un terreno, tramite la determinazione della sua resistenza alla penetrazione.

26.1.2 Modalità esecutive

La prova si eseguirà infiggendo nel terreno alla base del sondaggio un campionatore per tre tratti consecutivi, il primo di 150 mm, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione.

Si dovrà annotare l'eventuale affondamento del campionatore per peso proprio delle aste.

Il campionatore dovrà essere in acciaio indurito, con superfici lisce apribili longitudinalmente, avente le seguenti caratteristiche generali:

- Diametro esterno - $\varnothing_{est} = 51 \pm 1$ mm;
- Diametro interno - $\varnothing_{int} = 35 \pm 1$ mm;
- Lunghezza minima escluso tagliente principale - $L_{min} > 457$ mm;
- Lunghezza scarpa tagliente terminale con rastremazione negli ultimi 19 mm - $l = 76 \pm 1$ mm.

Il campionatore sarà dotato di valvola a sfera e aperture di scarico a sfiato.

Non è prevista la dotazione di punta conica per la sostituzione del tagliente terminale.

Salvo nel caso di terreni molto compatti o ricchi di ciottoli, l'Impresa potrà utilizzare la punta conica, dandone preventiva comunicazione alla DL.

Le aste di collegamento tra il campionatore e la sonda in superficie dovranno essere corrispondenti alle tipologie elencate nella seguente tabella.

Tabella 6 – Caratteristiche delle aste per prove SPT.

Diametro (mm)	Peso per metro lineare (kg)
40,5	≈ 4,23
50	≈ 7,23
60	≈ 10,03
70	≈ 10,00

Le aste dovranno essere diritte, ben avitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova < 0.1%.

Il dispositivo di sollevamento automatico del maglio dovrà essere del peso totale < 115 kg, e tale da garantire la caduta della massa battente senza rilevanti attriti.

La massa battente e l'altezza di caduta dovranno essere pari a:

- Peso massa battente $P = 63,5 \pm 0,5$ kg;

- Altezza caduta $h = 760 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$.

L'esecuzione della prova comporterà l'infissione del campionatore per tre tratti da 150 mm, il primo detto di avviamento, è comprensivo dell'eventuale penetrazione per peso proprio della batteria di aste, il relativo numero di colpi è individuato con N1.

Se con $N1 = 50$ colpi l'avanzamento dell'infissione è inferiore ai 150 mm, l'infissione dovrà essere sospesa.

Se invece il tratto di avviamento è superato con $N1 \leq 50$ colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 300 mm, contando separatamente il numero di colpi necessari all'avanzamento per la penetrazione dei primi e dei secondi 150 mm ($N2$ e $N3$), sino al limite di 100 colpi ($N2 + N3 \leq 100$ colpi).

Se con $N1 + N3$ pari a 100 colpi non si raggiunge l'avanzamento di 300 mm, l'infissione viene sospesa e la prova si dovrà considerare conclusa, arrestando la relativa penetrazione.

26.1.3 Documentazione finale

Per ciascuna prova eseguita, si dovrà riportare quanto segue:

- diametro e profondità della eventuale tubazione provvisoria di rivestimento del foro;
- profondità raggiunta con la manovra di perforazione o pulizia;
- profondità inizio prova;
- penetrazione, per peso proprio e delle aste, del campionatore;
- numero di colpi per l'infissione dei tratti preliminare e di prova (suddiviso in due parti da 150 mm);
- diametro e peso per metro lineare delle aste impiegate;
- lunghezza e descrizione geotecnica del campione estratto;
- tipo di campionatore (aperto o chiuso) impiegato.

26.2 PROVE SCISSOMETRICHE VT IN FORO DI SONDAGGIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.045** "Esecuzione di prova di resistenza al taglio"

26.2.1 Descrizione

La prova scissometrica si esegue per determinare la resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi saturi, da teneri a mediamente consistenti, con resistenza al taglio non-drenata $\leq 100 \text{ kPa}$.

26.2.2 Modalità esecutive

Si esegue inserendo nel terreno naturale una paletta-scissometro con sezione a croce greca, misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso.

Possiamo distinguere due tipi di apparecchiature:

- apparecchio da calare sul fondo di un foro di sondaggio;
- apparecchio autoperforante ("*vane borer*"): l'apparecchio contenuto in una protezione metallica collegata mediante tubi alla superficie, che viene infissa nel terreno, attraverso un dispositivo di spinta, sino alla quota desiderata.

L'apparecchiatura è costituita da quattro rettangoli di lamiera d'acciaio sottile, uniti lungo uno dei lati maggiori, con sezione trasversale a croce greca.

Le palette hanno diametro (inteso come diametro del cilindro ottenuto dalla rotazione della paletta) variabile da 45 a 100 mm. L'altezza è pari a 2 volte il diametro.

La scelta del diametro di paletta da impiegare viene fatta in funzione della forza di torsione massima che dovrà essere applicata in base alla prevedibile resistenza del terreno da provare.

Per non disturbare il terreno in cui penetra, la paletta avrà sezione del ferro minore di 1/10 di quella del cilindro ottenuto dalla sua rotazione.

La paletta è collegata alla superficie mediante una batteria di aste d'acciaio.

Le aste debbono presentare elevate caratteristiche di rigidità e torsione e flessione affinché gli sforzi applicati all'estremità superiore vengano trasmessi integralmente a quella inferiore, cioè alla paletta.

La batteria di tubi metallici di rivestimento deve assolvere le seguenti funzioni:

- irrigidimento della batteria di aste; appositi anelli distanziatori saranno interposti fra le aste di rivestimento, ogni 3 m circa;
- reazione allo sforzo di torsione applicato in superficie;
- trasmissione della spinta verticale necessaria per infiggere tutto il dispositivo alla profondità voluta.

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 il terreno in corrispondenza della paletta alla rottura.

Lo strumento di torsione deve possedere i seguenti requisiti:

- impermeabilità all'acqua;

- sensibilità < di 1% dello sforzo massimo applicabile;
- indifferenza alle variazioni della temperatura ambiente.

Modalità esecutive di prove effettuate all'interno di fori di sondaggio

Prima di calare la batteria di aste con scissometro, si misurerà la quota di fondo foro con scandaglio a filo; se necessario, il fondo foro sarà ripulito con apposita manovra di perforazione con carotiere semplice (senza circolazione di fluido) o con attrezzo di lavaggio a fori radiali, lo strumento può essere calato nel foro di sondaggio subito dopo l'eventuale estrazione del campione indisturbato.

Si calerà quindi la batteria di prova, infiggendo la paletta-scissometro nel terreno senza applicare tensioni torsionali, sino a 0,5 m di profondità al di sotto del fondo foro.

Si applicherà e si misurerà il momento torcente necessario per portare a rottura il terreno (resistenza al taglio di picco); dopo la rottura, si ruoterà per 10 giri completi la paletta-scissometro, si attenderà 5 minuti e poi si ripeterà la prova con le medesime modalità già definite per il valore di picco, misurando il momento torcente applicato (resistenza al taglio residua). In tutti i casi la velocità di prova dovrà essere pari a 0,1 gradi/s.

Si estrarrà la batteria di prova per riprendere la perforazione.

Modalità esecutive di prove effettuate con attrezzatura autop perforante ("vane borer")

Le prove con attrezzatura autop perforante ridurranno il numero delle estrazioni della palettascissometro a 1 per 4 ÷ 5 m di avanzamento; dopo un massimo di 5 m consecutivi essa dovrà venire estratta, verificando quanto di seguito:

- assenza di distorsioni nel tratto inferiore della batteria di prova;
- assenza di attriti tra astine e tubi di protezione;
- ingrassatura dei cuscinetti reggispinta e dell'alloggio protettivo della paletta-scissometro.

Si richiede che una sonda di perforazione sia sempre disponibile, in appoggio alla batteria autop perforante, per manovre di perforazione ausiliari.

26.2.3 Documentazione finale

Si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali sulla denominazione, quota e ubicazione della verticale di prova;
- tipo di attrezzatura impiegata e sue caratteristiche;
- certificato di taratura del dispositivo di torsione non anteriore di 3 mesi la data di esecuzione delle prove;

- profondità relativa di ciascun intervallo di prova;
- schema geometrico del foro, completo di dimensioni, quote di rivestimento, metodi di pulizia, descrizione di eventuali tratti carotati;
- dimensioni della paletta-scissometro, per ciascuna prova;
- letture allo strumento di torsione e/o grafici sforzo/deformazione (nel caso di registrazione con centralina elettronica);
- note ed osservazioni degli operatori.

26.3 PROVA PRESSIOMETRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.065** “Prova pressiométrica (MPM) con pressiométrico”

26.3.1 Descrizione

Si esegue per misurare la deformazione del terreno sollecitato mediante espansione radiale di una sonda cilindrica posta a contatto con le pareti del foro stesso.

Perché i risultati della prova siano attendibili, è indispensabile che il disturbo del terreno circostante il foro di sondaggio sia ridotto al minimo e sia comunque trascurabile.

26.3.2 Modalità esecutive

Attrezzatura

Sonda cilindrica ad espansione idraulica, costituita da una cella centrale di misura espandibile radialmente e da due celle di confinamento poste alle estremità della cella di misura; le celle di confinamento devono impedire, durante la prova, deformazioni della cella di misura che non siano quelle radiali. La sonda potrà avere diametro compreso tra 44 mm e 74 mm, con una lunghezza complessiva come somma delle celle di guardia e di misura pari ad almeno 6 volte il diametro.

Le pareti della cella di misura consisteranno di una membrana interna 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 natura del terreno.

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 (tipo Menard GB); le celle di confinamento mediante pressione idraulica o di gas (tipo Menard GC).

I tubi di connessione delle celle con gli apparati di espansione e 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.

La centralina di misura deve includere un meccanismo per l'applicazione di incrementi controllati di pressione o volume alla cella di misura ed un regolatore della pressione del gas nelle celle di guardia. Le pressioni dei fluidi saranno tutte leggibili a mezzo di manometri adeguatamente tarati. La sensibilità dei manometri deve essere tale da consentire la precisione di lettura specificata nelle modalità di prova.

Sarà presente un dispositivo per l'amplificazione 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.

La perforazione del foro nel quale eseguire la prova dovrà essere eseguita con tutti i possibili accorgimenti necessari per evitare disturbi delle pareti e del terreno circostante, precauzioni che divengono tanto più necessarie quanto più i terreni non sono lapidei o anche semplicemente litoidi.

La perforazione del foro dovrà, nel caso di terreni sciolti, precedere direttamente la prova, che dovrà essere eseguita appena terminata la manovra di perforazione; nel caso di terreni da litoidi a litici, l'intervallo di tempo tra perforazione ed esecuzione della prova dovrà essere comunque il più ridotto possibile e preferibilmente contenuto in non più di poche ore.

Saranno ammesse varie tecniche di perforazione, in relazione al tipo di terreno, con preferenza per il carotaggio integrale con carotieri semplici e doppi, preferibilmente 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., pressione di fluido contenuta e tendenzialmente inferiore a 15 l/min. La tecnica di perforazione dovrà essere comunicata alla DL.

Il diametro di perforazione sarà definito sulla base del diametro della sonda da utilizzare per la prova, e nel rispetto della seguente espressione:

$$1.03 D < D_h < 1.2 D$$

dove:

- D = diametro sonda pressiometrica;
- D_h = diametro foro.

Prima di iniziare la prova, si procederà alla taratura del sistema determinando quanto segue:

- perdite di pressione: legate all'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 o a giudizio della DL; sempre e necessariamente ad ogni cambio della membrana della cella di misura;

- perdite di volume: dovute all'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.

Il livello piezometrico nel foro deve essere misurato immediatamente prima della prova in foro e registrato.

Esecuzione della prova

Prima di posizionare la sonda pressiométrica nel foro, si procederà all'accurata lettura del volume V (volume della cella di misura alla pressione atmosferica).

Tutti i circuiti saranno disaerati 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 essere sempre 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.

La prova può essere condotta attraverso le due seguenti procedure:

- 1) 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 1/4 dell'originale volume della cella di misura.

I valori di ciascun incremento dovranno essere in accordo al programma o definiti nel corso della prova stessa, e comunicarli alla DL; in ogni caso si raccomanda l'impiego di 7 - 10 incrementi.

2) 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 - 0.1 volte il volume iniziale V, fino ai limiti naturali dell'apparato di prova.

In entrambe le procedure di prova, 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% il volume della cella di misura in condizioni di pressione atmosferica e pari al 5% del valore della pressione limite. Il programma potrà comprendere anche cicli intermedi di scarico ricarico.

Raggiunti i massimi valori di pressione o di volume, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

26.3.3 Documentazione finale

Su apposita scheda verrà riportato:

- data;
- informazioni generali per la completa ubicazione del sondaggio e della prova;
- nominativi degli esecutori;
- dettagliata descrizione delle caratteristiche e dimensioni della attrezzatura, della sonda di prova e della membrana in particolare;
- curve di calibrazione con diagramma pressione/volume a seguito della taratura;
- livello piezometrico nel foro;
- profondità del punto di prova;
- descrizione di modalità e diametro di perforazione;
- descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova;
- descrizione del tempo atmosferico e della temperatura;
- tipo di prova a 30 e 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o letture di pressione a 30 e 60 sec dall'incremento di volume;
- note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova;

- pressione limite;
- diagramma volume (cm³ / pressione in kPa);
- modulo pressiometrico in accordo alla espressione:

$$E_p = 2 D_p \cdot \frac{(1 + P_{rt}) \cdot (V_o + V_m)}{D}$$

dove:

- E_p = modulo pressiometrico;
- P_{rt} = rapporto di Poisson;
- V_o = volume della cella di prova alla pressione atmosferica;
- V_m = volume corretto nella parte centrale dell'incremento $V = V_r - V_c$, per V_r = volume da lettura a manometro e V_c = correzione volumetrica alla pressione corrispondente in base alla curva di calibrazione.

26.4 PROVA DILATOMETRICA IN ROCCIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.070** "Esecuzione prova dilatometrica in roccia"

26.4.1 Descrizione

Viene utilizzata per la determinazione in sito dei parametri di deformabilità. I risultati della prova, se eseguita in numero sufficiente, consentono di fornire elementi di supporto al modello geologico e geomeccanico dell'ammasso roccioso. Inoltre, interpretati mediante le correlazioni sperimentali, forniscono stime rapide e soddisfacentemente accurate di parametri geotecnici e di resistenza.

26.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ISRM 1987 - Suggested methods for deformability determination using a flexible dilatometer;
- UNI EN ISO 22476-5 - Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 5: Prova con dilatometro flessibile.

26.4.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- ubicazione, direzione ed immersione del sondaggio;

- profondità della sezione di misura;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata;
- diagrammi variazioni diametrali-p pressione per ogni trasduttore;
- schema di calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;
- relazione matematica per il calcolo dei moduli;
- tabelle riassuntive dei moduli di deformabilità e di elasticità.

26.5 PROVE DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LEFRANC

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.050.1** “Prova di permeabilità di tipo Lefranc”

26.5.1 Descrizione

Prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

La prova è destinata a misurare la conducibilità idrica orizzontale del terreno.

26.5.2 Modalità esecutive

Si esegue misurando gli assorbimenti di acqua nel terreno, facendo filtrare l'acqua attraverso un tratto di foro predeterminato. Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile; a carico idraulico costante nel caso di elevata conducibilità.

Le modalità esecutive di ciascuna prova saranno le seguenti:

- perforazioni con carotiere fino alla quota di prova;
- 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 della sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- nel caso di terreno fuori falda, immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti primi;
- esecuzione della prova.

Carico idraulico variabile

- Riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento;
- Misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 14", 30", 1', 2', 4', 8', 15' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Carico idraulico costante

- Immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita dal terreno costante nel tempo e misurata;
- Il controllo della portata immessa a regime idraulico costante sarà determinata con contalitri di sensibilità pari a 0,1 litri. La taratura del contalitri deve essere verificata in sito riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri;
- Le condizioni di immissione a regime costante devono essere mantenute, senza variazione alcuna, per 10 - 20 min.

A partire dal momento della interruzione della prova, si misureranno gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello della falda.

26.5.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali;
- schema geometrico della prova;
- livello di falda;
- tempo di saturazione (se eseguita);
- portata a regime;
- letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi.

26.6 PROVA DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LUGEON

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.050.2 "Prova di permeabilità di tipo Lugeon"

26.6.1 Descrizione

La prova misura l'attitudine di un ammasso roccioso ad essere interessato da circolazione idrica; si eseguirà iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni lapidei o litoidi, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni.

26.6.2 Modalità esecutive

Il contalitri dovrà essere tarato in sito, prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 l.

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 calcherà la perdita di carico corrispondente alla portata Q come $P_c = P/l$ dove:

- P_c = perdita di carico per metro lineare (atm/m);
- P = pressione al manometro (atm);
- l = lunghezza del tubo (m).

La prova sarà ripetuta per almeno 3 diversi valori di portata Q .

Prova di avanzamento

Se non diversamente richiesto dalla DL, le prove si eseguiranno in avanzamento con otturatore singolo.

L'otturatore sarà calato nel foro dopo avere misurato il livello del fluido nel sondaggio con sonda piezometrica. Il foro sarà privo di rivestimento; il fluido di perforazione sarà costituito da sola acqua priva di additivi.

L'otturatore sarà espanso ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza $L \geq 5 D$, dove:

- L = lunghezza del tratto di foro isolato;
- D = diametro del foro.

Non si supereranno lunghezze L di 5 m, da assumersi come limite massimo.

Si procederà ad iniettare acqua nel tratto di prova, eseguendo 3 (o più) diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi nei primi 2 m in discesa, misurando per ciascun gradino le portate assorbite a stabilizzazione dell'assorbimento raggiunta.

Ciascun gradino di portata (a regime) sarà mantenuto per 10 ÷ 20 minuti primi, in salita e discesa.

La scelta del valore dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove.

Non si supereranno comunque valori massimi di 1 MPa, e solo nei casi di elevata resistenza meccanica della matrice rocciosa.

In condizioni diverse, è preferibile non superare pressioni di 0,3 MPa in rocce poco resistenti e di 0,5 MPa in rocce mediamente resistenti.

In condizioni di prova a scarsa profondità in rocce poco resistenti, solo litoidi o semilitoidi, si ammettono limiti massimi di pressione non superiori a 0,3 MPa.

La tabella seguente propone alcuni esempi di riferimento.

Tabella 7 – Indicazione dei gradini di prova per l'esecuzione di prove di permeabilità di tipo Lugeon in funzione del materiale attraversato.

Condizioni di prova	Gradini di pressione (MPa)
Rocce semilitoidi, litoidi o litiche a scarsa resistenza, a profondità inferiori a 5 m p.c.	0,05 - 0,15 - 0,25 - 0,15 - 0,05
Rocce con scarsa resistenza	0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,2 - 0,1
Rocce con media resistenza	0,1 - 0,3 - 0,5 - 0,3 - 0,1
Rocce con altra resistenza	0,2 - 0,4 - 0,8 - 0,4 - 0,2

Durante la prova si provvederà a mantenere pieno di acqua il foro di sondaggio, 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 idriche.

Prova di risalita

Se richiesto dalla DL, 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 del pistoncino ad espansione inferiore, il cui comportamento non può essere osservato durante la prova.

26.6.3 Documentazione finale

Per ciascuna prova si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema della geometria del foro e delle modalità di prova;
- livello statico della falda;
- tabulato delle letture di cantiere (tempi, portate, pressioni al manometro);
- grafico pressione effettiva 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).

27 PROVE PENETROMETRICHE

Le attività riguardanti le prove penetrometriche sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prova penetrometrica dinamica continua DPSH;
- Prove penetrometriche statiche di tipo meccanico;
- Prove penetrometriche statiche di tipo elettrico;
- Prove penetrometriche statiche con piezocono;
- Prova penetrometrica con cono sismico.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'assetto del cantiere durante la ciascuna prova.

27.1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.160 "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.165 "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.185 "Prova penetrometrica dinamica continua"

27.1.1 Descrizione

Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzazione è molto vasto, potendo essere eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno e fornendo una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

27.1.2 Modalità esecutive

La prova consisterà nell'infissione della punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 20 cm, misurando il numero di colpi (NPD) necessari.

Dopo 20 cm di penetrazione della punta verrà infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi (NRV).

La prova verrà sospesa per raggiunto rifiuto quando NPD o NRV superano il valore di 100. Di norma le prove verranno iniziate alla quota del piano campagna.

La punta conica dovrà sporgere dal rivestimento non più di 20 cm in qualsiasi fase della prova; ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza NPD 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 infiltrazione 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 due colonne; ad esempio:

- iniezione di acqua in pressione nell'intercapedine;
- bloccaggio di una delle 2 colonne ed infissione o estrazione dell'altra;
- azione combinata dei 2 interventi sopra descritti.

Fra testa di battuta alla sommità della batteria ed il piano campagna dovrà essere installato almeno un centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

Tabella 8 – Parametri geometrici delle aste e della punta conica, della massa battente e dell'altezza di caduta del dispositivo di infissione.

Aste	
Lunghezza	$l = 1 \div 2 \text{ m}$
Peso per metro lineare	$M = 3,6 \div 8 \text{ kg}$
Diametro esterno aste	$\varnothing_{\text{est}} = 28 \div 34 \text{ mm}$
Diametro esterno rivestimento	$\varnothing_{\text{est}} = 48 \text{ mm}$
Diametro interno rivestimento	$\varnothing_{\text{est}} = 30 \div 38 \text{ mm}$
Punta conica (alla base delle aste interne)	
Angolo apertura	$\varnothing = 60^\circ \text{ oppure } 90^\circ$
Diametro base	$\varnothing b = 50,5 \pm 0,5 \text{ mm}$

Dispositivo di infissione	
Massa battente	M = 63,5 ± 0,5 kg oppure 73 kg
Altezza di caduta	h = 750 ± 2 mm

L'intercapedine tra Øint della scarpa ed aste sarà di 0,2 ÷ 0,3 mm; tra aste e rivestimento sopra la scarpa di 2 mm circa.

L'altezza di caduta nel corso della infissione dei rivestimenti non è vincolante.

27.1.3 Documentazione finale

Per ciascuna prova si dovrà riportare su apposite schede:

- la tabulazione dei dati rilevati per ciascuna prova (NPD ed NRV) per ciascuna verticale di prova;
- la descrizione dettagliata delle caratteristiche dell'attrezzatura impiegata;
- il grafico di NPD in funzione della profondità;
- il grafico di NRV in funzione della profondità;
- l'altezza di caduta media del maglio durante l'infissione del rivestimento.

27.2 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO MECCANICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.160 "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.165 "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.170.a "Prova penetrometrica con penetrometro statico a punta meccanica (CPT)"

27.2.1 Descrizione

Vengono effettuate in terreni coesivi come limi e argille ed in terreni limosi-sabbiosi.

La prova consisterà 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.

I dati acquisiti, oltre a restituire una dettagliata stratigrafia, possono fornire, tramite formule di correlazione, indicazioni su numerosi parametri geotecnici.

27.2.2 Modalità esecutive

Il dispositivo di spinta dovrà essere un martinetto idraulico in grado di esercitare una spinta sulla batteria di aste una spinta di 10 - 20 t, a seconda dell'esigenza, ed avente una corsa pari ad un metro.

La velocità di infissione della batteria di aste dovrà essere pari a 2 cm/s (± 0.5 cm/s), e dovrà essere costante nel corso della prova, indipendentemente dalla resistenza offerta dal terreno.

Il dispositivo di spinta dovrà essere ancorato e/o zavorrato in forma tale da poter usufruire per intero della propria capacità di spinta totale.

La punta conica telescopica, dovrà essere, infissa indipendentemente dalla batteria di aste esterne cave, e dovrà presentare le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: 37,5 mm;
- angolo di apertura del cono: 60°.

La resistenza per attrito laterale fs sarà determinata con un manicotto avente superficie laterale di 150 ÷ 200 cm².

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm.

Le astine interne a sezione piena, dovranno avere diametro inferiore di 0.5 ÷ 1 mm rispetto a quello interno delle stesse cave.

Si dovrà 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.

La misura verrà effettuata con un manometro con fondo scala massimo da 10 MPa ed uno con fondo scala superiore, collegati in modo tale che il primo sia escluso automaticamente dal circuito oleodinamico in caso di pressioni troppo elevate.

La precisione di lettura deve essere contenuta entro i seguenti limiti massimi:

- 10% del valore misurato;
- 2% del valore di fondo scala.

I manometri del dispositivo di misura dovranno essere corredati da un certificato di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale, non anteriore a due mesi dall'inizio della prova.

La taratura deve essere ripetuta ogni 3 mesi, o ogni volta che sorgono dubbi sulla validità.

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 e della punta + manicotto, misurando la pressione di spinta nel primo e nel secondo caso; si faranno quindi avanzare le aste cave, fino alla chiusura della batteria telescopica, misurando ed annotando la pressione totale di spinta.

Le misure di qc ed fs saranno discontinue, con annotazione ogni 20 cm di penetrazione.

La prova sarà quindi eseguita fino al raggiungimento dei limiti strumentali di resistenza o fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini.

La prova deve essere sospesa una volta raggiunta la profondità di circa 30 m, in quanto senza controllo degli spostamenti dalla verticale, i risultati stessi possono perdere di significatività.

27.2.3 Documentazione finale

La prova verrà documentata attraverso una apposita scheda sulla quale verranno riportate:

- informazioni generali;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche della punta;
- copia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture;
- grafici di qc e fs in funzione della profondità;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura.

27.3 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO ELETTRICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.160 "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.165 "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.175 "Prova penetrometrica CPTE o CPTU"

27.3.1 Descrizione

La prova penetrometrica statica elettrica (CPTE) permette di effettuare in continuo, ogni cm di avanzamento la misura dei valori di resistenza alla punta (qc) e dell'attrito laterale locale (fs).

27.3.2 Modalità esecutive

La punta conica fissa, interamente solidale con il movimento delle aste cave, le seguenti dimensioni:

- diametro di base del cono: $\varnothing_{bc} = 34.8 \div 36.0$ mm;
- angolo di apertura del cono: 60° .

La resistenza per attrito laterale fs sarà determinata con un manicotto di attrito liscio avente le seguenti dimensioni:

- diametro $\varnothing_{ma} = \varnothing_{bc} + 0.35$ mm;
- superficie laterale $A_{ma} = 147 \div 153$ cm².

Il manicotto sarà posizionato subito sopra il cono.

La punta di tipo elettrico sarà strumentata con celle di carico estensimetriche per la misura di fs e qs, con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per qs;
- 750 kg per fs.

Queste saranno collegate ad una centralina elettronica per la registrazione dei dati.

Qualora necessario, la DL si riserva di richiedere l'uso di punte con sensibilità massima diversa. La punta sarà dotata di sensore inclinometrico per la misura della deviazione dalla verticale.

Le aste di tipo cavo, dovranno avere un diametro esterno di 36 mm.

Eventuali anelli allargatori dovranno essere posizionati ad almeno 100 cm dalla base del cono.

Si dovrà verificare che lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilinearità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), si dovrà inoltre verificare che:

- 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;
- 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 di fondo scala.

Tale precisione dovrà essere verificata in laboratorio e verificabile in cantiere.

I dati di taratura relativi ad ogni punta dovranno essere sempre disponibili in cantiere.

La taratura finale dei dispositivi di misura e registrazione avverrà dopo che i sensori della punta si siano equilibrati con la temperatura interna del terreno.

La prova sarà quindi eseguita fino alla profondità massima prevista dal programma delle indagini o interrotta quando si verifichi uno dei seguenti casi:

- raggiungimento del fondoscala per uno dei sensori relativi a resistenza qc, fs;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di 10°, se repentina, o di 15° se progressiva.

27.3.3 Documentazione finale

I risultati dell'esecuzione delle prove dovranno essere riportati su apposite schede che comprenderanno:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche della punta;
- fotocopia dei grafici di cantiere, con indicazione delle scale;
- grafici di qc e fs; in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura delle punte impiegate non anteriori a due mesi.

27.4 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PIEZOCONO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.160 "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.165 "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- IG.05.175 "Prova penetrometrica CPTe o CPTU"
- IG.05.180 "Prove di dissipazione CPTU"

27.4.1 Descrizione

La prova con piezocono viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica, analoga a quella vista per il penetrometro a punta elettrica, è strumentata con un trasduttore di pressione per la registrazione di:

- pressione idrostatica del terreno, inclusa la sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta;
- dissipazione nel tempo della sovrappressione idrostatica indotta nel terreno, a quote predeterminate.

27.4.2 Modalità esecutive

La punta conica fissa (piezocono) sarà dotata di filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, per la misura della pressione interstiziale ($u + Du$) (pressione neutra più sovrappressione interstiziale indotta).

Il trasduttore di pressione dovrà essere a piccola variazione di volume, con fondo scala proporzionale alla pressione idrostatica prevedibile alla quota di fine prova prevista in programma; la misurazione della pressione dovrà avvenire in forma continua.

La sostituzione del filtro deve essere eseguita ad ogni estrazione della punta dal terreno.

Le aste impiegate, le apparecchiature, ecc., sono analoghe a quelle indicate per i penetrometri elettrici.

Filtro poroso e cono dovranno essere perfettamente disaerati con l'uso di una delle sottoelencate metodologie:

- cella di disaerazione sottovuoto con acqua distillata; disaerazione per bollitura, con immersione di filtro e cono per un periodo di tempo di sufficiente lunghezza, in funzione del tipo di filtro;
- contenitore sottovuoto con glicerina calda, con vibratore ad ultrasuoni per la disaerazione del filtro; il cono verrà disaerato tramite iniezione con siringa di glicerina.

Altre attrezzature, tipi di fluido e tecniche potranno essere proposti dall'Impresa dandone preventiva comunicazione alla DL.

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilinearità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), si dovrà verificare che:

- 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 di 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.

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.

Alle quote indicate dal programma si eseguiranno le prove di dissipazione operando come di seguito:

- arresto della penetrazione della 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 primi; la lettura sarà registrata manualmente sul grafico.

La prova sarà considerata conclusa al 60% della dissipazione della sovrappressione indotta dalla punta.

27.4.3 Documentazione finale

I risultati dell'esecuzione della prova dovranno essere riportati su apposite schede che comprenderanno:

- informazioni generali, con ubicazione;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche del piezocono;
- fotocopia dei grafici di cantiere con indicazione delle scale;
- grafici di q_c , f_s , $u + \Delta u$ in funzione della profondità corretta in base ai dati inclinometrici ed alle eventuali derive; i grafici relativi alle prove di dissipazione avranno i tempi in ascissa, in scala logaritmica;
- certificati di taratura dei piezoconi impiegati.

27.5 PROVA PENETROMETRICA CON CONO SISMICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.160** "Approntamento di attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- **IG.05.165** "Installazione attrezzatura per prova penetrometrica statica o dinamica"
- **IG.05.170.b** "Prova penetrometrica con penetrometro statico - con cono sismico"

27.5.1 Descrizione

La prova consiste nella misurazione dei tempi di arrivo di impulsi sismici di taglio (SH) generati in superficie ad un ricevitore posto all'interno di un'asta penetrometrica opportunamente attrezzata con una punta sismica.

27.5.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- Sistema di energizzazione (per onde di taglio SH) costituito da una massa battente manovrata a mano, pneumaticamente o oleopneumaticamente agente a percussione sul piano orizzontale in modo coniugato (180°) su un'incudine di legno o di altro materiale, ben saldo al terreno solo per attrito radente e posto nelle adiacenze della testa foro;
- Punta penetrometrica sismica costituita da un corpo metallico e da due ricevitori sismici (geofoni e/o accelerometri) paralleli fra loro a distanza di 1 metro l'uno dall'altro incapsulati ed opportunamente isolati nella punta sismica;
- Sismografo registratore con un numero di canali uguale o superiore al numero di ricevitori utilizzati in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit.

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio degli energizzatori delle onde di taglio in prossimità della prova penetrometrica da realizzare (2 - 5 m);
- infilaggio della punta sismica nel terreno fino alla posizione in cui si avrà il primo ricevitore a -1 m dal p.c. e il secondo al p.c.; la direzione dei ricevitori dovrà essere parallela alla direzione di polarizzazione dell'energizzatore;
- impostare i parametri di registrazione del sismografo in modo tale che l'intervallo di campionamento dello stesso sia posizionato sul valore massimo (ad esempio 0.0025 millisecc) e il tempo di registrazione sia di almeno 300 millisecondi;
- Generazione di un impulso di taglio in una direzione (ad esempio normale) e registrazione dei tempi di arrivo dell'onda di taglio;
- Generazione di un impulso di taglio nella direzione coniugata (180° sul piano orizzontale) e registrazione dei tempi di arrivo dell'onda di taglio;

- Infilaggio della punta penetrometrica 1 metro più in profondità senza far ruotare le aste. In tal modo l'intervallo di ricezione sarà fra - 2 e - 1 m dal p.c. e si ripetono le energizzazioni fino al rifiuto e/o fino alla profondità richiesta.

27.5.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - tempi di arrivo delle onde di taglio;
 - velocità intervallari delle onde di taglio;
 - tracce sismografiche onde di taglio.

28 ALTRE PROVE GEOTECNICHE IN SITU

Le attività riguardanti i sondaggi geognostici sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prove di carico su piastra in terre;
- Determinazione della densità in sito;
- Prove di portanza con piastra LWD;
- Determinazione CBR in sito;
- Prova con martinetto piatto.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'apparato impiegato per la prova.

28.1 PROVE DI CARICO SU PIASTRA IN TERRE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.120** "Determinazione della portanza in sito mediante prova di carico su piastra (diametro 30 cm)"
- **IG.05.155** "Determinazione della portanza in sito mediante prova di carico su piastra (diametro 60 cm)"

28.1.1 Descrizione

La prova consente di determinare le proprietà di resistenza e il cedimento verticale di una determinata massa di terreno in sito.

28.1.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- Bollettino CNR UNI 146 del dicembre 1992 “Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M'_d mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare”.

28.1.3 Documentazione finale

Per ciascuna prova, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- profondità a cui è stata eseguita la prova;
- certificato di taratura del manometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove;
- fotocopia delle tabelle con letture di cantiere del micrometro, per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- modulo di deformazione M_d (MPa) relativo al primo ciclo di carico, calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula:

$$M_d = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot D$$

- modulo di deformazione M'_d (MPa) relativo al secondo ciclo di carico, calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula:

$$M'_d = \frac{\Delta p'}{\Delta s} \cdot D$$

Dove:

- $\Delta p/\Delta p'$ = incremento di carico specifico (MPa);
- $\Delta s/\Delta s'$ = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm);
- D = diametro della piastra (mm).

28.2 DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ IN SITO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.115** “Determinazione della densità in situ con volumometro a sabbia”

28.2.1 Descrizione

La prova di densità in situ ha lo scopo di verificare appunto le caratteristiche del terreno compattato.

In particolare, questa tipologia di prova va a determinare il peso di volume del terreno secco in situ, dopo che è stato steso e opportunamente rullato, confrontandolo con il valore ottenuto in laboratorio attraverso la prova di compattazione Proctor “AASHO Standard” o “AASHO Modificata”.

Le prove di densità in situ vanno effettuate come una sorta di collaudo a seguito della posa di terreni per la realizzazione di pavimentazioni e/o nelle diverse fasi realizzazione di rilevati stradali, terre armate, ecc..

28.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D1556 - Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method;
- CNR BU n.22 - Peso specifico apparente di una terra in situ.

28.3 PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA LWD

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.125** “Determinazione della capacità portante degli strati di fondazione e sottofondo - LWD”

28.3.1 Descrizione

E' una prova di carico su piastra dinamica che consente in maniera veloce ed efficace di verificare la qualità della compattazione di terreni e strati portanti durante o alla conclusione dei lavori. Usando la Piastra Dinamica, non è necessario alcun peso di contrasto e i lavori in cantiere possono proseguire normalmente durante l'esecuzione delle misurazioni.

28.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM E2583 - Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD).

28.4 DETERMINAZIONE CBR IN SITO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.130** “Determinazione CBR in sito”

28.4.1 Descrizione

La prova viene utilizzata per la determinazione in sito dell'indice di portanza di un terreno compattato nelle costruzioni stradali.

28.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-47 - 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;
- ASTM D1883 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

28.5 PROVA CON MARTINETTO PIATTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.075** “Determinazione dello stato di sollecitazione con martinetto piatto”

28.5.1 Descrizione

Consente la valutazione dello stato tensionale tramite lettura della pressione necessaria a ripristinare la convergenza dei lembi di un taglio piano praticato perpendicolarmente alla superficie di prova.

28.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4729-87, ISRM Suggested methods of rock stress determination.

28.5.3 Documentazione finale

La documentazione della prova comprenderà, oltre alle informazioni generali e sulla ubicazione della prova:

- descrizione geomeccanica dell'ammasso con documentazione fotografica;
- descrizione delle apparecchiature di prova (di carico e di misura), loro specifiche tecniche, certificati di calibrazione, documentazione fotografica;
- tabelle delle letture originali;
- grafico deformazioni/carichi;

- valore dello stato di sollecitazione misurato e del modulo di deformabilità;
- documentazione fotografica della prova in corso di esecuzione.

29 POZZETTI E TRINCEE ESPLORATIVE

Le attività riguardano lo scavo di pozzetti geognostici.

29.1 POZZETTI GEOGNOSTICI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.145** “Approntamento e installazione escavatore per scavo di pozzetto esplorativo o per apertura di piste di accesso”
- **IG.05.150** “Scavo di pozzetti esplorativi”

29.1.1 Descrizione

Comprendono tecniche a basso costo quali:

- trincea: eseguita con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, generalmente a profondità di 2 - 4 m (al massimo fino a 6 - 7 m);
- pozzi sonda: eseguiti con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, con le relative armature e/o opere di sostegno;

Gli scavi dovranno risultare ispezionabili ed in sicurezza per tutto il tempo necessario per le indagini.

Se lo scavo è spinto al di sotto della falda valgono le prescrizioni riportate nella Sezione “Movimenti di terra” del relativo Capitolato.

Il mantenimento degli scavi aperti, comporta l’obbligo di adeguati provvedimenti contro infortuni e danni a terzi, rispettando la Normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro.

29.1.2 Modalità esecutive

Si richiede una larghezza minima di 2.5 m; per le operazioni di campionamento si richiede una sezione orizzontale di almeno 1.0x1.5 m².

L’armatura di sostegno dovrà essere commisurata alle spinte prevedibili del terreno alle varie profondità, nelle condizioni più sfavorevoli.

L’occlusione definitiva degli scavi deve essere condotta in modo da non alterare il naturale deflusso delle acque superficiali e sotterranee e da non pregiudicare la stabilità dei versanti interessati o di manufatti in prossimità.

All’interno degli scavi si potranno recuperare, con modalità ed attrezzature idonee:

- campioni rimaneggiati (cubici, cilindrici, sciolti);
- campioni indisturbati (cubici, cilindrici).

Il contenitore recherà un'etichetta o una scritta che identifichi chiaramente il campione:

- cantiere;
- codice univoco del pozzetto esplorativo;
- codice univoco del campione;
- quota di prelievo;
- parte alta del campione.

Il prelievo deve essere realizzato su fronti di scavo freschi, dopo aver asportato lo strato superficiale disseccato, alterato o allentato, e documentato con esaustiva documentazione fotografica.

29.1.3 Documentazione finale

Consta di:

- Rapporto tecnico conclusivo, riportante l'ubicazione dei punti scavo, la descrizione delle attrezzature e della metodologia utilizzata;
- stratigrafia del pozzetto, con indicazione delle caratteristiche litologiche, delle quote di prelievo dei campioni e dell'eventuale presenza di acqua.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie:

- delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'assetto del cantiere durante le attività;
- dell'interno dello scavo allo scopo di metterne in evidenza la stratigrafia e le prove realizzate, con apposizione di riferimento metrico e scala colorimetrica.

PARTE QUARTA – INDAGINI GEOFISICHE

30 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

L'oggetto della presente Sezione del Capitolato concerne le attività di indagine sia diretta che indiretta in situ per la definizione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici e delle proprietà geotecniche del volume di terreno rappresentativo per l'opera in progetto.

Le risultanze di tali indagini permettono di collezionare una banca dati fondamentale, in quanto forniscono quei parametri sito specifici sulla base dei quali vengono dimensionate le opere e gli interventi in progetto.

L'Affidatario è obbligato a garantire la presenza in cantiere, a tempo pieno, di un tecnico qualificato (Geologo o Ingegnere Geotecnico), iscritto all'Albo professionale, con la qualifica di "Responsabile di cantiere". Egli curerà e coordinerà l'esecuzione delle indagini ed avrà inoltre il compito di avvertire tempestivamente l'ANAS di eventuali esigenze di modifiche, variazioni e spostamenti rispetto al programma d'indagine approvato. Tali modifiche non potranno essere eseguite in assenza di autorizzazione formale da parte dell'ANAS.

L'Affidatario sarà tenuto a comunicare all'ANAS, all'atto della consegna dei servizi, il nominativo ed i riferimenti del Responsabile di cantiere, la data prevista di effettivo inizio degli stessi e il cronoprogramma delle attività.

L'Affidatario è tenuto a verificare, preventivamente all'esecuzione delle prove geofisiche in foro, la correttezza del tipo o delle modalità di cementazione della tubazione utilizzata e del relativo corredo: la società Affidataria si impegna, pertanto, a comunicare tempestivamente all'ANAS la presenza di eventuali anomalie o carenze che venissero riscontrate, dandone, laddove richiesta, anche specifica evidenza strumentale.

Dovrà essere redatto un Rapporto Tecnico Conclusivo, nel quale verranno descritte le metodologie di indagine applicate, la strumentazione impiegata, i riferimenti alle norme e alle procedure adottate per la conduzione delle prove. Verrà allegata al suddetto rapporto tutta la documentazione per come indicata nelle singole voci descrittive delle diverse metodologie di indagine.

31 LOG GEOFISICI

L'esecuzione di log geofisici in foro di sondaggio (detti anche carotaggi geofisici) permette di definire alcuni specifici parametri fisici fondamentali per la ricostruzione stratigrafica e per la definizione delle caratteristiche fisiche dei litotipi campionati.

L'equipaggiamento per l'esecuzione dei logs geofisici appare complesso e molto. La strumentazione base, che varia in funzione delle varie tipologie di acquisizione e della profondità da raggiungere, attualmente si compone delle seguenti parti: una o più sonde da introdurre nel pozzo, un rullo con sistema di svolgimento/riavvolgimento del cavo (mono o pluricanale) di collegamento con la superficie con motore elettrico ed un PC portatile con software per l'acquisizione, registrazione ed interpretazione del segnale.

I dati sono acquisiti in formato digitale con sistema di trasmissione dati sonda-superficie con doppio processore combinato con un sistema di modulazione, così da permettere la visualizzazione in continuo delle diagrafie con possibilità di variare sia il passo di campionamento sia la velocità di acquisizione dei dati.

Per la maggior parte dei parametri (resistività, gamma, caliper, sonico e televiewer), l'acquisizione avviene in fase di risalita mentre si è soliti utilizzare la discesa per i parametri relativi alla caratteristiche del fluido presente in foro (temperatura e resistività del fluido). Il passo di campionamento è generalmente di 10-20 cm ma può variare in funzione della lunghezza del foro da investigare. La velocità di acquisizione dei dati dipende dal tipo di parametro che si sta misurando e dal tipo di strumentazione. In media, la velocità di movimentazione delle sonde varia da 3 m/min a 7-9 m/min.

L'elaborazione dei dati avviene mediante software specifici che permettono la visualizzazione e l'interpretazione simultanea dei dati acquisiti. I moderni software di interpretazione forniscono direttamente i valori dei vari parametri acquisiti già corretti in funzione dell'effettivo diametro di perforazione.

Il Rapporto finale prevede la descrizione complessiva delle operazioni svolte, la definizione delle caratteristiche generali della strumentazione utilizzata (specifiche tecniche, range operativi ed incertezza delle misure), i risultati dell'interpretazione qualitativa e quantitativa dei dati acquisiti, un'elaborato grafico contenente le diagrafie dei vari parametri acquisiti affiancate, talvolta, dalla colonna stratigrafica interpretativa, il tabulato delle misure effettuate con il relativo passo di campionamento.

31.1 OTTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 "Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2 "Esecuzione Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2a "OTTICO"

31.1.1 Descrizione

Il log ottico dei fori di sondaggio consente di misurare e descrivere con notevole accuratezza e precisione le caratteristiche geometriche e geomeccaniche delle discontinuità, la giacitura di elementi stratimetrici nonché il dimensionamento di cavità.

La sonda OBI (*Optical Borehole Imager*) o BIPS (*Borehole Image Processing System*) riproduce un'immagine orientata a colori della parete del foro di sondaggio oppure del rivestimento. In questo modo viene realizzata un'immagine continua della parete del foro, che viene rappresentata come sviluppo planare. Sull'immagine sono facilmente riconoscibili fessure aperte o riempite e fratture, nonché tagli, danneggiamenti, giunti ecc. del rivestimento.

31.1.2 Modalità esecutive

La prova si esegue con una telecamera a colori ad alta definizione montata su aste di alluminio centimetrata o su cavo idoneo dotato di sistema di rilevamento profondità consente la visione diretta delle condizioni geostrutturali di un ammasso roccioso e/o delle caratteristiche stratigrafiche delle formazioni perforate da un sondaggio verticale o sub-verticale, l'individuazione di eventuali cavità e discontinuità.

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 / 720 pixel;
- 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.

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 (diametro minimo 3").

La telecamera dovrà essere calata lentamente nel foro, a 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.

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 ANAS.

31.1.3 Documentazione finale

Al completamento dell'indagine dovrà essere presentata, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, la seguente documentazione:

- 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;
- planimetria e sezione con l'indicazione della posizione dei rilievi televisivi eseguiti;
- video in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.), su idoneo supporto digitale (hard-disk, pen-drive, CD-DVD, ecc.);
- la schematizzazione grafica orientata del reticolo dei piani di divisibilità rilevati durante l'ispezione, con l'indicazione di tutte le misure;
- 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, che a sua volta comprende:
 - 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;
 - sezioni N-S lungo l'asse del sondaggio con riportate le tracce delle discontinuità rilevate;
 - diagramma della densità di fratturazione, espressa come numero di fratture per metro di foro rilevato;
 - 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;
 - diagramma equiareale di Schmidt con le aree di isodensità per ciascuna zona omogenea in cui risulta divisibile il tratto di foro in esame;
 - riproduzioni cartacee e video in 2D e 3D;

- tabella con i dati giacitureali, tipologici e di apertura medi delle famiglie di discontinuità individuate.

31.2 ACUSTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2b “ACUSTICO”

31.2.1 Descrizione

Esecuzione di rilievo geomeccanico mediante la misura dei parametri giacitureali (immersione ed inclinazione) delle discontinuità intercettate da un foro di sondaggio, eseguita mediante l'impiego di una sonda cilindrica in grado di ruotare di 360° su se stessa, dotata di emettitore di un segnale ultrasonico, dalla cui misura dei tempi di percorrenza – nota l'ampiezza dell'impulso – viene ricavata un'immagine acustica del foro, orientabile grazie all'unità magnetometrica e servoaccelerometrica implementata nella sonda.

31.2.2 Modalità esecutive

Al termine della perforazione viene inserita la strumentazione all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori di cui è dotata la sonda, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

La sonda dovrà avere diametro esterno di circa 45 mm, dovrà essere dotata di unità di emissione e acquisizione ultrasonica di frequenza almeno pari a 500Hz, garantire un numero di giri/secondo compresi tra 7 e 12, e consentire almeno 128 acquisizioni per giro. Essa dovrà inoltre essere equipaggiata con un'unità per il controllo dell'orientazione e dell'inclinazione del foro.

Le informazioni acquisite, registrate in remoto, saranno riprodotte su uno schermo per la visualizzazione in tempo reale del rilievo.

L'acquisizione dovrà essere eseguita in tratti di foro non rivestiti, ed anche in presenza di fluidi più o meno torbidi all'interno della perforazione.

L'acquisizione dovrà essere eseguita in risalita a velocità costante, inferiore a 2 m/min, così da garantire una corretta e completa scansione del foro.

L'acquisizione deve poter essere eseguita in fori sia verticali, che variamente inclinati, fino ad orizzontali.

Il rilievo è da ritenersi completo ed eseguito a regola d'arte con la restituzione dei report di acquisizione e delle elaborazioni grafiche e statistiche che permettono di ricostruire il quadro fessurativo del foro, nonché la giacitura delle discontinuità e famiglie di discontinuità intercettate dalla perforazione.

31.2.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione, ovvero: caratteristiche tecniche della sonda utilizzata, frequenza del segnale, velocità di rotazione, frequenza di scansione, velocità di risalita;
- diagramma a colori profondità/tempo di percorrenza sviluppato a 360° con indicazione dell'orientazione;
- diagramma a colori profondità/ampiezza sviluppato a 360° con indicazione dell'orientazione;
- giacitura (immersione ed inclinazione) per ciascuna delle discontinuità intercettate suddivise per tipologia (stratificazione, scistosità, fratture, faglie, ecc.), diagrammate in funzione della profondità;
- diagramma della densità di fratturazione, espressa come numero di fratture per metro di foro rilevato;
- proiezioni stereografiche (ovvero proiezioni ciclografiche, ovvero diagrammi equiareali di Schmidt) per il plottaggio dei poli, delle aree di isodensità dei poli e delle tracce ciclografiche delle discontinuità intercettate, nonché per ciascuna delle famiglie riconosciute all'interno del foro rilevato, o per ciascuno dei tratti di foro investigato;
- tabella riassuntiva dei parametri giaciturelle delle discontinuità rilevate, nonché i dati medi per ciascuna delle famiglie di discontinuità individuate;
- diagramma della deformazione del foro definito per tratti omogenei di sondaggio, consistenti in rappresentazioni orientate della forma assunta dal foro rispetto al piano orizzontale.

31.3 SONICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 "Aprontamento attrezzatura per Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2 "Esecuzione Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2c "SONICO"

31.3.1 Descrizione

I log sonici forniscono informazioni sulla litologia, la porosità e sui parametri elastici delle formazioni attraversate. Viene utilizzato anche per la localizzazione di fratture aperte e per verificare la qualità della cementazione di un rivestimento, attraverso la misura della velocità di propagazione di impulsi sonici, mediante una sonda cilindrica dotata di un emettitore di impulsi in testa e di uno o più ricevitori all'altra estremità, che registrano l'arrivo delle differenti onde (l'inverso della velocità di propagazione delle onde di compressione (P), di taglio (S) e di Stoneley (St)).

31.3.2 Modalità esecutive

La sonda di prova dovrà essere costituita da un corpo cilindrico con emettitore sonico all'estremità superiore e 1 oppure 2 ricevitori all'estremità opposta, separati da una distanza di $80 \div 100$ cm, se non altrimenti approvato, e da un corpo intermedio costituito da materiale in grado di impedire la diretta propagazione dell'impulso sonico da emettitore a ricevitore.

Nel caso di sonda con 2 ricevitori, anche questi saranno separati da un corpo intermedio in grado di assorbire gli impulsi diretti. Cavi elettrici di connessione della sonda con una centralina di ricezione del segnale, quest'ultima in grado di registrare in millisecondi il tempo di tragitto dell'impulso da sorgente a ricevitore.

La sonda verrà inserita nel foro di sondaggio ed arrestata in corrispondenza di punti distanti fra loro di $20 \div 50$ cm, con misura in corrispondenza di ogni punto di prova del tempo di tragitto dell'impulso sonico.

Le misure saranno eseguite sull'intera lunghezza del foro di sondaggio, se non diversamente richiesto dal programma di lavoro concordato con ANAS.

31.3.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali atte ad identificare ed ubicare completamente la verticale di prova;
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- diagramma rappresentante la velocità sonica (km/s) rispetto alla profondità (m);
- nota descrittiva delle operazioni eseguite con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti.

31.4 DIREZIONALITÀ DEL FORO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.022.7.1** "Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici"

- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2d “DIREZIONALITÀ DEL FORO”

31.4.1 Descrizione

Log per la valutazione della deviazione dall'asse teorico dei fori: la misura viene effettuata mediante utilizzo di appositi magnetometri installati all'interno della sonda in grado di rilevare inclinazione ed azimuth del foro.

31.4.2 Modalità esecutive

La sonda viene inserita all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

31.4.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- report delle operazioni eseguite completo delle informazioni necessarie per la piena comprensione del rilievo e delle successive elaborazioni, con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti;
- diagramma polare della direzione;
- diagramma profondità/direzione.

31.5 CONDUCIBILITÀ ELETTRICA E TEMPERATURA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2e “CONDUCIBILITÀ ELETTRICA E TEMPERATURA”

31.5.1 Descrizione

Log per la misura in continuo della conducibilità elettrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ normalizzata a 25°C) del fluido presente nel foro e della temperatura ($^\circ\text{C}$). Con questa prova è possibile rilevare anomalie causate da ingressione marina o fluidi termominerali, determinare la salinità dei fluidi, studiare il gradiente geotermico.

Viene anche utilizzata per normalizzare la misurazione della conducibilità elettrica in funzione della temperatura e, quindi, per confrontare tale parametro tra più fori.

31.5.2 Modalità esecutive

La sonda dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- Temperatura;
- Range di misura: $-20^\circ \div 80^\circ\text{C}$;
- Precisione: $< 1\%$;
- Risoluzione: 0.004°C ;
- Conducibilità elettrica;
- Range di misura: $5 \mu\text{S}/\text{cm} \div 2.5 \times 10^5 \mu\text{S}/\text{cm}$;
- Precisione: 1% ($500 - 2.5 \times 10^5 \mu\text{S}/\text{cm}$).

La strumentazione viene inserita all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

L'acquisizione avviene sia in discesa che in risalita.

31.5.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- report delle operazioni eseguite completo delle informazioni necessarie per la piena comprensione del rilievo e delle successive elaborazioni, con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti;

- diagrammi profondità/conducibilità elettrica e profondità/temperatura.

31.6 GAMMA RAY

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2f “GAMMA RAY”

31.6.1 Descrizione

Misura della radioattività naturale delle rocce attraversate, espressa in unità API o CPS, funzione della loro composizione chimico-mineralogica, a scopo di correlazioni litostratigrafiche di estremo dettaglio, in particolare per discriminazione dei livelli argillosi da quelli arenacei o carbonatici. L'emissione dei raggi, che di solito proviene dal decadimento del potassio-40 e dell'uranio o del torio e dai loro prodotti di decadimento, viene registrata anche in fori rivestiti.

31.6.2 Modalità esecutive

La sonda viene inserita all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

A step di 10 cm avviene la misura degli impulsi luminosi, convertiti in impulsi elettrici, emessi dallo scintillatore (generalmente un cristallo di Ioduro di Sodio drogato con Tallio NaI[Tl]), con cui sono equipaggiate le sonde utilizzate, quando colpito dai raggi gamma.

31.6.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- durata della prova ed intervalli di campionamento;
- diagramma profondità/conteggio totale dei raggi gamma;
- diagramma profondità/GR espressi in n° per secondo - cps (*counts per second*).

31.7 MICROMULINELLO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2g “MICROMULINELO”

31.7.1 Descrizione

Misura della velocità verticale del flusso idrico a varie profondità all'interno dei sondaggi attrezzati con tubi piezometrici fessurati attraverso il micromulinello (costituito da un'elica rigida protetta da una gabbietta ovoidale del diametro esterno di 42 mm oppure 70 mm), associato ad un contatore di impulsi a cellula fotoelettrica e ad un registratore di impulsi collegato a un 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. Completano la strumentazione i cavi elettrici di collegamento del sensore al registratore ed una bobina avvolgicavo con lettore della profondità del sensore.

31.7.2 Modalità esecutive

Le misure sono da eseguirsi in colonne filtranti costituite da tubazioni finestrate del diametro da 2" a 4" (i vuoti devono costituire almeno il 10% della superficie fessurata, con aperture di 0,4-1,0 mm) e da tubazioni cieche di diametro pari a quelli finestrati, giuntabili ai medesimi, ed interamente ricoperte da calza in tessuto-non-tessuto oppure da rete di nylon a maglia di 0,5 mm, fissata solidamente alla tubazione stessa, con alle estremità idonei tappi impermeabili di isolamento.

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. Nell'intercapedine tra la tubazione piezometrica e la parete del foro andrà inserito un filtro di ghiaietto pulito ($\varnothing=2\div 4$ mm).

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.

Prima di procedere ad effettuare la prova, si determineranno i seguenti parametri del sensore:

Vo = velocità iniziale di spunto (dipende dagli attriti di origine meccanica che si sviluppano nel perno dell'elica); R = coefficiente di riduzione (tiene 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.

Le misure in sito con il micromulinello devono essere eseguite, ogni 20-50 cm per tutta l'altezza del tubo fessurato; 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 10-60 secondi, nonché il senso della corrente, ascendente o discendente.

Le misure devono essere eseguite nelle due seguenti condizioni:

- in condizioni idrauliche naturali, per rilevare eventuali correnti naturali del terreno;
- durante l'immissione o l'estrazione d'acqua con cui si realizza un flusso d'acqua "transitorio" attraverso il terreno.

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 sia in discesa che in risalita, in condizioni di falda naturale ovvero di falda dinamica, per tutta l'altezza della colonna filtrante.

31.7.3 Documentazione finale

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 una 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:

$$V = (nd/R) + V_0$$

dove:

- n = numero di giri dell'elica per unità di tempo;
- d = passo dell'elica;
- R = velocità di spunto iniziale;
- V_0 = 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.

31.8 CALIPER MECCANICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2h “CALIPER MECCANICO”

31.8.1 Descrizione

Strumento utilizzato per misurare il diametro di un foro e come esso varia con la profondità. Da tale misura si può risalire al riconoscimento di zone più o meno fratturate e/o permeabili, alla misura del volume del foro per valutazioni sulla quantità di cemento o ghiaia di riempimento; valutazione delle sezioni di foro per calibratura *packers* per le prove di pozzo. La misura del diametro del foro è, infine, utile per la calibrazione dei dati acquisiti con sonde di diverso tipo. Può essere impiegato anche su fori rivestiti per l'analisi di eventuali rotture, incrostazioni o deformazioni della colonna.

31.8.2 Modalità esecutive

Requisiti minimi dello strumento:

- n° bracci: 3;
- range di misura: 50 – 400 mm;
- precisione: 1 mm;
- risoluzione: 0,5 mm.

La sonda viene inserita all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verri-cello, i cavi e i centralizzatori, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

L'acquisizione avviene per mezzo dei bracci, i quali sono premuti contro la parete del foro mentre lo strumento viene sollevato dalla parte inferiore del foro. Il movimento in entrata e in uscita dalla parete del foro viene registrato elettricamente e trasmesso all'apparecchiatura di registrazione in superficie.

Il rilievo è da ritenersi completo ed eseguito a regola d'arte con la restituzione dei report di acquisizione e delle elaborazioni grafiche e statistiche delle misure.

31.8.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- diagramma profondità/diametro del foro.

32 PROSPEZIONI SISMICHE

Le attività riguardanti le prospezioni sismiche sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prove Down-Hole;
- Prove Cross-Hole;
- Prospezioni sismiche a rifrazione;
- Prospezioni sismiche a riflessione;
- Prospezione sismica ibrida;
- Prospezione geotomografica;
- Prove per onde superficiali attive (MASW);
- Prove per onde superficiali passive (RE.MI.);
- Indagini di sismica passiva (HVSR).

Data la natura dei servizi richiesti il Geologo o l'Ingegnere geotecnico, in possesso dell'abilitazione alla professione, indicato dall'Affidatario, sarà responsabile dell'intero svolgimento dei servizi e curerà e coordinerà l'esecuzione delle attività di indagine. Avrà cura di verificare che le indagini vengano effettuate secondo le direzioni impartite da ANAS, e ove non sia possibile per oggettive ragioni non dipendenti dalla responsabilità dell'Affidatario, di comunicarlo tempestivamente prima di procedere all'esecuzione. Il responsabile accerterà che le prospezioni vengano realizzate con un grado di qualità tali da non inficiare il

buon esito dell'indagine e l'utilità delle informazioni per le quali le stesse sono state commissionate. In caso contrario renderà conto ad ANAS dell'operato dell'Affidatario.

L'Affidatario provvederà alla georeferenziazione delle indagini, ovvero del singolo punto di indagine (per le indagini puntuali) o degli estremi dello stendimento (per le linee, i tracciati o i profili sismici).

Il Geologo o l'Ingegnere indicato dall'Affidatario, sarà anche responsabile della stesura della relazione tecnica conclusiva, e di tutti gli elaborati grafici richiesti, che contenga oltre alle informazioni generali sulla campagna di indagine (progetto, località, data di inizio e fine indagine, nominativi del personale impiegato, ecc.) anche l'illustrazione della strumentazione impiegata e della tipologia di prospezioni realizzate.

In particolar modo dovrà essere prodotta al termine della campagna di indagine una planimetria ubicativa riportante appunto le ubicazioni delle singole prospezioni, univocamente identificabili, e le relative caratteristiche (prova down-hole, prova cross-hole, linea sismica a rifrazione, linea sismica a riflessione, MASW, ecc.).

L'elaborato dovrà essere redatto su basi topografiche di adeguato dettaglio e georeferenziato nel sistema UTM (ellissoide di riferimento WGS84) e Gauss-Boaga. Inoltre dovrà avere un dettaglio ed una scala di rappresentazione adeguato e commisurato alle esigenze che ANAS manifesterà all'Appaltatore nel corso del contratto.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni, che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione l'apparato per le indagini.

32.1 PROVE DOWN-HOLE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.195** "Tubo in PVC per protezione fori di geofisica"
- **IG.05.205** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche e posizionamento apparecchiatura"
- **IG.05.230** "Prove sismiche down-hole all'interno di sondaggi geognostici"

32.1.1 Descrizione

Metodo geofisico per la misura in sito della velocità di propagazione V_p delle onde sismiche longitudinali e V_s delle onde trasversali per la determinazione dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni.

32.1.2 Modalità esecutive

Le misure si eseguiranno mediante la misurazione dei tempi di tragitto di impulsi sismici da un emettitore ad un ricevitore, quest'ultimo posto all'interno di un foro di sondaggio adeguatamente rivestito con tubazione apposita.

La esecuzione della prova richiede la predisposizione di un foro di sondaggio attrezzato con tubazioni.

Le modalità di esecuzione della prova saranno le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio del ricevitore in corrispondenza del primo punto di prova, in accordo al programma di lavoro;
- generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale di prova.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità ed avranno la frequenza specificata dal programma di lavoro (la frequenza oscilla di norma tra una misura ogni 0,5 m ed una ogni 3,0 m).

In cantiere, prima dell'installazione, si dovrà provvedere a:

- controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciature dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi non presentino sbavature che possono compromettere il buon accoppiamento;
- verificare l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- 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;
- controllare gli utensili per l'installazione, ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

Per la esecuzione delle misure geofisiche si utilizzeranno le sottoelencate attrezzature:

- sistema di energizzazione (per onde di compressione P) costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo;
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati;

- sistema di energizzazione (per onde di taglio SH) costituito da una massa battente manovrata a mano, pneumaticamente o oleopneumaticamente agente a percussione sul piano orizzontale in modo coniugato (180°) su un'incudine di legno o di altro materiale, ben saldo al terreno solo per attrito radente e posto nelle adiacenze della testa foro. È onere e responsabilità dell'Impresa dimensionare correttamente la sorgente, in funzione della natura e caratteristiche dei terreni interessati e che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.
- geofoni da foro tridimensionali, a frequenza compresa fra 8 e 14 Hz, e di diametro minore o uguale a 70 mm, da calare nel foro a profondità prefissate, in grado di registrare i tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio; ogni ricevitore deve potere essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio meccanico, pneumatico e/o elettrico.

In caso si utilizzi un solo ricevitore, questo potrà essere anche:

- a doppia terna ovvero costituito da due terne cartesiane ortogonali di ricevitori spaziate fra lo ro di un metro (1 Verticale e 2 Orizzontali)
- costituito da 3 o più geofoni orizzontali (1 Verticale 3 o più geofoni Orizzontali) disposti sul piano orizzontale ad angoli variabili (60° se 3 geofoni orizzontali – 45° de 4 geofoni orizzontali)
- sismografo registratore con un numero di canali uguale o superiore al numero di ricevitori utilizzati, in grado di realizzare campionature di segnali tra 0.025 e 2 millisecondi e dotato di filtri high pass, band pass e band reject, di "Automatic Gain Control" e di convertitori A/D del segnale campionato ad almeno 16 bit;
- apposito software per l'elaborazione dei dati, in grado di fornire i valori di velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione di misura impiegando interattivamente algoritmi di calcolo adeguati (es. ART, SIRT, e ILSP) previo controllo dei tragitti dei raggi sismici (Ray Tracing Curvilineo).

I tubi per prove "down-hole" avranno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

- spessore > 3 mm
- diametro interno $\varnothing_{int} = 75 \div 100$ mm

I tubi saranno realizzati in PVC, in spezzoni da circa 3 m di lunghezza ed assemblati mediante filettatura a vite.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità (l'uso dei manicotti e dei rivetti è facoltativo):

- lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita;

- preassemblare i tubi in spezzoni di circa 6.0 m fasciando le giunzioni con nastro autovulcanizzante;
- montare sul primo spezzone il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;
- inserire il primo tubo predisposto nella perforazione (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
- bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente l'estremità superiore;
- inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio e la sigillatura del giunto;
- allentare la morsa e calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando nel contempo il tubo d'iniezione;
- bloccare la colonna con la morsa quando fuoriesce solamente l'estremità superiore.

Procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo inseriti.

Completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione (≈ 2 atm) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno dei tubi.

I rivestimenti di perforazione dovranno essere estratti, operando solo a trazione, non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione dei rivestimenti il rabbocco di miscela potrà essere eseguito da testa foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi.

Nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo di prova di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo \varnothing int = 0,12 m, lunghezza $L > 1.0$ m).

Il tubo sporgerà di 15 cm dalla sommità del tubo per prove geofisiche e sarà provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto.

Terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita.

Se richiesto, alla distanza di 2 m da bocca foro si realizza un cubo in calcestruzzo di lato 50 cm, inserito nel terreno per 20 cm e reso ben solidale con il medesimo.

Il cubo deve, a presa ed indurimento avvenuti, essere resistente alla percussione manuale con mazza da 10 Kg e privo di lesioni, fratture, fessure da ritiro. In alternativa al cubo, sempre se richiesto, sarà realizzato un alloggiamento interrato in cls per l'uso di un percussore idraulico.

Le modalità di esecuzione della prova dovranno essere le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio degli energizzatori delle onde di compressione e di taglio in prossimità della bocca pozzo (a qualche metro di distanza dai 2 - 5 m);
- posizionamento e bloccaggio del ricevitore a fondo foro;
- generazione di un impulso di taglio normale e coniugato con relativa registrazione dei tempi di arrivo delle onde di taglio per verifica dei parametri di acquisizione (record time). Durante questo test si deve riconoscere chiaramente l'arrivo delle onde di taglio mediante inversione di polarità del segnale acquisito.

Stabiliti gli esatti parametri di acquisizione si procede con la registrazione nel seguente modo:

- energizzazione delle onde di compressione e registrazione del file relativo;
- energizzazione delle onde di taglio e registrazione del file relativo;
- riposizionamento del ricevitore 1 metro (o quanto stabilito dalla DL) più superficiale rispetto a fondo foro e ripetizione delle energizzazioni di compressione e di taglio come sopra;
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale d'indagine.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità e avranno frequenza non inferiore a 1 misura ogni metro di sondaggio.

32.1.3 Documentazione finale

La documentazione delle misure dovrà comprendere quanto sottoelencato:

- informazioni generali atte ad ubicare ed identificare le prove;
- schema geometrico del tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- ubicazione e caratteristiche descrittive del dispositivo di energizzazione con date di esecuzione del getto;
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - stratigrafia del sondaggio;
 - tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;

- velocità delle onde di compressione e di taglio per ogni stazione;
- intervallari delle onde di compressione e di taglio;
- coefficiente di Poisson dinamico;
- modulo di elasticità dinamico;
- modulo di taglio dinamico;
- modulo di compressibilità dinamico;
- tracce sismografiche onde di compressione;
- tracce sismografiche onde di taglio.

32.2 PROVE CROSS-HOLE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.195 "Tubo in PVC per protezione fori di geofisica"
- IG.05.200 "Fornitura, posa in opera e cementazione di tubi in PVC per lavori in galleria"
- IG.05.205 "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche posizionamento apparecchiatura"
- IG.05.225 "Sismiche cross-hole"

32.2.1 Descrizione

Metodo geofisico per la misura in sito della velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali (V_p) e delle onde trasversali (V_s) per la determinazione dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni, lungo un percorso orizzontale tra due o più fori di sondaggio.

Le misure si eseguono mediante la misurazione dei tempi di tragitto di impulsi sismici da un emettitore ad un ricevitore posti all'interno di due fori di sondaggio paralleli e ravvicinati, a distanza reciproca di $3 \div 8$ m.

32.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ISRM 1988 - "Suggested methods for seismic testing within and between boreholes".

32.2.3 Documentazione finale

La documentazione delle misure dovrà comprendere quanto sottoelencato:

- informazioni generali atti a ubicare ed identificare le prove;

- schema geometrico di ogni tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- rilievo inclinometrico della verticalità;
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - stratigrafie dei sondaggi;
 - tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
 - velocità delle onde di compressione e di taglio nella sezione compresa tra i due fori;
 - coefficiente di Poisson dinamico;
 - modulo di elasticità dinamico;
 - modulo di taglio dinamico;
 - modulo di compressibilità dinamico;
 - tracce sismografiche onde di compressione;
 - tracce sismografiche onde di taglio;
 - misure inclinometriche;
 - risultanze finali ed interpretative;
 - Log sonico;
 - diagrammi di V_p e V_s rispetto alla profondità.

Le misure effettuate e la loro restituzione in un grafico che evidenzi la distanza in ogni punto della coppia dei fori per misure "cross-hole" farà parte integrante della documentazione.

32.3 PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.205** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche e posizionamento apparecchiatura"

- IG.05.208 “Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica”
- IG.05.210 “Analisi dell’attenuazione anelastica”
- IG.05.215 “Esecuzione di prospezioni sismiche a rifrazione”
- IG.05.220 “Elaborazione tomografica per distanza intergeofonica”
- Q.05.021 “Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica”.

32.3.1 Descrizione

Consiste nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione (P) e delle onde di taglio (SH), create allo scopo tramite opportuna energizzazione, e rifratte dalle superfici di discontinuità che costituiscono contrasti di impedenza del sottosuolo. La registrazione si realizza attraverso uno stendimento di geofoni disposti a intervalli regolari lungo il profilo da indagare. L’equidistanza tra i geofoni ed il loro numero dipendono dal dettaglio e dal target (profondità di indagine richiesta).

La misura dei tempi di arrivo delle onde P e delle onde SH ai diversi geofoni permette di ricostruire l’andamento e la profondità degli orizzonti rifrattori presenti nel sottosuolo e di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

Normativa di riferimento:

ASTM D 5777 - 95 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation.

32.3.2 Caratteristiche delle attrezzature

L’attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- sismografo minimo a 24 canali, con 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 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- un numero minimo di 24 geofoni verticali (acquisizione onde P) e di 24 geofoni orizzontali (acquisizione onde SH) con frequenza propria variabile tra 8 e 30 Hz;
- sistema di energizzazione adeguato alla lunghezza dei tiri da realizzare, che potrà essere costituito da:
 - martello strumentato, lasciato cadere con energia su una piastra metallica appoggiata al suolo (onde P);
 - martello strumentato, agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato (per attrito radente) al terreno (onde SH);
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici, trainati e/o trasportati (pendoli), che producono onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale;

- cariche di esplosivo (solo in casi eccezionali).

È necessario che il tipo di energizzatore utilizzato permetta, dopo qualche stack (massimo 5), di determinare inconfutabilmente i primi arrivi su tutti i ricevitori dell'allineamento.

32.3.3 Modalità esecutive

La “copertura” dei tiri (scoppi, energizzazioni) sullo stendimento dovrà essere tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale, fino alle profondità stabilite dal progetto delle indagini o dalla Direzione Lavori, ed in ogni caso dovranno essere ogni 3, 4 stazioni riceventi; nel caso in cui non sia prevista una elaborazione tomografica i tiri dovranno essere anche esterni allo stendimento di almeno 2 posizioni per ogni estremo.

Per la corretta determinazione delle onde di taglio, sarà necessario realizzare, per ogni punto di energizzazione, anche la registrazione coniugata (rovesciata di 180° sul piano orizzontale rispetto alla direzione individuata dallo stendimento); in tal modo sarà possibile determinare correttamente l'arrivo dell'onda di taglio (dove si avrà inversione di fase) sul sismogramma.

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per ogni stazione geofonica (ad esempio software che utilizzi il metodo “GRM” - *Generalized Reciprocal Method*, Palmer '80).

32.3.4 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere i seguenti elaborati:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali su supporto cartaceo e/o digitale;
- profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori di velocità delle onde di compressione (V_p) e delle onde di taglio (V_s) calcolati per intervalli omogenei;
- elaborazione a isolinee, o a campiture di colore in caso di elaborazione tomografica, delle velocità delle onde di compressione (V_p) e delle velocità delle onde di taglio (V_s);
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- planimetria ubicazione indagini in scala adeguata alla lunghezza di ciascuna base sismica su base C.T.R. o aerofotogrammetrica (se disponibile) e su foto aerea;
- documentazione fotografica.

- documentazione fotografica.

32.3.5 Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni e dei tiri (scoppi) delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto fornito dal Commitente. Qualora quest'ultimo non risulti disponibile il suddetto rilievo sarà fornito in coordinate relative.

Tale rilievo dovrà essere corredato dai libretti di campagna dei rilievi ed informatizzazione dei dati nei formati digitali stabiliti dalla Direzione Lavori.

32.4 PROSPEZIONI SISMICHE A RIFLESSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.205** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche e posizionamento apparecchiatura"
- **IG.05.208** "Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica"
- **IG.05.240** "Esecuzione di prospezione sismica a riflessione"

32.4.1 Descrizione

Consiste nell'energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde SH) riflesse, in corrispondenza di geofoni verticali e/o orizzontali disposti secondo un allineamento con interassi tra i geofoni e lunghezza totale dello stendimento tali da permettere una adeguata profondità di indagine.

32.4.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura richiesta per l'esecuzione di profili sismici a riflessione è la seguente:

- sismografo minimo a 48 canali, con 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 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- minimo 48 geofoni verticali a frequenza propria variabile tra 25 e 100 Hz;
- sistema di energizzazione adeguato alla profondità di indagine che potrà essere costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo (onde P) o agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato al terreno

(onde SH);

- cannoncino sismico;
- energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati;
- cariche di esplosivo.

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. In generale l'interdistanza tra i geofoni dovrà essere pari a 0.5, 1, 2.5, 5 metri.

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") o infine in posizione distanziata dai due punti precedenti fino ad un massimo di 30-50 metri dalla stesa ed in direzione parallela alla stesa stessa.

L'indagine e l'elaborazione dei dati dovranno garantire una "copertura multipla" minima del 1200%.

La prospezione sismica a riflessione dovrà essere realizzata secondo criteri di "stacking orizzontale" mediante copertura multipla di stendimenti in ragione variabile da un minimo del 1200% secondo gli indirizzi e la finalità dell'indagine.

Con un registratore a 48 canali si può ottenere una copertura multipla del 1200 % energizzando ogni due distanze intergeofoniche mentre se si energizza ogni distanza intergeofonica si ottiene una copertura multipla del 2400%.

Allo stesso modo utilizzando un sismografo a 96 canali si ottiene una copertura multipla del 4800% energizzando ad ogni distanza intergeofonica; mentre se si energizza al doppio della distanza intergeofonica si ottiene una copertura multipla del 2400% e, infine, si può ottenere una copertura multipla del 1200% energizzando ogni 4 distanze intergeofoniche.

La prospezione sismica a riflessione dovrà indicativamente rispettare le seguenti correlazioni tra spaziatura intergeofonica della linea (da 48 canali di registrazione) e profondità ottimale dell'obiettivo di indagine.

Tabella 9 – Valori di spaziatura intergeofonica in relazione alla profondità.

Spaziatura intergeofonica	Profondità obiettivo
0.5 m	< 25 m
1 m	25 – 50 m
2,5 m	50 – 100 m
5 m	> 100 m

L'insieme dei dati acquisiti dovrà essere organicamente elaborato, mediante software dotati di alta valenza risolutiva, attuando nel modo più rigoroso le fasi sequenziali del procedimento analitico:

1. Correzioni statiche;
2. Muting;
3. Analisi spettrale;
4. Filtraggi sia nel dominio dei tempi che in quello delle frequenze con filtri variabili;
5. FK filter sia in velocità che polinomiali;
6. Analisi di velocità (*Normal Move Out*);
7. Deconvoluzione;
8. Stacking;
9. Correzioni statiche residue;
10. Migrazione.

32.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale dovrà comprendere i seguenti elaborati:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- cartografia scala :2.000 (oppure diversa se approvata) con esatta ubicazione degli stendimenti, dei punti di stazione dei capisaldi, corredata del libretto di campagna dei rilievi topografici eseguiti;
- sismogrammi in originale su supporto magnetico o disco ottico delle registrazioni di campagna;
- sismosezioni dei tempi (μs) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione atte a configurare qualitativamente le situazioni geotettoniche primarie;
- sismosezioni delle profondità (m) in ordinate e delle distanze (m) in ascisse della elaborazione finale di ogni linea sismica a riflessione;
- relazione conclusiva con indicate le metodologie impiegate, gli algoritmi e i criteri di calcolo ed elaborazione adottati con commenti sulle risultanze ottenute e correlazione con le informazioni di natura geologica dell'area in esame;
- documentazione fotografica.

32.5 PROSPEZIONE SISMICA IBRIDA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.205** “Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche posiziona-mento apparecchiatura”
- **IG.05.208** “Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica”
- **IG.05.240.i** “IBRIDA”

32.5.1 Descrizione

Indagine congiunta di sismica tomografica e sismica a riflessione i cui segnali sismici acquisiti vengono processati sia in tomografia che in riflessione.

32.5.2 Modalità esecutive

La profondità massima indagata è circa 1/4 - 1/5 della lunghezza dei tiri sismici e per ottenere dei risultati ottimali occorre mantenere il target della ricerca entro i 2/3 della profondità massima indagata, quindi ad esempio per una profondità di interesse geognostico di 60 m la profondità d'indagine sarà $60+60*2/3 \approx 100$ m.

Questo a dire che se il target è entro 100 m di profondità abbiamo una lunghezza minima di modulo sismico di acquisizione che sarà almeno 4-5 volte la profondità quindi 400-500 m, questa misura corrisponde alla lunghezza minima del modulo sismico ed anche alla lunghezza minima del “tiro” sismico” più esteso il che significa, ad esempio per una spaziatura dei sensori di 2.5 m, acquisire almeno $400(500)/2.5=160-200$ sensori per ogni energizzazione.

Le interdistanze fra i sensori vengono definite dalla tecnica a riflessione in funzione della profondità minima del target di interesse geognostico e non dalla profondità massima dell'indagine che è solo funzione della quantità di energia che viene utilizzata.

Questo a dire che se il settore d'indagine è entro 100 m dal piano campagna sarà necessario programmare dei parametri di acquisizione che siano calibrati per una profondità inferiore allo scopo di dare una adeguata risoluzione al tratto tra il piano campagna ed il target cioè nel settore analizzato dalla tomografia sismica.

La interdistanza geofonica dovrà essere di 2.5 m.

Ne deriva che il numero dei sensori da utilizzare per ogni modulo minimo di acquisizione ma anche per ogni record sismico (numero di canali) sarà derivato dal rapporto tra la lunghezza del modulo (dalla sismica tomografica) e l'interdistanza dei sensori (dalla riflessione).

Ovviamente i sensori dovranno essere tutti collegati ad un sistema di sismografi in rete locale che in questo caso di 160~200 sensori corrisponde ad 7 - 9 sismografi da 24 canali (168-216 canali).

Le energizzazioni andranno effettuate ogni 2 - 3 stazioni geofoniche in onde di compressione o di taglio.

Il processing dei dati sarà effettuato in tomografia sismica e ed in riflessione.

L'elaborazione dovrà essere, quindi sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART *Algebraic Reconstruction Technique*, *SIRT Simultaneous Iterative Reconstruction Technique* o *ILST Iterative Least Square Technique*), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari, rispettivamente, a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

32.5.3 Documentazione finale

La documentazione da consegnare sarà quella relativa alla sismica tomografica ed alla sismica a riflessione.

32.6 PROSPEZIONE GEOTOMOGRAFICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.205 "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche posizionamento apparecchiatura"
- IG.05.208 "Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica"
- IG.05.215 "Esecuzione di prospezioni sismiche a rifrazione"
- IG.05.220 "Elaborazione tomografica"
- IG.05.240 "Esecuzione di prospezioni sismiche a riflessione"

32.6.1 Descrizione

Nella prospezione sismica geotomografica, eseguita in corrispondenza di una sezione delimitata da due superfici comunque inclinate (costituite ad esempio da due fori di sondaggio oppure dalla superficie topografica e un foro di sondaggio) si utilizza una superficie come superficie di energizzazione e l'altra come superficie di ricezione.

Nel caso in cui ci si trovi di fronte a una prospezione fra due sondaggi in un sondaggio saranno posizionati dei ricevitori e nell'altro verranno effettuate le energizzazioni.

Nel caso invece in cui ci trovi di fronte a una prospezione fra un sondaggio e la superficie topografica saranno posizionati nel sondaggio i ricevitori e sulla superficie topografica verranno effettuate le energizzazioni (eventualmente si possono invertire le posizioni).

32.6.2 Modalità esecutive

Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo a 24 canali, con 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 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- sistema di energizzazione per onde di compressione di tipo pneumatico, oleodinamico elettrico o a capsula esplodente (per le energizzazioni in pozzo);
- geofoni di superficie a frequenza propria variabile tra 8 e 100 Hz (per le ricezioni sulla superficie topografica);
- geofoni da pozzo o idrofoni (se in falda), a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz (per le ricezioni in pozzo);
- sistema di energizzazione per le onde di compressione da superficie che può essere costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo;
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati.

Modalità esecutive fra due sondaggi

Tali indagini vengono effettuate, solitamente, per la determinazione e la definizione di oggetti sepolti all'interno di un terreno incassante sia il caso di cavità o di fondazioni in jet grouting e/o pali di fondazioni nonché per la definizione di eventuali piani di fratturazione tettonica nello spazio compreso fra le due verticali.

La prospezione sarà tanto più precisa e definita quanto più le superfici di indagine saranno vicine fra loro e la distanza fra i ricevitori/emissioni di energia sarà piccola.

La distanza fra i ricevitori/emissioni di energia dovrà essere maggiore di 0.5 metri e la distanza minima fra i sondaggi non dovrà essere inferiore ai 2 - 3 metri.

Solitamente si utilizzano stringhe di 24 ricevitori in pozzo spazati 0,5 metri e si emettono impulsi di energia nel pozzo adiacente ad intervalli di 0.5 m alle stesse quote dei ricevitori.

Fra sondaggio e superficie topografica

Tali indagini vengono effettuate, solitamente, per la determinazione di cavità o per la definizione di eventuali piani di fratturazione tettonica o superfici di allentamento della scarpata.

Si dovrà inserire nel sondaggio una stringa di 24 ricevitori interspaziati di 0,5 m e si energizzerà lungo la scarpata a distanza di 0.5 metri (in quota).

Sarà altresì possibile posizionare 24 ricevitori lungo la scarpata ed energizzare nel sondaggio per 24 volte alla stessa quota dei ricevitori.

Elaborazione dei dati

L'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - Algebraic Reconstruction Technique, SIRT Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari, rispettivamente, a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

32.6.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- mappature in tonalità di colore relative alla sezione tomografica in termini di ray tracing, di densità dei dati e di velocità delle onde di compressione (VP);
- tabelle con i parametri di input e calcolati;
- relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e le risultanze dell'analisi.

32.7 PROVE PER ONDE SUPERFICIALI ATTIVE (MASW)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.240.g** "Esecuzione di prova sismica MASW"

32.7.1 Descrizione

Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali eseguita con un dispositivo lineare di sensori sismici e con sorgenti artificiali.

32.7.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo digitale a 12 canali (meglio 24), con possibilità di stack delle registrazioni, guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica del convertitore A/D minima a 16 bit;
- per prove relative alla caratterizzazione del sottosuolo, 12 (meglio 24) geofoni verticali (o accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz; per prove non distruttive su pavimentazioni o manufatti è possibile utilizzare sensori a frequenza maggiore;
- sistema di energizzazione costituito da uno dei seguenti dispositivi da scegliersi in funzione della scala delle indagini:
 - mazza battente con eventuale piastra di ripartizione appoggiata al suolo;
 - energizzatori sismici impulsivi oleopneumatici e/o a gravità;
 - fucili sismici;
 - cariche di esplosivo;
 - sorgenti vibranti (vibrochina).

La procedura consiste in tre *step* principali:

- acquisizione dei dati sismici sul terreno;
- elaborazione per la stima delle curve di dispersione sperimentali;
- inversione delle curve di dispersione, volta alla stima dei profili di VS che costituisce il risultato della prova.

Acquisizione

La fase di acquisizione prevede l'utilizzo di una sorgente (impulsiva o controllata) tramite la quale creare una perturbazione sismica che si propaga lungo la superficie libera che viene rilevata da più ricevitori (di norma geofoni verticali a bassa frequenza) posti lungo dispositivi lineari sul piano campagna.

La sorgente dovrà essere posta ad un estremo dello stendimento di misura ed effettuare energizzazioni ai due lati opposti dello stendimento per confrontare i risultati. Si dovranno effettuare almeno 10 ripetizioni dell'energizzazione – con eventuale stacking per ogni punto sorgente).

Si dovranno rispettare i seguenti parametri di acquisizione per come riportati nella seguente tabella.

Tabella 10 – Parametri di acquisizione per prova sismica tipo MASW.

Profondità d'indagine [m]	T [s]	dt [μs]	L [m]	dl [m]
1 (pavimentazione)	0,15	0,125	3	0,1
10	1	0,5	23	1
30	2	1	46	2
100	4	2	200	5 - 10

Dove:

- T = durata dell'acquisizione;
- dt = intervallo di campionamento;
- L = lunghezza dello stendimento di misura;
- dl = distanza intergeofonica.

Elaborazione dei dati

I dati dovranno essere elaborati secondo l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e ω -p (frequenza angolare-lentezza) dove i massimi di energia dello spettro sono associabili alle onde di Rayleigh e vengono identificati e trasformati in punti della curva di dispersione.

Inversione

La procedura di inversione dovrà essere condotta con tecniche di ricerca locale (metodi linearizzati) o globale (metodi Monte Carlo) della soluzione.

32.7.3 Documentazione finale

La relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e i risultati ottenuti dovrà contenere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- immagini relative alla trasformata bidimensionale del campo d'onda (f-k, ω -p, f-v) con massimi spettrali evidenziati;

- confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di VS;
- confronto tra il profilo di VS di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, VS, rapporto di Poisson o VP e densità).

32.8 PROVE PER ONDE SUPERFICIALI PASSIVE (RE.MI)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.240.h "RE.MI."

32.8.1 Descrizione

Tali misurazioni sono in linea di principio analoghe alle prove per onde di Rayleigh con sorgente attiva. L'unica differenza è costituita dalla procedura di acquisizione e di stima della curva di dispersione sperimentale. Infatti, le misure sismiche passive non richiedono una sorgente artificiale ma sono basate sulla registrazione del rumore ambientale, che consiste in vibrazioni del terreno indotte da attività antropiche (come il traffico, il rumore derivante da macchinari industriali, ecc.), o da fenomeni naturali; tali vibrazioni del terreno prendono il nome di microtremori.

32.8.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo digitale a 12 canali (meglio 24), guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica del convertitore A/D minima a 16 bit, possibilità di registrazione di finestre temporali di alcuni minuti;
- 4 geofoni verticali/triassiali (o accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz (requisito minimo, ma si consiglia l'utilizzo di 12 ricevitori).

Elaborazione dei dati

I dati dovranno essere elaborati secondo l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e ω -p (frequenza angolare-lentezza) dove i massimi di energia dello spettro sono associabili alle onde di Rayleigh e vengono identificati e trasformati in punti della curva di dispersione.

Inversione

La procedura di inversione dovrà essere condotta con tecniche di ricerca locale (metodi linearizzati) o globale (metodi Monte Carlo) della soluzione.

32.8.3 Documentazione finale

La relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e i risultati ottenuti dovrà contenere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- in caso di array di misura bidimensionali, immagini dello spettro tridimensionale ($f-k_xk_y$) con evidenziati i massimi spettrali;
- in caso di prove RE.MI., immagini dello spettro bidimensionale ($f-k, w-p, f-v$) con evidenziati i punti individuati per la stima della curva di dispersione e considerazioni sull'attendibilità della prova (confronto con dati attivi);
- confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di VS;
- confronto tra il profilo di VS di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, VS, rapporto di Poisson o VP e densità).

32.9 INDAGINI DI SISMICA PASSIVA (HVSr)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.240.I** "Passiva HVSr"

32.9.1 Descrizione

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare gli effetti locali di sito.

La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremori (il cosiddetto rumore di fondo 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 sovrapposto su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

32.9.2 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 24 bit;
- durata registrazione: >15 minuti;
- collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.

Lo strumento di misura dovrà essere orientato secondo le direzioni geografiche (E ed W) e 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.

Bisognerà altresì fare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza edifici, vento ecc., in quanto creano disturbo nel segnale H/V inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza.

Per uno studio di risposta di sito si dovranno effettuare almeno tre misure ognuna di almeno 15 20 minuti per punto, possibilmente in tempi diversi durante la giornata, 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 using Ambient Excitations*, 2005).

I principali passi del processing dovranno essere i seguenti:

- FFT (incluso il tapering);
- operatore di smoothing (Konno & Ohmachi);
- merging dei componenti orizzontali;
- H/V Spectral Ratio per ogni finestra utilizzata (>10);
- media degli spettri H/V;
- valutazione della deviazione standard.

Le risultanze dell'elaborazione dovranno essere presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

32.9.3 Documentazione finale

La documentazione dovrà contenere:

- i criteri di attendibilità della misura;
- i criteri di validità del picco di f_0 ;

- i valori di soglia delle condizioni di stabilità;
- l'analisi dei criteri in particolare con verifica rispetto alla frequenza del sensore ed alla presenza di rumore di origine industriale;
- l'interpretazione di f_0 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.

33 PROSPEZIONI ELETTRICHE

Le attività riguardanti le prospezioni elettriche sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prospezioni geoelettriche;
- Tomografia elettrica.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni, che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione l'apparato per le indagini.

33.1 PROSPEZIONI GEOELETTRICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.245** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni geoelettriche ed elettromagnetiche"
- **IG.05.250** "Esecuzione sondaggi elettrici verticali (S.E.V.)"
- **IG.05.255** "Profilo di resistività (S.E.O.)"

33.1.1 Descrizione

La prospezione geoelettrica impiega diversi metodi di esplorazione finalizzati alla ricostruzione indiretta del profilo litostratigrafico ed alla individuazione di strutture sepolte in base alle diverse caratteristiche di resistività elettrica del terreno.

33.1.2 Modalità esecutive

I metodi di esplorazione, a seconda della disposizione elettrodica, saranno i seguenti:

- Sondaggi Elettrici Verticali SEV;
- Stendimenti dipolo-polari continui;
- Profili di resistività.

L'attrezzatura comprenderà:

- georesistivimetro digitale con possibilità di blocco lettura, con millivoltmetro digitale (sensibilità massima 0.01 mV) e circuito di azzeramento dei potenziali spontanei e con milliamperometro digitale (sensibilità massima 0.01 mA);
- georesistivimetro con millivoltmetro (sensibilità massima 1 mV f.s.) e circuito di azzeramento dei potenziali spontanei, milliamperometro con scala 1 mA-3 A (precisione 0.1mA f.s.), milliamperometro indipendente con scala 1 mA - 2 A; lo strumento deve poter lavorare con corrente continua e alternata di bassa frequenza;
- generatore di potenza sufficiente all'indagine;
- batteria di energizzazione con pile a secco e/o ricaricabile;
- cavi elettrici ad alto isolamento montati su rulli spalleggiabili;
- elettrodi di corrente in acciaio;
- elettrodi di tensione impolarizzabili, in rame o ceramica;
- apparecchi di ricetrasmisione;
- cavi di collegamento ed accessori.

Per l'esecuzione dei Sondaggi Elettrici Verticali si utilizzeranno 4 elettrodi allineati (MN di tensione, AB di corrente), simmetricamente disposti rispetto ad un centro. Nella configurazione di Schlumberger si fissano gli elettrodi MN e partendo da un AB pari a 4 MN si distanziano successivamente gli elettrodi AB, fino a raggiungere una lunghezza pari a $20 \div 40$ MN. Le due ultime misure di ogni serie verranno ripetute con MN allargato per la serie successiva, e così via per ogni serie, mantenendo sempre fisso il centro dei dispositivi di misura. Si manterranno invece distanze fisse tra AM, MN e NB nel caso di utilizzo della configurazione di prova Wenner. Le esatte modalità di configurazione in fase di prova saranno comunicate alla Direzione Lavori.

In caso di acqua di falda affiorante o subaffiorante, se ne preleveranno alcuni campioni per la definizione in sito della conducibilità. Prima di ogni misura dovrà inoltre essere verificato il valore della resistenza di contatto con il terreno per gli elettrodi AB; si verificherà anche l'eventuale dispersione dei cavi, misurata applicando tensione agli stessi a circuito aperto.

Il valore della differenza di potenziale tra gli elettrodi MN prima della prova dovrà essere verificato ed essere pari a zero.

Per gli stendimenti dipolo - polari continui, si dovranno utilizzare 4 elettrodi, denominati MN ed AB; gli elettrodi di tensione MN saranno mantenuti fissi, quelli di corrente AB verranno allontanati con uguale direzione e verso ma mantenuti alla stessa distanza reciproca. Le esatte procedure di prova saranno comunicate alla D.L..

Per i profili di resistività, si dovranno utilizzare 4 elettrodi disposti secondo lo schema di un quadripolo AMNB costante, progressivamente spostato lungo un allineamento predefinito per la determinazione delle variazioni laterali delle caratteristiche elettriche dei terreni.

L'esatta configurazione del quadripolo (secondo il dispositivo Wenner o Schlumberger) sarà funzione della profondità che dovrà essere esplorata e sarà comunicata alla Direzione Lavori, insieme alla frequenza con cui eseguire le misure.

33.1.3 Documentazione finale

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- cartografia di base scala 1:2.000 (o come concordato) con ubicazione delle prove eseguite e dei centri di misura, con indicazione degli azimuth e della quota dei centri di misura;
- tabulazione dei valori di resistività apparente misurati;
- curve di resistività apparente in grafici bilogarithmici;
- copia di tutti i dati raccolti in campagna, dai libretti originali di documentazione;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e comprensiva della definizione della resistività elettrica alle diverse profondità e delle unità elettrostratigrafiche evidenziate.

33.2 TOMOGRAFIA ELETTRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.245** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni geoelettriche ed elettromagnetiche"
- **IG.05.260** "Tomografia elettrica 2D"

33.2.1 Descrizione

La tomografia elettrica consiste nella caratterizzazione geoelettrica e dimensionale, con elevato dettaglio, delle strutture presenti lungo sezioni bidimensionali.

33.2.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura d'acquisizione dati dovrà essere costituita da:

- georesistivimetro digitale in grado di eseguire, via software, le seguenti operazioni principali:
 - misura e memorizzazione della resistenza di contatto degli elettrodi;

- misura, memorizzazione e azzeramento dei potenziali spontanei;
 - esecuzione di ripetuti cicli di misura e calcolo della “deviazione standard”;
 - possibilità di impostare cicli di misura di durata diversa;
 - risoluzione delle misure di 30 nV;
 - memorizzazione delle misure costituite ognuna dai valori di: resistività, dV, I, deviazione standard e geometria elettrodi;
- unità di controllo e gestione degli elettrodi (fino a 254);
 - cavo multicanale dotato di elettrodi definiti “intelligenti” (smart electrodes) in quanto dotati di una elettronica interna che ne consente l'utilizzo sia come elettrodi di corrente che di potenziale, oppure cavo multicanale con elettrodi comuni in acciaio inox, rame o ottone per gli strumenti con elettronica totalmente interna alla macchina.

La potenza immessa dal trasmettitore dovrà essere commisurata alla profondità massima da raggiungere; a titolo di esempio si riportano di seguito alcune indicazioni di massima:

- fino a 200 m => 18 W min, 0.5 mA min, ± 200 V min;
- per stendimenti di lunghezza > di 200m => 100 W min, 1 mA min, ± 400 V min.

In ogni caso di norma l'errore tra gli stacks impostati (min 3) non dovrà superare l'1%.

Infine la strumentazione dovrà consentire l'impostazione di almeno 4 finestre temporali per la misura della caricabilità (PI).

La tomografia elettrica deve essere eseguita con una configurazione elettrodica adeguata agli scopi del lavoro con dispositivi Wenner, dipolo-dipolo, Schlumberger, o altro.

In ambito urbano o aperta campagna di norma i dispositivi Wenner e Wenner-Schlumberger sono più adatti ad evidenziare variazioni verticali, mentre il dispositivo dipolo-dipolo è più adatto ad evidenziare variazioni laterali ma presenta un rapporto segnale/rumore più sfavorevole, il dispositivo polo-dipolo presenta un rapporto segnale/rumore migliore e consente inoltre di scendere più in profondità, il dispositivo del gradiente multiplo risulta un buon compromesso tra capacità risolutiva sia in senso laterale che verticale e rapporto segnale /rumore comparabile ai dispositivi Wenner e Schlumberger.

Le resistenze di contatto agli elettrodi dovranno essere verificate prima di iniziare le misure e mantenute tra loro omogenee e più basse possibili.

Si dovranno utilizzare stendimenti base composti da min. 32 elettrodi equispaziati regolarmente lungo il profilo da indagare, con passo che potrà essere compreso tra 0,5 e 40 metri in funzione del dettaglio e della profondità dell'indagine.

Le dimensioni degli elettrodi dovranno variare in funzione delle distanze interelettrodiche in maniera tale da ricadere sempre nella condizione di sorgente puntiforme in relazione all'estensione dello stendimento.

La profondità di indagine prevista sarà calcolata considerando un rapporto di circa 5 a 1 tra lunghezza stendimento e profondità.

Il ricoprimento tra due basi contigue verrà acquisito secondo la modalità del "roll along", ripetuta secondo passo regolare con spostamenti successivi di una porzione (1/3 o 1/4) dello stendimento iniziale.

Ove non sia disponibile adeguata cartografia di base (scala 1:1.000 o 1:2.000), la posizione degli elettrodi dovrà essere oggetto di adeguato rilievo planoaltimetrico.

L'elaborazione dei dati procederà secondo due fasi successive:

- ricostruzione di "pseudosezioni" di resistività / caricabilità, previo filtraggio / pulizia tramite l'utilizzo di software di "contouring";
- calcolo dei valori di resistività reale tramite inversione bidimensionale e sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo mediante software di inversione ad elementi finiti e/o distinti, che dovrà essere in grado di applicare l'eventuale correzione topografica.

33.2.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- planimetrie in scala 1:2.000, 1:5.000 con ubicazione di tutte le stazioni e stese elettriche;
- listati di: voltaggio, corrente, deviazione standard e resistività apparente, per ogni singola misura;
- pseudosezioni di resistività per ogni base unitaria;
- copia dei rapporti giornalieri delle operazioni di campagna;
- risultati dell'inversione e modellizzazione dei dati unitamente al completo data base utilizzato per la valutazione geoelettrica e il calcolo della distribuzione della resistività;
- copia di tutti i dati di campagna e di elaborazione su CD per PC Windows;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative e dei metodi di interpretazione.

34 PROSPEZIONI ELETTROMAGNETICHE

Le attività riguardanti le prospezioni elettromagnetiche si riferiscono specificatamente alle prospezioni con georadar.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie dell'attrezzatura e dell'apparato di prova.

34.1 PROSPEZIONI CON GEORADAR

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.265** "Esecuzione di rilievo elettromagnetico con metodo georadar in galleria "

34.1.1 Descrizione

Consiste nell'analisi delle riflessioni di onde elettromagnetiche trasmesse nel terreno tramite il georadar, noto anche come GPR (*ground penetrating radar*).

34.1.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura d'acquisizione dati dovrà essere costituita da:

- Unità di controllo georadar;
- Antenna Trasmittente/Ricevente, con frequenza compresa fra 30 e 3000 MHz in funzione della profondità di investigazione e del dettaglio voluti;
- Ciascuna antenna deve contenere un sistema di marcatura lungo la traccia in modo manuale o tramite encoder a rotella o GPS;
- Notebook con sistema operativo Windows 98/2000/Me/XP;
- Ethernet card 10/100 BaseT;
- Batteria con voltaggio pari ad almeno 12 V;
- Set di cavi di collegamento antenna-unità di controllo di lunghezza variabile a seconda del tipo di indagine da effettuare.

Prima di iniziare la prova si dovrà settare lo strumento e calibrare il segnale elettromagnetico, in modo tale che quest'ultimo possa essere sufficientemente amplificato per la profondità che vogliamo raggiungere e per le eventuali stratificazioni presenti nel terreno da indagare.

Per la calibrazione del segnale si dovrà scegliere una zona il più possibile libera da anomalie di permittività.

In presenza di disturbi elettromagnetici causati da sorgenti esterne note, si dovrà filtrare preliminarmente il segnale, con filtri tipo:

- filtro passa-basso (circuiti che fa passare in uscita solo le frequenze più basse di un'altra prefissata, scelta a piacere, che viene detta frequenza di taglio);

- filtro passa-alto (circuito che fa passare in uscita solo le frequenze più alte della frequenza di taglio);
- filtro passa-banda (dispositivo passivo che permette il passaggio di frequenze all'interno di un dato intervallo, la cosiddetta banda passante, ed attenua le frequenze al di fuori di esso).

Requisiti minimi per le funzioni di calibrazione del georadar:

- Range (ns): fondoscala variabile in funzione dell'antenna utilizzata;
- Samples: numero di campioni in una traccia;
- Antenna Trasmittente/Ricevente – combinata o separata;
- Guadagno del segnale: poiché il segnale che penetra nel terreno si attenua con la profondità, il guadagno dell'amplificazione del segnale deve aumentare con la profondità stessa. Quindi alla fine della traccia il guadagno di segnale deve essere maggiore di quello iniziale. Il numero di punti per la calibrazione del guadagno deve essere superiore a 5;
- Filtro;
- Stacking: contribuisce alla diminuzione del rumore e di interferenze e all'aumentare del range di profondità. Se lo stacking aumenta, si deve diminuire la velocità con cui si trascina l'antenna per avere una perdita minore di informazione;
- Scan rate: tracce per secondo. Deve essere impostabile il valore;
- Sounding mode – Continuo o a gradino;
- Pulse delay: è un'opzione usata per immettere un segnale entro il range di tempo di risonanza. L'aggiustamento del segnale può venir eseguito sia automaticamente sia manualmente;
- Mode – Sounding/Test: la prima opzione è il modo di ricezione del segnale; la seconda opzione è usata per testare l'unità di controllo per operatività senza antenne connesse;
- Encoder.

Requisiti minimi per le funzioni di elaborazione dati:

- Point info: mostra i valori dei parametri Traccia, Posizione, Campione, Tempo di ritardo, Profondità, Ampiezza del punto specifico nel profilo, in considerazione della sua posizione tramite GPS;
- Hyperbola: determina la profondità di fatto del target locale e la permittività del mezzo;
- Average Spectrum: calcolo di un modulo medio di uno spettro di segnale nell'area selezionata;
- Topografia: è una procedura usata per ristrutturare un profilo come una funzione di rilevamento della localizzazione del suono. Si immettono parametri nei punti di mark che dovranno essere espressi in metri per le quote;

- Reverse: permette di rovesciare una traccia, trasponendo il punto di inizio e di fine;
- Background removal: in alcuni casi, un segnale mostra un “background” che si traduce in un profilo nella presenza di linee orizzontali che non variano la loro intensità e la loro posizione tempo e che possono portare a mascherare i veri segnali riflessi;
- Horizontal L-P filter: è un filtro passa basso che opera lungo il profilo nella direzione di movimento dell'antenna. Serve per sopprimere segnali veloci e variabili ma mette in evidenza quelli lenti;
- Horizontal H-P filter: è un filtro passa alto che opera lungo il profilo nella direzione di movimento dell'antenna. Serve per mettere in evidenza segnali che variano rapidamente;
- Filtro passabanda: agisce lungo una traccia e sopprime le interferenze a bassa frequenza e i componenti ad alta frequenza di un segnale;
- Filtro Notch: è usato per eliminare le interferenze a banda ristretta rispetto background di segnale ad ampia banda;
- Controllo automatico del guadagno: è usato per livellare tutti i segnali in una traccia;
- Conversione tempi profondità: dovrebbe essere usata per convertire il profilo tempo iniziale in profilo profondità;
- Flattering: è utilizzato per modificare il profilo iniziale in un profilo con un'interfaccia piatto orizzontale.

34.1.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- rilievo topografico della superficie indagata e degli estremi delle strisciate eseguite;
- planimetria in scala adeguata con ubicazione delle strisciate eseguite;
- radargramma di campagna, elaborato a diverse intensità cromatiche, con le distanze (m) in ascisse e i tempi di ascolto (ns) in ordinate;
- radargramma filtrato e interpretazione in funzione delle costanti dielettriche dei mezzi attraversati, con le distanze (m) in ascisse e le profondità (m) in ordinate;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e dei risultati dell'indagine.

35 PROSPEZIONI GRAVIMETRICHE

Le attività riguardanti le prospezioni gravimetriche riguardano specificatamente le prospezioni gravimetriche e microgravimetriche.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie dell'attrezzatura e dell'apparato di prova.

35.1 PROSPEZIONI GRAVIMETRICHE/MICROGRAVIMETRICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.262** "Prospezioni gravimetriche "

35.1.1 Descrizione

La prospezione gravimetrica ha lo scopo di rilevare, in un'area delimitata, le anomalie del campo gravitazionale terrestre causate dalle variazioni di densità dei corpi prossimi alla superficie terrestre.

Consiste nell'esecuzione di profili gravimetrici tramite l'acquisizione di stazioni intervallate in modo regolare lungo il profilo ed esternamente allo stesso finalizzate alla definizione di unità geologiche caratterizzate da un contrasto di densità.

Le stazioni dovranno essere eseguite a maglia regolare, con distanze dipendenti dalla profondità che si dovrà raggiungere. Per uno studio geologico generale, la maglia sarà costituita da stazioni ogni 50 metri lungo il profilo ed a intervalli ogni 100 metri ai lati del profilo stesso (per un profilo di 10 km si prevedono 220 stazioni sul profilo e 100+100 stazioni esterne al profilo stesso).

35.1.2 Modalità esecutive

Apparecchiature

- Gravimetro tipo Lacoste&Romberg mod. 4 e/o similari;
- Strumenti topografici quali GPS differenziali e/o stazioni distanziometriche con gradiometro.

Rilievo topografico

Per ogni singola stazione la chiusura altimetrica sarà di +/- 0.15 metri.

La pendenza media per un raggio di centro metri sarà acquisita con sistema distanziometrico senza riflettore per cerchi concentrici.

Rilievo gravimetrico

I poligoni di base, collegati alla rete nazionale avranno un errore di chiusura non superiore a 0,015 (N milligal).

Le stazioni di dettaglio avranno un errore di chiusura non superiore a 0,03 (N milligal). Per ogni stesura sarà applicata la correzione lunisolare e della deriva strumentale.

35.1.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- rilievo topografico della superficie indagata e degli estremi dei profili eseguiti;
- planimetria in scala adeguata con ubicazione dei profili eseguiti;
- le acquisizioni di campagna per ciascuna stazione e per ciascun profilo;
- mappa delle anomalie gravimetriche e delle anomalie residue ottenuta dall'elaborazione delle acquisizioni di campagna;
- relazione riassuntiva con descrizione dettagliata delle attrezzature impiegate, delle modalità operative, dei metodi di interpretazione e dei risultati dell'indagine.

36 ALTRE TIPOLOGIE DI PROSPEZIONI

Le attività sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Rilievo ultrasonico con sonda borehole televiewer (BHTV);
- indagini videoendoscopiche.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie dell'attrezzatura e dell'apparato di prova.

36.1 RILIEVO ULTRASONICO CON SONDA BOREHOLE TELEVIEWER (BHTV)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.268** "Rilievo ultrasonico con sonda borehole televiewer (BHTV)"
- **IG.05.268.3** "Esecuzione del rilievo in fori verticali"
- **IG.05.268.4** "Sovrapprezzo per esecuzione del rilievo in fori inclinati"
- **IG.05.268.5** "Sovrapprezzo per esecuzione del rilievo in fori orizzontali"
- **IG.05.268.6** "Analisi geostrutturale delle immagini"

36.1.1 Descrizione

Esecuzione di rilievo geomeccanico mediante la misura dei parametri giacitureali (immersione ed inclinazione) delle discontinuità intercettate da un foro di sondaggio, eseguita mediante l'impiego di una sonda

cilindrica (BHTV) in grado di ruotare di 360° su se stessa, dotata di emettitore di un segnale ultrasonico, dalla cui misura dei tempi di percorrenza – nota l'ampiezza dell'impulso – viene ricavata un'immagine acustica del foro, orientabile grazie all'unità magnetometrica e servoaccelerometrica implementata nella sonda.

36.1.2 Modalità esecutive

Al termine della perforazione viene inserita la strumentazione all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verricello, i cavi e i centralizzatori di cui è dotata la sonda, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

La sonda dovrà avere diametro esterno di circa 45 mm, dovrà essere dotata di unità di emissione e acquisizione ultrasonica di frequenza almeno pari a 500Hz, garantire un numero di giri/secondo compresi tra 7 e 12, e consentire almeno 128 acquisizioni per giro. Essa dovrà inoltre essere equipaggiata con un'unità per il controllo dell'orientazione e dell'inclinazione del foro.

Le informazioni acquisite, registrate in remoto, saranno riprodotte su uno schermo per la visualizzazione in tempo reale del rilievo.

L'acquisizione dovrà essere eseguita in tratti di foro non rivestiti, ed anche in presenza di fluidi più o meno torbidi all'interno della perforazione.

L'acquisizione dovrà essere eseguita in risalita a velocità costante, inferiore a 2 m/min, così da garantire una corretta e completa scansione del foro.

L'acquisizione deve poter essere eseguita in fori sia verticali, che variamente inclinati, fino ad orizzontali.

Il rilievo è da ritenersi completo ed eseguito a regola d'arte con la restituzione dei report di acquisizione e delle elaborazioni grafiche e statistiche che permettono di ricostruire il quadro fessurativo del foro, nonché la giacitura delle discontinuità e famiglie di discontinuità intercettate dalla perforazione.

36.1.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione, ovvero: caratteristiche tecniche della sonda utilizzata, frequenza del segnale, velocità di rotazione, frequenza di scansione, velocità di risalita;

- diagramma a colori profondità/tempo di percorrenza sviluppato a 360° con indicazione dell'orientazione;
- diagramma a colori profondità/ampiezza sviluppato a 360° con indicazione dell'orientazione;
- giacitura (immersione ed inclinazione) per ciascuna delle discontinuità intercettate suddivise per tipologia (stratificazione, scistosità, fratture, faglie, ecc.), diagrammate in funzione della profondità;
- diagramma della densità di fratturazione, espressa come numero di fratture per metro di foro rilevato;
- proiezioni stereografiche (ovvero proiezioni ciclografiche, ovvero diagrammi equiareali di Schmidt) per il plottaggio dei poli, delle aree di isodensità dei poli e delle tracce ciclografiche delle discontinuità intercettate, nonché per ciascuna delle famiglie riconosciute all'interno del foro rilevato, o per ciascuno dei tratti di foro investigato;
- tabella riassuntiva dei parametri giacaturali delle discontinuità rilevate, nonché i dati medi per ciascuna delle famiglie di discontinuità individuate;
- diagramma della deformazione del foro definito per tratti omogenei di sondaggio, consistenti in rappresentazioni orientate della forma assunta dal foro rispetto al piano orizzontale;
- report contenente le risultanze del rilievo.

36.2 INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.130** "Approntamento di attrezzatura per indagini videoendoscopiche"
- **IG.05.135** "Installazione di attrezzature per indagini videoendoscopiche"
- **IG.05.140** "Esecuzione di indagine videoendoscopica"

36.2.1 Descrizione

Ispezione di fori di sondaggio di qualsiasi lunghezza, sia verticali, che suborizzontali, che variamente inclinati, mediante l'impiego di telecamera a colori ad alta definizione. L'indagine permette di appurare le condizioni del foro (profondità dei rivestimenti, cementazione, ubicazione e condizione dei filtri dei tratti filtranti, ecc.), che di visionare le caratteristiche litologiche, stratigrafiche, strutturali delle rocce attraversate dalla terebrazione, la presenza di vuoti o cavità sotterranee, ecc..

36.2.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura impiegata deve soddisfare i seguenti requisiti:

- telecamera impermeabile ad alta risoluzione con sensore CCD/CMOS a colori, messa a fuoco regolabile, sorgente luminosa incorporata;
- obiettivo con visione frontale ed eventualmente laterale;
- sistema 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;
- avvolgicavo e cavi di collegamento dotati di dispositivo per il controllo della profondità;
- astine di spinta in fibra di vetro o materiale analogo.

Per la perfetta riuscita e l'esecuzione a regola d'arte della videoispezione è necessario che:

- Il foro sia privo di ostruzioni e che venga garantita la stabilità delle pareti del medesimo durante l'esecuzione dell'indagine;
- Il foro sia asciutto. Laddove sia presente acqua all'interno della perforazione questa deve essere limpida, ovvero lasciata decantare per almeno tre ore;
- Per il rilievo dei caratteri geologici, litologici, stratigrafici, strutturali, ecc., che le tratte da indagare siano prove di rivestimento;
- Durante la registrazione, tramite il monitor di visualizzazione da remoto delle immagini video, sia possibile inserire in tempo reale annotazioni sulle evidenze riscontrate mediante l'impiego di una tastiera per la videoscrittura, oppure la registrazione di commenti verbali;
- La velocità di con la quale la telecamera viene calata nel foro sia tale da permettere la visione in presa diretta dei caratteri salienti. Deve altresì essere garantita la possibilità di interrompere la discesa per meglio osservare punti ritenuti di particolare interesse;
- Le immagini devono essere trasmesse in tempo reale su un monitor a colori;
- Le riprese vengano registrate su apposito supporto digitale, in un formato che renda possibile la riproduzione da concordare con la committenza.

36.2.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore, diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.);
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- planimetria ubicativa dei sondaggi interessati dalla videoispezione;

- report dell'indagine contenente le informazioni generali di cui ai punti precedenti, la descrizione delle attrezzature utilizzate, illustrazione delle risultanze della videoispezione;
- file video in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.), su idoneo supporto digitale (hard-disk, pen-drive, CD-DVD, ecc.);
- documentazione fotografica relativa.

PARTE QUINTA – PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

37 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite da Laboratori accreditati ed inseriti nell'elenco depositato presso il C.S. LL.PP. alle categorie A (prove su terre) e B (prove su rocce).

Il Direttore del Laboratorio (Geologo o Ingegnere specializzato nelle discipline geotecniche, iscritti all'Albo Professionale) assumerà nei confronti di ANAS la completa responsabilità sull'andamento delle prove e firmerà i relativi certificati.

Sarà suo onere e cura assicurarsi preventivamente, e tempestivamente, dell'idoneità e della qualità dei campioni pervenuti in laboratorio, comunicando immediatamente all'ANAS eventuali carenze o anomalie.

All'atto della consegna si verificheranno, quindi, le condizioni di sigillatura dei campioni stessi e, se necessario, si prenderanno eventualmente gli opportuni provvedimenti per ripristinarle (nel caso si prenderà nota delle operazioni effettuate).

All'atto della comunicazione, da parte del laboratorio affidatario, dell'elenco dei campioni pervenuti in laboratorio, completo di quota di prelievo e descrizione della litologia di riferimento, l'ANAS fornirà una tabella in cui verranno specificate le determinazioni da effettuare su ogni singolo campione.

Il laboratorio dovrà rispettare rigorosamente il programma di prove comunicato dall'ANAS, segnalando l'eventuale impossibilità di esecuzione di alcune prove determinata dallo stato o dalla quantità del campione disponibile.

Le analisi di laboratorio geotecnico dovranno seguire il seguente iter:

- a) ricevimento ed immagazzinamento campioni: identificazione dei campioni, facendo riscontro alle distinte o alle stratigrafie di accompagnamento;
- b) apertura e descrizione campioni;
- c) esecuzione dell'attività di laboratorio: l'identificazione derivante dalle fasi a) e b) dovrà seguire il materiale durante l'esecuzione dell'attività di laboratorio;
- d) elaborazione e documentazione: l'identificazione del campione dovrà essere riportata nel corso dei procedimenti di elaborazione e dovrà comparire nei Certificati Ufficiali dei risultati dell'attività svolta.

In generale, un campione potrà essere identificato dai seguenti dati:

- denominazione del Committente e del cantiere;
- denominazione della località di prelievo;

- denominazione del prelievo (sondaggio, pozzetto esplorativo, altro);
- data del prelievo;
- denominazione del campione;
- profondità di prelievo.

Dovrà essere redatto un Rapporto Tecnico Conclusivo, nel quale verranno descritte le metodologie di prova applicate, i riferimenti alle norme e alle procedure adottate per la conduzione delle stesse. Il suddetto rapporto dovrà inoltre contenere tre diverse tabelle riepilogative nelle quali, per ogni campione giunto in laboratorio si dovranno indicare:

- le prove richieste da ANAS;
- le prove effettuate;
- i risultati delle prove geotecniche effettuate.

I certificati delle prove effettuate dovranno quindi essere firmati dal Direttore del Laboratorio ed allegati a tale rapporto.

38 PROVE SU CAMPIONI DI TERRA

I campioni, e specificamente quelli indisturbati o a limitato disturbo, verranno conservati in modo da preservarne le caratteristiche originarie.

In generale i campioni verranno alloggiati in ambienti a temperatura moderata e ad umidità elevata, con l'eventuale eccezione per quelli rimaneggiati.

E' raccomandato che i campioni siano depositati in un locale con temperatura media dell'ordine di $17 \div 23^{\circ}\text{C}$ e con umidità possibilmente non inferiore all'80% o, meglio ancora, in un locale attrezzato a "camera umida".

Lo scopo della climatizzazione è quello di prevenire variazioni di umidità o destrutturazioni del campione dovuti a variazioni di temperatura cruciali ad es. in caso di congelamento (o scongelamento) accidentale.

L'umidità e la temperatura da applicarsi per la conservazione dovrebbero, appunto, mantenere inalterate le condizioni al prelievo. La raccomandazione, in generale corretta, di conservazione in ambiente con umidità > dell'80% può essere deleteria in presenza di campioni (se non perfettamente sigillati) di terreni rigonfianti.

Gli inconvenienti che si dovranno prevenire sono principalmente quelli qui di seguito sintetizzati:

- significative variazioni del contenuto d'acqua (umidità) che macroscopicamente possono essere denunciate da essiccamento o rammollimento del terreno;

- modificazioni della struttura del terreno, quali il detensionamento di terreni sovraconsolidati ("firm" or "stiff" clays).
- alterazione della composizione granulometrica del terreno o delle parti di terreno distinguibili.

Di conseguenza è opportuno che l'ambiente in cui vengono effettuate le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e confezione dei provini sia a temperatura moderata, protetto da una forte insolazione e non eccessivamente secco.

Fra l'estrazione del campione e l'inizio delle determinazioni o delle prove programmate, l'intervallo di tempo dovrà essere ridotto al minimo; nel caso in cui il materiale debba necessariamente attendere per essere sottoposto a prova, dovrà essere protetto, o sigillato, ed eventualmente riposto ancora in camera umida.

La selezione delle porzioni di campione e la confezione dei provini dovranno essere eseguite con la massima cautela, in modo da minimizzare il disturbo del terreno.

Infine, anche e specialmente nelle fasi di montaggio delle prove e di avviamento delle prove stesse, si raccomanda di mantenere il terreno nel suo stato originario, segnalando o evidenziando le eventuali variazioni di condizioni dovute alle procedure o alle metodologie adottate, ed evitando ogni tipo di modificazioni incontrollate.

38.1 APERTURA ED ESTRAZIONE DEL CAMPIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.111** "Apertura ed estrazione del campione"

38.1.1 Descrizione

Apertura e descrizione di campioni indisturbati o a limitato disturbo, alloggiati in fustelle cilindriche (campionatori).

38.1.2 Modalità esecutive

Estrazione con minimizzazione del disturbo (è raccomandato l'impiego di un estrusore idraulico, se necessaria una notevole spinta) di un campione di terreno alloggiato in fustella cilindrica; scoticatura e ripulitura delle estremità del campione (se opportuna); eventuale valutazione della consistenza del materiale mediante *pocket penetrometer* e/o *torvane*.

Normativa di riferimento:

- ASTM D2488 - Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures).

38.2 DESCRIZIONE DEI CAMPIONI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.112** “Descrizione dei campioni”

38.2.1 Descrizione

All'atto dell'apertura o dell'estrazione dei campioni, indisturbati o rimaneggiati, si procederà alla descrizione preliminare dei terreni rappresentati. Dovranno essere indicate le seguenti informazioni generali: Committente, cantiere, località, impresa sondaggi, quadro di insieme di tutte le prove condotte sul campione, denominazione sondaggio con relativa profondità e data di perforazione, denominazione del campione con relativa profondità e data di prelievo, modalità di perforazione, modalità di campionamento e qualità del campione, diametro e lunghezza del campione, identificazione visiva con indicazione di colore campione, struttura, consistenza e denominazione. Dovrà essere riportata una fotografia a colori del campione, con scala metrica e cromatica di riferimento.

38.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione;
- UNI EN 14688-2 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione;
- UNI EN 14689 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione, descrizione e classificazione delle rocce;
- ASTM D2487 - Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System);
- ASTM D2488- Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures);
- ASTM D3282 - Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.

38.3 ANALISI GRANULOMETRICA MEDIANTE SETACCI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.001.a** “Analisi granulometrica mediante setacci”

38.3.1 Descrizione

Determinazione della composizione granulometrica della frazione di terreno trattenuta al vaglio ASTM 200 (0,075 mm di maglia), eseguita per vagliatura, con trattamento per via umida in fase preliminare o in fase operativa. L'attività comprende anche la preparazione del materiale.

Questa determinazione costituisce parte dello studio di stabilizzazione a calce o cemento dei terreni.

38.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-4 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica;
- ASTM D6913 - Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.

38.4 ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE DI UNA TERRA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.001.b** "Analisi granulometrica per sedimentazione di una terra"

38.4.1 Descrizione

Ricostruzione della curva granulometrica nella sua parte terminale, ovvero per la porzione di terreno fine, passante al vaglio ASTM 200 (0,075 mm di maglia). L'attività comprende anche la preparazione del materiale.

Questa determinazione costituisce parte dello studio di stabilizzazione a calce o cemento dei terreni.

38.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-4 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 4: Determinazione della distribuzione granulometrica;
- ASTM D7928 - Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis.

38.5 DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.005** "Determinazione della massa volumica umida"

38.5.1 Descrizione

Determinazione del peso dell'unità di volume allo stato naturale dei terreni a grana fine.

38.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-2 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 2: Determinazione della massa volumica;
- ASTM D 2937 - Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method;
- BS 1377:Part.2: 1990 - Methods of test for soils for civil engineering purposes. Classification tests.

38.6 DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.010** "Determinazione dell'umidità del campione"

38.6.1 Descrizione

Determinazione del contenuto di acqua naturale di un provino di un terreno.

38.6.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-1 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 1: Determinazione del contenuto in acqua;
- ASTM D 2216 - Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.

38.7 DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.015** "Determinazione della massa volumica dei granuli solidi"

38.7.1 Descrizione

Determinazione del peso specifico dei granuli solidi costituenti un terreno non grossolano.

38.7.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-3 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 3: Determinazione della massa volumica dei granuli solidi;
- ASTM D 854 - Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.

38.8 DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG (LIQUIDO E PLASTICO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.025** "Determinazione dei limiti di Atterberg (WL, WP, WS)"

38.8.1 Descrizione

Determinazione del limite di liquidità e di plasticità del campione. Laddove determinate anche le caratteristiche fisiche generali e granulometriche del campione, dovranno essere determinati l'Indice di Plasticità (IP), l'Indice di Consistenza (IC) e l'Indice di Attività (IA) del campione stesso. Il punto identificativo del campione dovrà essere rappresentato sulla "carta di Casagrande" fornendo la classificazione dello stesso in funzione dei limiti.

Queste determinazioni costituiscono parte dello studio di stabilizzazione a calce o cemento dei terreni.

38.8.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-12 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 12: Determinazione dei limiti liquidi e plastici;
- ASTM D4318 - Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

38.9 DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG (LIMITE DI RITIRO)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.025** "Determinazione dei limiti di Atterberg (WL, WP, WS)"

38.9.1 Descrizione

Determinazione del limite di ritiro, mediante lento essiccamento di un piccolo volume di terra satura. Esso definisce il contenuto in acqua corrispondente al passaggio dallo stato solido a quello fragile.

38.9.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4943 - Standard Test Method for Shrinkage Factors of Cohesive Soils by the Water Submersion Method.

38.10 DETERMINAZIONE TENORE IN CARBONATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.032** “Determinazione del tenore di carbonati”

38.10.1 Descrizione

Questa prova viene utilizzata per determinare la presenza e la quantità di carbonato in un campione di terreno in termini di calcite equivalente.

38.10.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4373 - Standard Test Method for Rapid Determination of Carbonate Content of Soils;
- UNI EN 196-2 - Metodi di prova dei cementi - Parte 2: Analisi chimica dei cementi.

38.11 CLASSIFICAZIONE DI UNA TERRA PER USO STRADALE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.035** “Classificazione di una terra per uso stradale”

38.11.1 Descrizione

La norma si applica ai terreni naturali in sito e a materiali simili realizzati in sito e stabilisce i principi base per l'identificazione e la classificazione dei terreni sulla base di materiali e masse caratteristici più comunemente utilizzati. I principi di classificazione consentono il raggruppamento dei terreni in classi di composizione e di proprietà geotecniche simili. Tale classificazione contribuisce a determinare la possibilità di impiego del materiale per la costruzione dei rilevati, dei sottofondi stradali, ecc..

Questa determinazione costituisce parte dello studio di stabilizzazione a calce o cemento dei terreni.

38.11.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 14688-1 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione;
- UNI EN ISO 14688-2 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione;
- UNI EN 16907-2 - Costruzioni in terra - Parte 2: Classificazione dei materiali.

38.12 PROVA DI TAGLIO CON SCISSOMETRO DA LABORATORIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.060** “Prova di taglio con scissometro”

38.12.1 Descrizione

Questa prova fornisce una stima della resistenza al taglio non drenata dei terreni coesivi e si esegue inserendo nel terreno una paletta con sezione a croce greca (scissometro) e misurando lo sforzo torsionale che occorre applicare per portare a rottura il terreno stesso. E' necessario eseguire la media su 3 diverse prove.

38.12.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4648 - Standard Test Methods for Laboratory Miniature Vane Shear Test for Saturated-Fine-Grained Clayey Soil.

38.13 PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.065** “Prova di compressione ad E.L.L. su campioni di terra indisturbati”

38.13.1 Descrizione

La norma fornisce un metodo per determinare un valore approssimativo della resistenza a compressione non confinata di un provino omogeneo saturo di terreno, avente un livello di permeabilità sufficientemente basso tale da consentirgli di mantenersi non drenato nel corso della prova.

La prova si applica generalmente ai terreni ed alle miscele per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

38.13.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-7 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 7: Prova di compressione non confinata;
- ASTM D2166 - Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

38.14 PROVA EDOMETRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.070** “Prova edometrica su campioni di terra”
- **IG.01.072** “Determinazione del coefficiente di consolidazione secondaria ($C\alpha$)”

38.14.1 Descrizione

Le prove edometriche sono molto utilizzate per la loro semplicità e perché riproducono la consolidazione del terreno sotto il peso proprio degli strati sovrastanti, cioè una compressione assiale senza deformazione laterale. La prova edometrica standard viene infatti eseguita incrementando con progressione geometrica il carico assiale, che ad ogni gradino viene mantenuto costante per un tempo sufficiente a raggiungere le condizioni di regime.

La consolidazione secondaria si riferisce a deformazioni volumetriche a tensione efficace costante dovute a fenomeni viscosi e, pertanto, è associata a deformazioni del terreno quali il creep.

La prova si applica generalmente ai terreni ed alle miscele per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

38.14.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-5 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5: Prova edometrica ad incrementi di carico;
- ASTM D2435 - Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading.

38.15 PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.075** “Prova di taglio diretto su 3 provini indisturbati o ricostruiti”

38.15.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza delle terre in termini di tensioni efficaci mediante l'uso della scatola di taglio diretto. Le prove possono essere eseguite su provini indisturbati, ovvero rimaneggiati e compattati o ricostituiti. Per determinare le caratteristiche di resistenza sono necessari tre o più provini, portati a rottura a valori diversi di sforzo normale.

La valutazione della resistenza al taglio residua riveste notevole importanza laddove sono avvenuti o sono in atto movimenti gravitativi e, quindi, condizioni di rottura nel terreno.

38.15.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-10 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sulle terre - Parte 10: Prove di taglio diretto;
- ASTM D3080 - Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

38.16 PROVA DI TAGLIO ANULARE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.080** "Prova di taglio anulare"

38.16.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza delle terre in termini di tensioni efficaci mediante l'uso dell'apparecchio di taglio anulare. Le prove possono essere eseguite su provini indisturbati, ovvero rimaneggiati e compattati o ricostituiti. Per determinare le caratteristiche di resistenza sono necessari tre o più provini, portati a rottura a valori diversi di sforzo normale.

38.16.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-10 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sulle terre - Parte 10: Prove di taglio diretto.

38.17 PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA – UU

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.085.a** "Prova di compressione triassiale tipo UU"

38.17.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza al taglio, in termini di pressioni totali, di un provino cilindrico saturo di terreno, mediante prova triassiale non consolidata non drenata. In questa prova non viene permesso alcun drenaggio, quindi nessuna dissipazione di pressione dei pori, né durante l'applicazione della pressione di confinamento, né durante l'applicazione del carico. Non si misura, dunque, la pressione neutra.

38.17.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-8 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 8: Prova triassiale non consolidata non drenata;

- ASTM D2850 - Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.

38.18 PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA NON DRENATA – CU

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.085.b** “Prova di compressione triassiale tipo CU”

38.18.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza al taglio, in termini di pressioni efficaci, di un provino cilindrico saturo di terreno, mediante prova triassiale consolidata non drenata. In questa prova viene permesso il drenaggio durante l'applicazione delle pressione di confinamento, finché il campione è completamente consolidato sotto questa pressione, mentre il drenaggio viene impedito durante l'applicazione del carico. E' quindi possibile misurare la pressione neutra.

38.18.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-9 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 9: Prove di compressione triassiale consolidate su terreni saturi;
- ASTM D4767 - Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils.

38.19 PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA – CD

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.085.c** “Prova di compressione triassiale tipo CD”

38.19.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della resistenza al taglio, in termini di pressioni efficaci, di un provino cilindrico saturo di terreno, mediante prova triassiale consolidata drenata. In questa prova viene permesso il drenaggio durante tutta la prova, cosicché durante l'applicazione del carico non si ha formazione di pressione neutra in eccesso e si misurano, quindi, le variazioni di volume del provino.

38.19.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-9 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 9: Prove di compressione triassiale consolidate su terreni saturi;

- ASTM D7181 - Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils.

38.20 PROVA DI PERMEABILITÀ IN LABORATORIO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.090** "Prova di permeabilità a carico costante o variabile"

38.20.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della permeabilità all'acqua di campioni di terreno. Possono essere eseguite a carico costante o a carico variabile. Per campioni ad alta permeabilità è preferibile effettuare prove a carico costante, mentre per campioni a bassa permeabilità è preferibile effettuare prove a carico variabile.

38.20.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-11 - Indagini geotecniche e prove - Prove di laboratorio sulle terre - Parte 11: Prove di permeabilità;
- ASTM D2434 - Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head);
- ASTM D5084 - Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter;
- AASHTO T215 - Standard Method of Test for Permeability of Granular Soils (Constant Head).

38.21 PROVA DI RIGONFIAMENTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.095** "Prova di rigonfiamento"

38.21.1 Descrizione

La prova è finalizzata alla determinazione della pressione, della deformazione e della curva di rigonfiamento in terreni fortemente coesivi.

38.21.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 17892-5 - Indagini e prove geotecniche - Prove di laboratorio sui terreni - Parte 5: Prova edometrica ad incrementi di carico;

- ASTM D4546 - Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Collapse of Soils.

38.22 PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.105** "Prova di colonna risonante"

38.22.1 Descrizione

Le prove cicliche e dinamiche di laboratorio sono un valido strumento per esaminare il comportamento sforzi-deformazioni del terreno in condizioni di carico simili a quelle indotte dal terremoto se associate alla definizione dello scenario sismico e ad una previsione del moto atteso.

Si tratta di una prova, condotta a livelli deformativi bassi e medi, finalizzata alla determinazione delle leggi di decadimento della rigidità e di incremento del fattore di smorzamento.

38.22.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4015 - Standard Test Methods for Modulus and Damping of Soils by Fixed-Base Resonant Column Devices.

38.23 PROVA TRIASSIALE CICLICA DI TIPO PROPERTY (TXC-P)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.110.b** "Prova triassiale ciclica di tipo property (decadimento della rigidità) – Terreni fini"

38.23.1 Descrizione

Le prove cicliche e dinamiche di laboratorio sono un valido strumento per esaminare il comportamento sforzi-deformazioni del terreno in condizioni di carico simili a quelle indotte dal terremoto se associate alla definizione dello scenario sismico e ad una previsione del moto atteso.

Si tratta di una prova, condotta a livelli deformativi elevati, che consente di valutare l'influenza del livello di deformazione sui moduli dinamici, sullo smorzamento e sulla resistenza al taglio di terreni coesivi.

38.23.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D3999 - Standard Test Methods for the Determination of the Modulus and Damping Properties of Soils Using the Cyclic Triaxial Apparatus.

38.24 PROVA TRIASSIALE CICLICA A LIQUEFAZIONE (TXC-L)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.110.b** “Prova triassiale ciclica a liquefazione – Terreni granulari”

38.24.1 Descrizione

Le prove cicliche e dinamiche di laboratorio sono un valido strumento per esaminare il comportamento sforzi-deformazioni del terreno in condizioni di carico simili a quelle indotte dal terremoto se associate alla definizione dello scenario sismico e ad una previsione del moto atteso.

Si tratta di una prova condotta a livelli deformativi elevati, eseguita in condizioni di carico controllato (*Load controlled test*) viene utilizzata per lo studio di problemi di liquefazione dei terreni granulari saturi, essendo possibile determinare la resistenza ultima del terreno dopo un predeterminato numero di cicli.

38.24.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D5311 - Standard Test Method for Load Controlled Cyclic Triaxial Strength of Soil.

38.25 PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.113** “Prova di taglio torsionale ciclico”

38.25.1 Descrizione

Le prove cicliche e dinamiche di laboratorio sono un valido strumento per esaminare il comportamento sforzi-deformazioni del terreno in condizioni di carico simili a quelle indotte dal terremoto se associate alla definizione dello scenario sismico e ad una previsione del moto atteso.

Si tratta di una prova, condotta a livelli deformativi bassi, risulta quindi efficace per lo studio del comportamento del terreno in condizioni di sollecitazione sismica.

38.25.2 Modalità esecutive

Nelle prove di Taglio Torsionale Ciclico (TTC) i provini cilindrici sono sollecitati in condizioni di taglio semplice sovrapponendo ad uno stato di tensione efficace isotropo una coppia torcente variabile nel tempo con legge periodica a frequenza costante e predeterminata, ripetendo più serie di cicli con ampiezze via via crescenti. Le prove consentono di misurare la rigidezza a piccole e medie deformazioni e le leggi di decadimento del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento. Spesso tra ogni serie di cicli è interposta una fase di consolidazione. Dall'interpretazione dei risultati ottenuti con i vari cicli di scarico e ricarico, a mezzo dei relativi parametri equivalenti di rigidezza al taglio (G_s), del fattore di smorzamento (D), e della

deformazione tangenziale y si interpreta il comportamento dinamico del campione di terreno sottoposto a prova.

39 PROVE SU MISCELE NON LEGATE E LAGATE CON LEGANTI IDRAULICI

Per quanto riguarda i criteri di identificazione e di gestione dei campioni e dei materiali si può fare riferimento, nel complesso, a quanto già indicato per i campioni di terre.

Resta inteso che le determinazioni o le prove specificamente contemplate per le terre oppure per le rocce od ancora per i materiali granulari possano, ove possibile, essere previste e realizzate anche per gli altri tipi di materiali.

39.1 PROVA DI COMPATTAZIONE PROCTOR

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.040** "Prova di costipamento di una terra"

39.1.1 Descrizione

La norma descrive un metodo per la determinazione della correlazione fra il contenuto di acqua e la massa volumica asciutta di miscele legate con leganti idraulici o non legate dopo il costipamento Proctor. La norma si applica unicamente a miscele non legate e legate con leganti idraulici di aggregati utilizzate nella costruzione di strade e in opere di ingegneria civile. Comunemente denominata anche Prova AASHTO Standard o Modificata (Prova Proctor Modificata).

La prova si applica generalmente ai terreni ed alle miscele per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

39.1.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-2 - 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;
- ASTM D698 - Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³));
- ASTM D1557 - Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)).

39.2 DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA CBR

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.045** "Determinazione dell'indice di portanza CBR"

39.2.1 Descrizione

La norma specifica i metodi di prova per determinare in laboratorio l'indice di portanza CBR e l'indice di portanza immediata, per miscele con dimensioni granulometriche fino a 22,4 mm. La norma descrive inoltre il metodo per determinare il rigonfiamento verticale del provino.

La prova di portanza C.B.R. (*California Bearing Ratio*) trova applicazione in tutti i tipi di materiali dalle argille ai misti granulari con o senza leganti ed è largamente diffusa nel caso di dimensionamento di sovrastrutture stradali, quali strati di fondazione e di base delle pavimentazioni flessibili.

La prova si applica generalmente ai terreni ed alle miscele per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

39.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-47 - 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;
- ASTM D1883 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

39.3 PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE DI PROVINI COMPATTATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.050** "Prova di compressione e/o trazione (Brasiliana)"

39.3.1 Descrizione

La norma descrive un metodo per determinare la resistenza a compressione di provini di miscele legate con leganti idraulici, realizzati in laboratorio oppure a partire da carote.

39.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-41 - 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.

39.4 PROVA DI RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA DI PROVINI COMPATTATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.050** “Prova di compressione e/o trazione (Brasiliana)”

39.4.1 Descrizione

Questa prova viene utilizzata spesso su campioni di roccia.

La norma descrive un metodo per determinare la resistenza a trazione indiretta di provini cilindrici di miscele legate con leganti idraulici, realizzati in laboratorio oppure a partire da carote.

39.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-42 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 42: Metodo di prova per la determinazione della resistenza a trazione indiretta di miscele legate con leganti idraulici;
- ASTM D3967 - Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Intact Rock Core Specimens;
- I.S.R.M. 1978 - Suggested methods for determining tensile strength of rock materials.

39.5 DENSITÀ RELATIVA DI TERRENI NON COERENTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.170** “Densità relativa di terreni non coerenti”

39.5.1 Descrizione

Determinazione della massa volumica secca massima e del contenuto di acqua di materiali privi di coesione compattati per mezzo di una tavola vibrante. Si applica a miscele da impiegare nella costruzione di strade, contenenti fino al 12% in massa di fini e aventi dimensione massima dei materiali pari a 80 mm.

39.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 13286-5 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 5: Metodi di prova della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Tavola vibrante;
- ASTM D4253 - Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table;
- ASTM D4254 - Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density.

40 PROVE SU ROCCE (PIETRE NATURALI)

Per quanto riguarda i criteri di identificazione e di gestione dei campioni e dei materiali si può fare riferimento, nel complesso, a quanto già indicato per i campioni di terre. Come già specificato è necessario che tali prove vengano eseguite da laboratori certificati presso il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici alla categoria B (prove su rocce).

Resta inteso che le determinazioni o le prove specificamente contemplate per le terre oppure per le rocce od ancora per i materiali granulari possano, ove possibile, essere previste e realizzate anche per gli altri tipi di materiali.

Nelle norme UNI le rocce vengono definite "pietre naturali" (UNI EN 12670).

40.1 CARATTERISTICHE FISICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.180** "Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale aperta per pietre naturali"

40.1.1 Descrizione

Determinazione della massa volumica reale, della massa volumica apparente, e della porosità totale e aperta di una provino di roccia.

40.1.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1936 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta;
- I.S.R.M. 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.

40.2 DETERMINAZIONE DELL'ASSORBIMENTO D'ACQUA A PRESSIONE ATMOSFERICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.185** "Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica"

40.2.1 Descrizione

Determinazione dell'assorbimento d'acqua di pietre naturali tramite immersione in acqua a pressione atmosferica.

40.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 13755 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione;
- ASTM D2216 - Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.

40.3 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL GELO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.190** "Determinazione della resistenza al gelo per pietre naturali"

40.3.1 Descrizione

Si definisce come resistenza al gelo la capacità di un materiale lapideo di non degradarsi dal punto di vista meccanico sotto l'azione di cicli di gelo e disgelo. Si tratta quindi di un metodo utilizzato per valutare l'effetto dei cicli di gelo/ disgelo sui campioni di roccia. La resistenza al gelo viene espressa come il rapporto tra la resistenza a flessione di un lotto di provini sottoposti a cicli di gelo-disgelo rispetto ad un analogo lotto in condizioni naturali.

40.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 12371 - Metodo di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza al gelo.

40.4 PROVA DI COMPRESSIONE A CARICO CONCENTRATO (POINT LOAD TEST)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.195** "Prova di compressione a carico concentrato (Point load test)"

40.4.1 Descrizione

Si tratta di una prova speditiva, spesso utilizzata direttamente in sito, in quanto può essere eseguita anche su campioni di forma irregolare purché entro determinati limiti geometrici. Consiste nell'applicazione di un carico puntuale su un campione di roccia, attraverso due punte di forma standardizzata, e consente di ricavare, indirettamente, la resistenza a compressione uniassiale della matrice rocciosa.

40.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D5731 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications;
- I.S.R.M. 1985 - Suggested methods for determining Point Load Strength.

40.5 PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE SEMPLICE (UCS)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.200.a** “Prova di compressione uniassiale senza rilievo della curva di deformazione”

40.5.1 Descrizione

Determinazione della resistenza a compressione uniassiale. La prova consiste nel portare a rottura un campione di forma cilindrica di roccia (in genere ricavato da una carota di sondaggio) sottoponendolo solo ad una pressione normale. Durante la prova, i provini sono liberi di deformarsi lateralmente.

40.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1926 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale;
- ASTM D7012 (Method C) - Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures.

40.6 PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE CON ESTENSIMETRI (UCS)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.200.b** “Prova di compressione uniassiale con rilievo della curva di deformazione”

40.6.1 Descrizione

Determinazione della resistenza a compressione uniassiale e delle caratteristiche di deformabilità della roccia, ricavate attraverso l'utilizzo di estensimetri. Si dovrà prevedere l'apposizione, su ogni provino di roccia testato, di n. 4 estensimetri diversamente orientati rispetto alla direzione di applicazione del carico. In particolare, 2 estensimetri dovranno essere posti in direzione assiale e 2 in direzione diametrali. Per tutti i 4 estensimetri dovranno essere riportati in forma di tabella i valori di tempo, carico, pressione e deformazione. Gli stessi dovranno essere riportati anche nel grafico di compressione (pressione/deformazione). La prova consiste nel portare a rottura un campione di forma cilindrica di roccia (in genere ricavato da una carota di sondaggio) sottoponendolo solo ad una pressione normale. Durante la prova, i provini sono liberi di deformarsi lateralmente.

40.6.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D7012 (Method D) - Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures.

40.7 PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE SU ROCCIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.205** "Prova di compressione triassiale su roccia"

40.7.1 Descrizione

Determinazione della resistenza a compressione triassiale e delle caratteristiche di deformabilità della roccia, ricavate attraverso l'utilizzo di estensimetri. Si dovrà prevedere l'apposizione, su ogni provino di roccia testato, di n. 4 estensimetri diversamente orientati rispetto alla direzione di applicazione del carico. In particolare, 2 estensimetri dovranno essere posti in direzione assiale e 2 in direzione diametrali. Per tutti i 4 estensimetri dovranno essere riportati in forma di tabella i valori di tempo, carico, pressione e deformazione. Gli stessi dovranno essere riportati anche nel grafico di compressione (pressione/deformazione). La prova consiste nel portare a rottura un campione di forma cilindrica di roccia (in genere ricavato da una carota di sondaggio) sottoponendo lo stesso ad una pressione normale in presenza di pressione di confinamento (pressione di camera).

40.7.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D7012 (Methods A and B) - Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures.

40.8 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A FLESSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.210** "Determinazione della resistenza"

40.8.1 Descrizione

La determinazione della resistenza a flessione di un campione di roccia può essere ottenuta attraverso due diversi metodi: sotto carico concentrato e a momento costante. Sono inclusi i procedimenti sia per la prova di identificazione che per la prova tecnologica.

40.8.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 12372 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato;
- UNI EN 13161 - Metodi di prova per pietre naturali - Determinazione della resistenza a flessione a momento costante.

40.9 PROVA DI TAGLIO SU GIUNTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.087** "Prova di taglio su giunto"

40.9.1 Descrizione

La prova permette di misurare, in laboratorio, la resistenza al taglio lungo una discontinuità, naturale o artificiale, di un campione di roccia. La prova consiste nel sottoporre a scorrimento relativo due porzioni di roccia separate da una superficie di discontinuità.

La prova può essere eseguita con o senza l'ausilio di resina a seconda delle condizioni della discontinuità.

40.9.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D5607 - Standard Test Method for Performing Laboratory Direct Shear Strength Tests of Rock Specimens Under Constant Normal Force;
- I.S.R.M. 1974 - Suggested Method for Determining Shear Strength.

40.10 ESTRAZIONE PROVINI CILINDRICI DA CAROTE O CAMPIONI DI ROCCIA INFORME

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.260** "Preparazione o estrazione di cubetti da blocchi di pietre-rocce"

40.10.1 Descrizione

Estrazione e sagomatura di provini cilindrici, dalle carote di sondaggio o da blocchi di roccia prelevati in affioramento o sui fronti di scavo, per la preparazione dei campioni di roccia intatta da sottoporre a prove di compressione uniassiale o triassiale.

40.10.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4543 - Standard Practices for Preparing Rock Core as Cylindrical Test Specimens and Verifying Conformance to Dimensional and Shape Tolerances.

40.11 RETTIFICA DI CUBETTI E CAROTE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.265** "Rettifica di cubetti e carote"

40.11.1 Descrizione

Spianatura e rettifica meccanica di provini cilindrici o prismatici di roccia.

40.11.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4543 - Standard Practices for Preparing Rock Core as Cylindrical Test Specimens and Verifying Conformance to Dimensional and Shape Tolerances.

40.12 ANALISI PETROGRAFICA MEDIANTE SEZIONE SOTTILE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.295** "Analisi petrografica mediante sezione sottile"

40.12.1 Descrizione

Analisi mineralogico-petrografica di un campione di roccia mediante osservazione di sezioni sottili con microscopio polarizzatore in luce trasmessa. Caratterizzazione della struttura e determinazione della natura dei componenti minerali.

E' compreso l'intero processo di preparazione della sezione sottile.

40.12.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 12407 - Metodi di prova per pietre naturali - Esame petrografico;
- I.S.R.M. 1977 - Suggested Methods for Petrographic Description of Rock.

40.13 ANALISI MINERALOGICA TRAMITE DIFFRATTOMETRIA A RAGGI X

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.296** "Analisi diffrattometrica"

40.13.1 Descrizione

La diffrazione ai raggi X (*X Ray Diffraction*, XRD) è una metodologia per l'analisi mineralogica di campioni di diversa natura. Il diffrattometro a raggi X è uno strumento di base per l'identificazione e lo studio di materiali solidi, che vanno dai campioni di rocce ai minerali, dai suoli ai prodotti industriali, dai reperti archeologici ai materiali extraterrestri, ecc..

La prova viene eseguita su campioni di roccia polverizzata, sul campione tal quale, sulla frazione argillosa non trattata, sulla frazione argillosa trattata con attacco glicolico e sulla frazione argillosa sottoposta a trattamento termico a 60 °C. Oltre a indagini di caratterizzazione e provenienza può servire per identificare cambiamenti dei materiali dovuti al degrado.

E' compresa la fornitura dei diffrattogrammi e della relazione interpretativa dell'analisi.

E' compresa la preparazione del campione e delle diverse frazioni di prova.

40.13.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 13925-1 - Prove non distruttive - Diffrazione a raggi X dai materiali policristallini e amorfi - Parte 1: Principi generali;
- UNI EN 13925-2 - Prove non distruttive - Diffrazione a raggi X dai materiali policristallini e amorfi - Parte 2: Procedure;
- UNI EN 13925-3 - Prove non distruttive - Diffrazione a raggi X dai materiali policristallini e amorfi - Parte 3: Strumenti.

41 PROVE SU AGGREGATI

Gli aggregati di origine minerale sono utilizzati in tutti i settori dell'ingegneria civile per produrre conglomerati bituminosi, calcestruzzi, malte, pietrame per argini, ballast ferroviari, ecc..

Le norme UNI EN sono state distinte in cinque diversi raggruppamenti. Prove per determinare:

- le proprietà generali (Norme da UNI EN 932-1 a UNI EN 932-6);
- le caratteristiche geometriche (Norme da UNI EN 933-1 a UNI EN 933-10);
- le caratteristiche meccaniche e fisiche (Norme da 1097-1 a UNI EN 1097-10);
- le proprietà tecniche e la degradabilità (Norme da UNI EN 1367-1 a UNI EN 1367-5);
- le proprietà chimiche (Norme UNI EN 1744-1 a UNI EN 1744-3).

Resta inteso che le determinazioni o le prove specificamente contemplate per le terre oppure per le rocce od ancora per i materiali granulari possano, ove possibile, essere previste e realizzate anche per gli altri tipi di materiali.

41.1 DETERMINAZIONE DELL'EQUIVALENTE IN SABBIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.030** "Determinazione dell'equivalente in sabbia"

41.1.1 Descrizione

La prova consente di determinare il valore di equivalente in sabbia della frazione 0/2 mm negli aggregati fini o negli aggregati misti.

41.1.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-8 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 8: Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia;
- CNR BU n. 27 - Metodo di prova per la misura dell'equivalente in sabbia.

41.2 MASSA VOLUMICA DEI GRANULI E ASSORBIMENTO D'ACQUA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.175** "Determinazione della massa volumica umida dei granuli e assorbimento acqua"

41.2.1 Descrizione

Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento d'acqua di aggregati normali e aggregati leggeri.

41.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-6 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua.

41.3 PROVA DI USURA PER ATTRITO RADENTE (C.L.A.)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.215** "Prova di usura per attrito radente (C.L.A.)"

41.3.1 Descrizione

Determinazione del valore di levigabilità (VL) di un aggregato grosso impiegato per il rivestimento della superficie stradale.

41.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-8 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 8: Determinazione del valore di levigabilità;
- CNR BU n. 140 - Misura del coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) delle granaglie.

41.4 PROVA DI RESISTENZA ALL'ABRASIONE DI AGGREGATI (MICRODEVAL)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.220** "Prova di resistenza all'abrasione di aggregati (Microdeval)"

41.4.1 Descrizione

Determinazione della resistenza all'usura degli aggregati grossi e degli aggregati per massicciate per ferrovie. La norma si applica agli aggregati naturali, artificiali o riciclati impiegati nell'edilizia o nell'ingegneria civile.

41.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-1 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza all'usura (micro-Deval).

41.5 PROVA LOS ANGELES

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.225** "Prova Los Angeles determinazione della resistenza alla frammentazione"

41.5.1 Descrizione

La norma descrive il metodo di riferimento, la prova Los Angeles, utilizzato per la determinazione della resistenza alla frammentazione degli aggregati grossi (testo principale) e degli aggregati per massicciata ferroviaria (appendice A). Si applica agli aggregati naturali, artificiali o riciclati impiegati nell'ingegneria edile e civile.

41.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-2 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione;
- CNR BU n. 34 - Determinazione della perdita in peso per abrasione di aggregati lapidei con l'apparecchio "Los Angeles".

41.6 MASSA VOLUMICA APPARENTE DI AGGREGATI ADDENSATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.230.a** "Determinazione della massa volumica apparente di aggregati addensati"

41.6.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di stabilire la massa volumica di un aggregato assestato, ossia di determinare la massa di volume unitario di aggregato, comprensivo dei vuoti intergranulari e dei pori, assestato con procedimento normalizzato.

41.6.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- CNR BU n. 76 - Determinazione della massa volumica di aggregati assestati con tavola a scosse.

41.7 MASSA VOLUMICA APPARENTE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.230.c** "Determinazione della massa volumica apparente dei granuli di un aggregato"

41.7.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di determinare la massa volumica apparente dei granuli di un aggregato, intesa come la massa di un volume unitario del materiale solido, inclusi i pori interni ai granuli non saturabili con acqua. In altri termini, con tale prova è possibile determinare il peso specifico di un aggregato, inteso come peso dell'unità di volume.

La presente metodologia di prova si applica agli aggregati normali e leggeri, nonché agli aggregati per conglomerati bituminosi.

41.7.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- CNR BU n. 63 - Determinazione della massa apparente dei granuli di un aggregato.

41.8 MASSA VOLUMICA REALE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.235** “Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato”

41.8.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di determinare la massa volumica reale dei granuli costituenti un aggregato.

La presente metodologia di prova si applica agli aggregati normali e leggeri, nonché agli aggregati per conglomerati bituminosi.

41.8.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-6 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 6: Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua;
- CNR BU n. 64 - Determinazione della massa volumica reale dei granuli di un aggregato.

41.9 MASSA VOLUMICA IN MUCCHIO E DEI VUOTI INTERGRANULARI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.240** “Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari”

41.9.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di determinare la massa volumica in mucchi di aggregati essiccati e di calcolare i vuoti intergranulari.

La presente metodologia di prova si applica agli aggregati naturali ed artificiali di dimensioni fino ad un massimo di 63 mm, secondo quanto espresso dalla norma di riferimento.

41.9.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-3 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari;
- CNR BU n. 62 - Determinazione della massa volumica apparente di aggregati non addensati.

41.10 INDICE DEI VUOTI, POROSITÀ DI UN AGGREGATO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.245** “Indice dei vuoti, porosità di un aggregato”

41.10.1 Descrizione

Lo scopo della prova è quello di determinare la massa volumica in mucchi di aggregati essiccati e di calcolare i vuoti intergranulari. Questa si calcola a partire dalla massa volumica in mucchio e dalla massa volumica reale delle particelle (determinata su un provino a parte prelevato dal medesimo campione di prova ai sensi della norma UNI EN 1097-6)

La presente metodologia di prova si applica agli aggregati naturali ed artificiali di dimensioni fino ad un massimo di 63 mm, secondo quanto espresso dalla norma di riferimento.

41.10.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1097-3 - Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari;
- CNR BU n.65 - Determinazione della porosità dei granuli di aggregati, percentuale dei vuoti di aggregati e indice dei vuoti di aggregati.

41.11 COEFFICIENTE DI FRANTUMAZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.250** “Coefficiente di frantumazione”

41.11.1 Descrizione

La norma specifica un metodo per determinare il coefficiente di frantumazione degli aggregati.

41.11.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- CNR Fascicolo 4/1953 - Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, della sabbia, degli additivi per costruzioni stradali.

41.12 PERDITA PER DECANTAZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.255** “Perdita per decantazione di aggregati”

41.12.1 Descrizione

La norma specifica un metodo per la determinazione della perdita di peso del materiale per decantazione in acqua.

41.12.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- CNR Fascicolo 4/1953 - Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, della sabbia, degli additivi per costruzioni stradali.

41.13 DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL GELO E DISGELO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.270** "Determinazione della resistenza al gelo e disgelo degli aggregati"

41.13.1 Descrizione

La norma stabilisce un metodo di prova che fornisce le necessarie informazioni sul comportamento degli aggregati quando sono soggetti a cicli di gelo e disgelo. La prova è applicabile ad aggregati aventi dimensione dei granuli tra 4 mm e 63 mm.

41.13.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1367-1 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo.

41.14 DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.275** "Determinazione della distribuzione granulometrica"

41.14.1 Descrizione

La prova si applica agli aggregati naturali ed artificiali, inclusi gli aggregati leggeri, fino ad una dimensione nominale di 63 mm, esclusi i fillers.

La prova si applica generalmente ai terreni per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

41.14.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-1 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura;
- UNI EN 933-2 - Determinazione della distribuzione granulometrica - Stacci di controllo, dimensioni nominali delle aperture.

41.15 DETERMINAZIONE DELLA FORMA DEI GRANULI – INDICE DI APPIATTIMENTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.280.a** “Determinazione forma dei granuli – Indice di appiattimento”

41.15.1 Descrizione

La prova viene utilizzata per determinare l'indice di appiattimento degli aggregati grossi. La norma si applica agli aggregati naturali, artificiali o riciclati.

Il metodo di prova specificato in questa parte della norma non è applicabile a granulometrie minori di 4 mm o maggiori di 100 mm.

41.15.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-3 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 3: Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento.

41.16 DETERMINAZIONE DELLA FORMA DEI GRANULI – INDICE DI FORMA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.280.b** “Determinazione forma dei granuli – Indice di forma”

41.16.1 Descrizione

La norma stabilisce un metodo per la determinazione dell'indice di forma degli aggregati grossi di origine naturale o artificiale, compresi gli aggregati leggeri.

41.16.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-4 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 4: Determinazione della forma dei granuli - Indice di forma.

41.17 ANALISI PETROGRAFICA SOMMARIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.290** “Analisi petrografica sommaria”

41.17.1 Descrizione

La norma specifica una procedura di base per l'esame petrografico a scopi di classificazione generale, non è adatta per lo studio petrografico dettagliato di aggregati destinati ad utilizzi specifici.

41.17.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 932-3 - Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata.

41.18 PERCENTUALE DI SUPERFICI FRANTUMATE NEGLI AGGREGATI GROSSI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.300** “Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi”

41.18.1 Descrizione

La norma specifica un metodo per la determinazione della percentuale di particelle con superficie frantumata o spezzata in un campione di aggregato naturale grosso. Essa si applica alla ghiaia o agli aggregati miscelati contenenti ghiaia. Il metodo di prova specificato è applicabile a classi granulometriche di/Di, dove $D_i < 63 \text{ mm}$ e $d_i > 4 \text{ mm}$.

41.18.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-5 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 5: Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi.

41.19 CONTENUTO IN SOSTANZE ORGANICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.04.900** “Determinazione del contenuto in sostanze organiche”

41.19.1 Descrizione

L'humus è la sostanza organica che si forma nel suolo dalla decomposizione di residui animali e vegetali. Lo scopo della prova è quello di stabilire un metodo per la determinazione del contenuto di sostanza

umica, al fine della determinazione dei componenti organici che influiscono sulla presa e l'indurimento del calcestruzzo.

La prova si applica generalmente agli aggregati per calcestruzzo o per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento di un terreno.

41.19.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1744-1 - Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica;
- ASTM D2974 - Standard Test Methods for Determining the Water (Moisture) Content, Ash Content, and Organic Material of Peat and Other Organic Soils.

41.20 VALORE DEL BLU DI METILENE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.04.905** "Valore del blu"

41.20.1 Descrizione

Determinazione del valore del blu di metilene della frazione 0/2 mm in aggregati fini o aggregati misti (MB). Nell'appendice A è descritto anche il metodo di riferimento per la determinazione del valore del blu di metilene per la frazione 0/0,125 mm (MBF).

La prova si applica generalmente agli aggregati per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento di un terreno.

41.20.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 933-9 - Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 9: Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene.

41.21 CONSUMO INIZIALE DI CALCE (C.I.C.)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **Non presente in Elenco Prezzi 2020**

41.21.1 Descrizione

Quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei minerali d'argilla.

La prova si applica generalmente ai terreni per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

41.21.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM C977 - Standard Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization;
- ASTM D6276 - Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization.

41.22 CONTENUTO IN SOLFATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.04.665** "Determinazione del solfato"

41.22.1 Descrizione

Determinazione del contenuto in solfati nei terreni. La percentuale di solfato può influenzare le capacità di rigonfiamento dei terreni sottoposti a miscelazione con calce o cemento.

La prova si applica generalmente ai terreni per lo studio di stabilizzazione a calce o cemento.

41.22.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN 1744-1 - Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica.

Struttura Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.05.13 - Rev. 2.0

Movimenti di terra e Demolizioni

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Direttore Ingegneria e Verifiche	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016
2.0	Aggiornamento	MAG. 2022

SOMMARIO

SOMMARIO		3
PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI		6
1	A.01 SCAVI	6
1.1	SCOTICO	6
1.2	SCAVI DI SBANCAMENTO	7
1.2.1	Descrizione.....	7
1.2.2	Modalità esecutive.....	8
1.3	SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE IN TRINCEA	10
2	A.02 RILEVATI	11
2.1	SCOTICO	11
2.2	BONIFICA	12
2.2.1	Descrizione.....	12
2.2.2	Modalità esecutive.....	12
2.3	STRATO ANTICAPILLARE	16
2.3.1	Strato granulare anticapillare.....	17
2.3.2	Geocomposito drenante.....	17
2.4	GEOSINTETICI PER RINFORZO DEL PIANO DI POSA	18
2.5	RILEVATI TRADIZIONALI	19
2.5.1	Descrizione.....	19
2.5.2	Modalità esecutive.....	19
2.5.3	Stesa dei materiali.....	23
2.5.4	Condizioni climatiche.....	25
2.6	RILEVATI IN TERRA STABILIZZATA CON LEGANTI	25
2.6.1	Terra stabilizzata a calce.....	25
2.6.2	Terra stabilizzata a cemento.....	29
2.6.3	Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo).....	30
2.6.4	Resistenza al gelo.....	31
2.6.5	Modalità di lavorazione.....	31
2.7	SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE IN RILEVATO	32
2.8	RILEVATI IN TERRA RINFORZATA	33
2.8.1	Descrizione e materiali.....	34
2.8.2	Modalità esecutive – Compattazione.....	36
2.9	RILEVATI ALLEGGERITI	37
2.9.1	Rilevati in argilla espansa.....	37
2.9.2	Rilevati in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato).....	40
2.10	RILEVATI SOTTOFONDATI SU PALI	41
2.10.1	Descrizione.....	41
3	E.01 DRENI	41
3.1	DRENI PREFABBRICATI	42

3.1.1	Descrizione.....	42
3.1.2	Modalità esecutive.....	42
3.2	DRENI IN GHIAIA	44
3.2.1	Descrizione.....	44
3.3	DRENI IN SABBIA	45
3.3.1	Descrizione.....	45
3.3.2	Modalità esecutive.....	45
4	A.03 DEMOLIZIONI	47
4.1	PIANO DELLA DEMOLIZIONE	48
4.2	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE DEMOLIZIONI INTEGRALI O PARZIALI DI STRUTTURE COMPLESSE	49
4.3	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE IDRODEMOLIZIONI	50
4.4	PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LA DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	50
5	CONTABILIZZAZIONE E MISURAZIONE	51
5.1	SCAVI DI SBANCAMENTO	51
5.2	PREPARAZIONE PIANO DI POSA DEI RILEVATI	52
5.3	REALIZZAZIONE RILEVATI STRADALI	53
5.4	STABILIZZAZIONE E SISTEMAZIONE DI TERRENI CON USO DI CALCE O CEMENTO	53
5.5	REALIZZAZIONE DI DRENI IN SABBIA	53
5.6	REALIZZAZIONE DI PANNELLI DRENANTI PREFABBRICATI	53
5.7	FORNITURA E STESA DI TELI DI GEOTESSILE	54
5.8	TRASPORTI A DISCARICA O DA CAVA DI PRESTITO	54
5.9	DEMOLIZIONE DI MURATURE	54
5.10	DEMOLIZIONE INTEGRALE DI FABBRICATI E DI STRUTTURE IN C.A. E C.A.P.	54
5.11	DEMOLIZIONE DI IMPALCATI IN C.A.P. O STRUTTURE SIMILARI IN C.A., SIA TOTALI CHE PARZIALI E/O A SEZIONE OBBLIGATA	55
5.12	IDRODEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE CORTICALE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SULL'INTRADOSSO ED ESTRADOSSO DEGLI IMPALCATI, COMPRESSE LE SUPERFICI VERTICALI DI SPALLE, PILE, PULVINI, MURI, ECC - PER UNO SPESSORE MEDIO FINO A 3 CM	55
5.13	DEMOLIZIONE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE	55
5.14	DEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE GIUNTI E DELLA PAVIMENTAZIONE IN CORRISPONDENZA DEI GIUNTI	56
5.15	SPICCONATURA DI INTONACO	56
5.16	RIMOZIONE E DEMOLIZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO	56
6	CONTROLLO	56
6.1	DISPOSIZIONI GENERALI	56
6.2	PROVE DI LABORATORIO	58

6.3	PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA	58
6.4	PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA	59
6.5	CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI DA DEMOLIZIONE EDILE	61
6.5.1	Prove di laboratorio.....	61
6.5.2	Prove in sito.....	62
6.6	CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI INDUSTRIALI - SCORIE	62
6.6.1	Prove di laboratorio.....	62
6.6.2	Prove in sito.....	62
6.7	TELO GEOTESSILE "TESSUTO NON TESSUTO"	63
6.8	CONTROLLO SCAVI	64
6.9	CONTROLLO DRENI PREFABBRICATI	65
6.10	CONTROLLO DRENI IN SABBIA	65
7	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	66

PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Il presente Capitolo contiene le prescrizioni, gli oneri di carattere generale, ed i controlli da eseguire, relativi alle lavorazioni di movimento terra e di demolizione inerenti il corpo stradale, con particolare riferimento a:

- Scavi;
- Rilevati;
- Cunette, fossi di guardia, inalveazioni, ecc.;
- Riempimenti e rinterri;
- Demolizioni di pavimentazioni stradali, fabbricati, murature di qualsiasi genere.

Non sono comprese nella presente sezione, in quanto inserite nei corrispondenti capitoli, le lavorazioni afferenti agli scavi di fondazione delle opere d'arte e delle gallerie, né alle opere minori di consolidamento, reti e protezioni.

Tutte le attività descritte, con particolare riferimento alla definizione delle quantità di scavo, alla stima, all'interno di queste, delle aliquote riutilizzabili nell'ambito dei lavori, al fabbisogno di materie per la formazione dei rilevati e, infine, delle rimanenti quantità di scarto, da conferire in idonei siti di deposito definitivo, sono definite in sede di progettazione definitiva ed esecutiva nell'ambito della "Relazione del Piano di Gestione Materie", parte integrante degli elaborati progettuali.

Con riferimento alle demolizioni, le attività da eseguirsi dovranno essere descritte nel "Piano della demolizione" da redigere a cura dell'impresa appaltatrice.

1 A.01 SCAVI

1.1 SCOTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.01.001** "Scavo di sbancamento in materie di qualsiasi natura"

Lo scotico consiste, negli scavi in trincea, nella rimozione ed asportazione del suolo, del terreno vegetale di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua, nella rimozione ed asportazione di erba, radici, cespugli, piante e alberi, da effettuarsi preventivamente a tutte le lavorazioni di scavo, avendo cura di rimuovere completamente tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito.

Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, e nei quantitativi già stabiliti nel Progetto Esecutivo (Relazione del Piano di Gestione Materie), potrà essere accantonato per essere successivamente utilizzato per il rivestimento delle scarpate; altrimenti esso dovrà

essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

Lo scotico, laddove realizzato propedeuticamente alla preparazione del piano di posa di rilevati prevede, oltre alle operazioni sopra descritte, il costipamento del fondo scavo ed il riempimento con materiali idonei. Tali operazioni vengono dettagliatamente descritte al successivo paragrafo A.02 "Rilevati".

La larghezza dello scotico ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni previste nel Progetto Esecutivo, o impartite dalla D.L., in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scotico è stabilito fino alla profondità di cm 20 al di sotto del piano campagna.

1.2 SCAVI DI SBANCAMENTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.01.001** "Scavo di sbancamento in terre e rocce tenere"
- **A.01.002** "Scavo di sbancamento in rocce di media resistenza on demolizione meccanica (martellone)"
- **A.01.003.a** "Scavo di sbancamento in roccia di elevata resistenza - di cubatura superiore a mc 1.00"
- **A.01.003.b** "Scavo di sbancamento in roccia di elevata resistenza - con microcariche"
- **A.01.003.c** "Scavo di sbancamento in roccia di elevata resistenza - con demolizione meccanica (martellone)"
- **A.01.003.d** "Scavo di sbancamento in roccia di elevata resistenza - senza mine con disagreganti"
- **A.01.004** "Scavo a sezione ristretta per trincee, bonifiche, drenaggi e sondaggi"
- **A.01.006** "Scavo continuo a campione a cielo aperto"
- **A.01.007** "Sovraprezzo scavo continuo a campione a cielo aperto"
- **A.01.010** "Sovraprezzo per trasporto a discarica e/o da cava di prestito oltre 5 km"
- **A.02.002.a** "Compattazione del piano di posa nei tratti in trincea - su terreni appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3"
- **A.02.002.b** "Compattazione del piano di posa nei tratti in trincea - su terreni appartenenti ai gruppi A4, A2-6, A2-7, A5"

1.2.1 Descrizione

Riguardano gli scavi inerenti il corpo stradale e comprendono i movimenti terra di grande entità, eseguiti generalmente all'aperto, senza particolari limitazioni sia fuori che in acqua, ovvero gli scavi non chiusi ed occorrenti per:

- apertura della sede stradale;
- apertura dei piazzali e delle opere accessorie;

- gradonature di ancoraggio dei rilevati su pendenze superiori al 20%;
- bonifica del piano di posa dei rilevati;
- spianamento del terreno;
- taglio delle scarpate di trincee o rilevati;
- formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali.

1.2.2 Modalità esecutive

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi o, laddove previsto in progetto al fine di contenere il disturbo da vibrazioni, di materiali espansivi.

Nell'esecuzione dei lavori di scavo l'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni di seguito elencate, assumendosene l'onere:

- Profilare le scarpate, rifinire il fondo e le pareti degli scavi secondo le indicazioni ed i disegni di Progetto Esecutivo. Qualora il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa provvederà a compattarlo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione AASHO modificata) (UNI EN 13286).
- Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi per la definizione delle caratteristiche geotecniche.
- Recintare e apporre sistemi di segnaletica, diurna e notturna, intorno alle aree di scavo.
- Provvedere, a proprie cure, con qualsiasi sistema (paratie, palancolate, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo con quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).
- Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, ecc.) ad evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura, inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente deviate.
- Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L., prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. In caso d'inosservanza a tale norma la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.

Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Impresa:

- il rispetto delle Leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità;
- la fornitura di polvere, micce, detonatori, 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 vigenti;

- 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;
- il monitoraggio vibrazionale ed acustico, finalizzato a non recare disturbo alle aree circostanti, secondo norma DIN 4150-3, effettuato a cura ed oneri dell'impresa.

I materiali provenienti dagli scavi, in relazione alle loro caratteristiche geotecniche, dovranno essere preferibilmente reimpiegati nella formazione dei rilevati o di altre opere in terra nell'ambito del medesimo cantiere. L'aliquota di riutilizzo, per ciascun tratto in scavo individuato e per ogni formazione geologica interessata, verrà puntualmente definita in sede di Progetto Esecutivo (Relazione del Piano di Gestione Materie), accertata e verificata nel corso dei lavori, sulla base dell'esito di prove di idoneità, eseguite sotto il controllo della D.L..

Tab.1 Prove di idoneità sui materiali di scavo

Tipo di prova	Obiettivo
Classificazione stradale (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285)	Appartenenza a gruppi idonei al riutilizzo
AASHO mod.	Definizione delle modalità ottimali di costipamento

I materiali ritenuti idonei, nelle quantità e con le modalità descritte in Progetto Esecutivo, nella Relazione del Piano di Gestione Materie, dovranno essere trasportati, a cura dell'Impresa, nelle corrispondenti tratte di previsto reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito temporaneo.

Laddove necessario, questi materiali saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme secondo necessità, con oneri già remunerati con i prezzi di scavo di elenco.

I materiali che, invece, in fase progettuale risultassero non idonei al reimpiego, come formalmente verificato dalla D.L., dovranno essere trasportati a cura dell'Impresa, e conferite, o disposte, nelle aree di deposito definitivo indicate nel Progetto Esecutivo.

Classificazione dei materiali di scavo

Lo scavo in roccia è comprensivo degli oneri necessari alla riduzione granulometrica del materiale alle dimensioni, e nelle proporzioni, idonee a consentire la sistemazione in rilevato, di seguito descritte (paragrafo 2.5 Rilevati tradizionali).

L'utilizzo, per l'abbattimento di roccia di cui alla cat. A di materiali espandenti, dovrà essere previsto in progetto, limitatamente a quelle aree per le quali si renda necessario contenere il disturbo arrecato dalle vibrazioni nei riguardi di beni o edifici sensibili.

Ai fini della corretta definizione delle lavorazioni i materiali di scavo, con riferimento ai valori di resistenza a compressione uniassiale del materiale (UCS) deducibile dalle corrispondenti prove di laboratorio, vengono classificati, in fase di Progetto Esecutivo, come di seguito, definendone le relative categorie e quantità.

Tab.2 Classificazione dei materiali di scavo

Categoria Materiali di scavo		UCS (MPa)
A	Roccia da mina	≥ 30 MPa
B	Roccia di media resistenza (<i>martellone</i>)	10÷30 MPa
C	Terre e roccia tenera	< 10 MPa

La correttezza applicazione di tale classificazione alle diverse tratte del tracciato, nelle proporzioni definite nel Progetto Esecutivo verrà, quindi, verificata in corso d'opera, in contraddittorio con la D.L.

1.3 SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE IN TRINCEA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.004.a** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - fornito dall'Impresa"
- **A.02.004.b** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - da depositi dell'Amministrazione"
- **E.01.075** "Geostuoia per il controllo dell'erosione su scarpate"
- **E.01.085** "Grigliato in elementi di cemento vibrato per copertura scarpate"
- **E.01.090** "Rivestimento scarpate a grigliato in geotessile interrato"
- **E.01.092** "Rivestimento di scarpate aride o rocciose con geocelle in materiale sintetico"

La profilatura delle scarpate nei tratti in trincea corrisponderà alla configurazione geometrica stabilita in Progetto Esecutivo, sulla base delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti e delle corrispondenti verifiche geotecniche.

Le scarpate potranno essere ricoperte, in funzione della litologia e della pendenza e, comunque, secondo le previsioni di Progetto Esecutivo, da uno strato di terreno e di idonea copertura vegetale. Il terreno vegetale dovrà essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto

erboso, seminato tempestivamente, con essenze corrispondenti a quelle previste in Progetto Esecutivo, scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Laddove, sulla base delle caratteristiche litologiche (presenza di terreni granulari sciolti o facilmente erodibili, di terreni coesivi alterati o soggetti ad erosione accelerata – di tipo calanchivo o simile) sia prevista una propensione delle scarpate ad essere soggette a processi erosivi, il Progetto Esecutivo prevedrà le necessarie misure, basate su tecniche di protezione antierosiva (georeti tridimensionali, geostuoie/biostuoie semplici od accoppiate a reti, geocelle e simili).

Qualora lungo le scarpate dovessero manifestarsi erosioni od ammaloramenti, dovuti ad imperizia o a negligenze dell'impresa, questa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite dalla D.L..

Qualora le particolari caratteristiche geologico-litologiche e climatiche (con eventuale rischio per la circolazione stradale di colate di fango rapide) richiedano un rapido e duraturo inerbimento delle scarpate, il Progetto Esecutivo potrà prevedere l'inerbimento mediante sistemi alternativi ai tradizionali, basati su un più rapido e profondo radicamento.

2 A.02 RILEVATI

2.1 SCOTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.001** "Preparazione del piano di posa"

Lo scotico, laddove realizzato propedeuticamente alla preparazione del piano di posa di rilevati prevede, oltre alle operazioni di asportazione del terreno vegetale, il costipamento del fondo scavo ed il riempimento con materiali idonei.

Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, e nei quantitativi già stabiliti nel Progetto Esecutivo (Relazione del Piano di Gestione Materie), potrà essere accantonato per essere successivamente utilizzato per il rivestimento delle scarpate; altrimenti esso dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

La larghezza dello scotico ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni previste in Progetto Esecutivo, ovvero fornite dalla D.L., in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scotico è stabilito fino alla profondità di cm 20 al di sotto del piano campagna.

2.2 BONIFICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- A.01.001 "Scavo di sbancamento in materia di qualsiasi natura"
- A.02.003 "Fornitura materiali per rilevati da cave con distanza < 5 km"
- A.02.005 "Carico, scarico e trasporto di materiale di proprietà dell'amministrazione"
- A.02.007.a "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃"
- A.02.007.b "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇"
- A.02.008 "Sistemazione di materiale ripreso da aree di deposito scavi"
- A.02.009 "Materiali aridi con funzione anticapillare o filtro"
- A.02.015 "Materiali aridi"
- A.02.020.a "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di cemento"
- A.02.020.b "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di calce"
- E.01.030 "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione"
- E.01.031 "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione e rinforzo non strutturale"

2.2.1 Descrizione

Consiste nell'asportazione del terreno posto al di sotto del piano di posa dei rilevati, qualora non idoneo, e nella sua sostituzione con terreni di adeguate caratteristiche. Di norma la bonifica non è prevista nei tratti in trincea a meno che, alla quota di scavo prevista, non permanga la presenza di terreni di non idonee caratteristiche.

2.2.2 Modalità esecutive

La bonifica del terreno di posa dei rilevati, nell'accezione più generale, dovrà essere eseguita in conformità alle previsioni di Progetto Esecutivo, ed ogniqualvolta nel corso dei lavori si dovesse riscontrare, alla quota posta al di sotto di 20 cm dal piano campagna (fondo scotico), la presenza di volumi di terreno non idoneo.

Terreni idonei: sono quelli che soddisfano, contemporaneamente, i seguenti requisiti:

1. appartenenza ai gruppi A₁, A₂, A₃ (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285);
2. dopo compattazione, al grado di umidità ottima, corrispondente ad una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHO modificata, possesso di valori del modulo di deformazione Md, al primo ciclo, determinato con prova di carico su piastra (diametro 30 cm) (rif. CNR 146/92), non inferiori a quelli riportati in tabella 3:

Tab.3 Modulo di deformazione minimo al primo ciclo di carico

Modulo deformazione (MPa)	Intervallo di riferimento
20	50÷150 kPa (0.05 - 0.15 N/mm ²) sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione stradale
15	50÷150 kPa (0.05 - 0.15 N/mm ²) sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori di Md inferiori a 15 MPa, sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali che differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Le suddette prescrizioni valgono a meno di diverse, e più restrittive, indicazioni motivate, in sede di progettazione, dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato. Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli; si fa esplicito riferimento a quei materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) per i quali la determinazione del modulo di deformazione sarà affidata a prove speciali (edometriche, di carico su piastra in condizioni sature ecc.).

Il conseguimento dei valori minimi di deformabilità sopra indicati sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura, eseguita con mezzi consoni alla natura dei terreni in posto.

A rullatura eseguita la massa volumica, sia del terreno in sito che dei materiali costituenti lo strato di bonifica, dovrà risultare almeno pari al 90% della massa volumica massima AASHO modificata (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972). L'ultimo strato di 30 cm, qualora costituisca il piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale, dovrà soddisfare i requisiti di seguito indicati: grado di costipamento pari o superiore al 95% della massa volumica massima AASHO modificata (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972) e modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo compreso tra 50÷150 kPa (0,15 - 0.25 N/mm²).

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura e non si pervenisse a valori del modulo di deformazione accettabili e compatibili con la funzionalità e la sicurezza del manufatto, la D.L., sentito il Progettista, potrà ordinare un intervento di bonifica di adeguato spessore, con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

Qualora fossero prevedibili cedimenti del piano di posa dei rilevati superiori ai 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla D.L. un piano di monitoraggio per il controllo della loro evoluzione. La posa in opera delle apparecchiature necessarie a tale scopo, e il rilevamento dei cedimenti, saranno eseguite a cura dell'impresa, secondo le indicazioni del Progetto Esecutivo ed, eventualmente, della D.L..

In ogni caso l'Impresa, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto.

Qualora i terreni non soddisfino tali requisiti si prevedrà la bonifica con i metodi di seguito descritti.

Bonifica tradizionale

Il terreno in sito, per la parte di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, dovrà essere sostituito con materiale selezionato, appartenente ai gruppi (UNI 13242 - UNI 14688 - UNI 13285):

- A₁, A₃ se proveniente da cave di prestito. Nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A₃, esso deve presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7;
- A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃, se proveniente dagli scavi. Il materiale appartenente al gruppo A₃ deve presentare un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore o uguale a 7.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 90% della massa volumica del secco massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHO modificata (UNI EN 13286) (CNR 22-1972).

Per le terre appartenenti ai gruppi A₂₋₄ e A₂₋₅, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Il modulo di deformazione dello strato bonificato dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50 e 150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm²)).

Nel caso in cui la bonifica debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.

Bonifica con stabilizzazione in posto con leganti

In alternativa al punto precedente, laddove le caratteristiche dei materiali presenti in sito al di sotto della quota di fondo dello scavo soddisfino i requisiti di cui al successivo paragrafo 2.6 Rilevati in terra stabilizzata con leganti, la bonifica potrà essere effettuata in posto mediante stabilizzazione con leganti (calce/cemento).

Le prescrizioni generali sull'idoneità al trattamento e sulle modalità di stabilizzazione di questi materiali sono descritte al citato paragrafo 2.6 Rilevati in terra stabilizzata con leganti.

Il trattamento in posto avverrà per strati di spessore max pari a 30 cm, fino al raggiungimento della profondità prevista in progetto. La stabilizzazione dello strato inferiore avverrà tramite fresatura e miscelazione con idonea attrezzatura (*pulvimixer*) senza asportazione di terreno; gli strati superiori

verranno stabilizzati previo accantonamento del materiale scavato e successiva miscelazione in posto, procedendo sempre per strati < 30 cm.

Il trattamento in sito dei terreni di posa del rilevato, stabilizzati, deve essere tale da garantire le seguenti caratteristiche di portanza:

- Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa, nell'intervallo di carico tra 150÷250 kPa (0.15 - 0.25 N/mm²), (CNR 146 - 1992);

- Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 150÷250 kPa (0.05 - 0.15 N/mm²), (CNR 146 - 1992).

Geotessile non tessuto

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto ed avere caratteristiche meccaniche conformi al Progetto Esecutivo.

Le relative caratteristiche prestazionali dovranno corrispondere alle seguenti norme:

- UNI EN ISO 10319
- UNI EN ISO 13433
- UNI EN ISO 12956

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La D.L., a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ad essere antinquinante. Le caratteristiche di resistenza chimica dovranno essere accuratamente valutate in presenza di terreni stabilizzati a calce/cemento.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo di impiego.

Prima della posa del geotessile, sarà cura dell'Appaltatore preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Eventuali lacerazioni accidentali saranno coperte da un telo di geotessile intatto, dello stesso tipo e di dimensioni pari a 4 volte più grandi della lacerazione stessa.

Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli di geotessile in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

I singoli teli dovranno essere sovrapposti per almeno 30 cm, o per lunghezze maggiori a seconda di quanto previsto dalle schede tecniche fornite dal produttore, e fissati al terreno, lungo le sovrapposizioni, con graffe metalliche in numero di almeno 4 ogni 25 mq di sovrapposizione. Particolare cura, nelle fasi operative, dovrà essere posta nella realizzazione dei risvolti, prevedendo un'adeguata lunghezza del telo da posare. I lembi di geotessile da risvoltare dovranno risultare ben stesi e i teli paralleli tra loro.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

2.3 STRATO ANTICAPILLARE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.009** "Materiali aridi con funzione anticapillare o filtro"
- **A.02.015** "Materiali aridi"
- **E.01.035** "Geocomposito"
- **E.01.037** "Geocomposito a comportamento isotropo con permeabilità all'acqua di 190 mm/s"

La necessità di realizzazione di uno strato con funzione anticapillare dev'essere prevista in fase di Progetto Esecutivo, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, connesse alla profondità della superficie piezometrica della falda rispetto al piano di posa del rilevato, alla natura dei terreni presenti in sito, ed alla conseguente stima dell'altezza di risalita capillare, che evidenzia possibili interferenze fra la quota di falda ed il corpo del rilevato stesso.

Tale strato potrà essere realizzato:

- con la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;
- con la posa, in alternativa al punto precedente, di un geocomposito con funzione drenante.

2.3.1 Strato granulare anticapillare

Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 30 e 50 cm; sarà composto da materiali aventi granulometria assortita da 2 a 50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%.

Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati.

La stesa di tale strato sarà sempre accompagnata alla posa di uno strato di geotessile non tessuto, con funzione di separazione granulometrica, come da previsioni di Progetto Esecutivo.

Il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prova ogni 1000 mc di materiale posto in opera, salvo maggiori e più restrittive verifiche disposte dalla D.L.

2.3.2 Geocomposito drenante

In alternativa alla stesa dello strato anticapillare minerale, descritto al punto precedente, potrà essere prevista la posa in opera di un geocomposito drenante, di spessore variabile da 0.6 a 2.0 cm (UNI EN ISO 9863-1), dovranno essere dotati di marcatura CE e prodotti da ditte dotate di certificazione in sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO EN 9001, le cui caratteristiche dovranno risultare conformi alle seguenti norme:

Tab.4 Caratteristiche del geocomposito

Proprietà	Valori ammissibili	Norma di riferimento
Capacità drenante (Pressione = 50 kPa; gradiente idraulico $i = 1$)	1.0÷2.3 l/s*m	EN 12958
Permeabilità	70 mm/s	EN 11058
Apertura dei pori	140.180 micron	EN 12956
Spessore	0.6 mm	EN964-1
Assorbimento di energia (al 5% di allungamento)	80 J/m ²	EN 10319
Resistenza a trazione (al 5% di allungamento in entrambe le direzioni)	3.2 kN/m	EN 10319

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo di impiego.

Nella posa in opera si dovrà porre attenzione a garantire la necessaria sovrapposizione del lembo di nontessuto sporgente fra due rotoli adiacenti e a chiudere tutte le aperture rimaste della struttura drenante con un nontessuto o con nastro adesivo, ad evitare la penetrazione del terreno che potrebbe intasare il filtro. La stesa del terreno di copertura andrà effettuata in avanzamento, evitando il contatto diretto fra ruote/cingoli e geocomposito, garantendo sempre la presenza di uno strato di almeno 30 cm di terreno di rinterro.

Gli schemi geometrici di posa ed ammorsamento dei teli nel corpo del rilevato dovranno corrispondere ai disegni di Progetto Esecutivo.

Prima della posa del geocomposito, sarà cura dell'Appaltatore preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

2.4 GEOSINTETICI PER RINFORZO DEL PIANO DI POSA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.030** "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione"
- **E.01.031** "Fornitura e stesa di teli di geotessile con funzione di separazione e filtrazione e rinforzo non strutturale"
- **E.01.032** "Geotessile tessuto a marcatura CE"
- **E.01.040** "Fornitura e stesa di geogriglia con marcatura CE"

Qualora i terreni presenti in sito non siano tali da garantire i necessari requisiti di resistenza, il progetto, sulla base degli esiti di specifiche verifiche geotecniche, potrà prevedere l'interposizione, al di sotto del corpo del rilevato, di geogriglie o altri geosintetici con analoga funzione (geotessili tessuti).

Questi materiali dovranno essere dotati di marcatura CE e prodotti da ditte dotate di certificazione in sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO EN 9001.

Per le geogriglie (in polietilene, poliestere, polipropilene o materiali analoghi) e per i geotessili tessuti le caratteristiche di resistenza a trazione, nella direzione di maggior resistenza, secondo UNI EN 10319, saranno corrispondenti a quelle indicate negli elaborati di Progetto Esecutivo.

Prima della posa del geosintetico, sarà cura dell'impresa preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli di geosintetico in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

I singoli teli dovranno essere sovrapposti per almeno 30 cm, o per lunghezze maggiori a seconda di quanto previsto dalle schede tecniche fornite dal produttore, e fissati al terreno, lungo le sovrapposizioni, con graffe metalliche in numero di almeno 4 ogni 25 mq di sovrapposizione. Particolare cura, nelle fasi operative, dovrà essere posta nella realizzazione dei risvolti, prevedendo un'adeguata lunghezza del telo da posare. I lembi di geosintetico da risvoltare dovranno risultare ben stesi e i teli paralleli tra loro.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

2.5 RILEVATI TRADIZIONALI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.003** "Fornitura materiali per rilevati da cave con distanza < 5 km"
- **A.02.004.a** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - fornito dall'Impresa"
- **A.02.004.b** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - da depositi dell'Amministrazione"
- **A.02.005** "Carico, scarico e trasporto di materiale di proprietà dell'amministrazione"
- **A.02.007.a** "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃"
- **A.02.007.b** "Sistemazione in rilevato o in riempimento - appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇"
- **A.02.008** "Sistemazione di materiale ripreso da aree di deposito scavi"

2.5.1 Descrizione

I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale (sottofondo).

2.5.2 Modalità esecutive

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃

Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃; il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D₆₀/D₁₀) maggiore o uguale a 7.

Per l'ultimo strato di 30 cm dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A_{1-a} e A₃ (per le terre appartenenti al gruppo A₃ vale quanto già detto in precedenza).

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo, non essere di natura argilloscistosa nonché alterabili o molto fragili.

L'impiego di rocce frantumate è ammesso nella restante parte del rilevato, se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 20 cm, nonché da soddisfare i requisiti già precedentemente richiamati.

Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20 cm) deve essere di dimensioni disuniformi e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato; in particolare dovrà essere realizzato un accurato intasamento dei vuoti, in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compattata.

Nel caso si utilizzino rocce tufacee, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm.

A compattazione avvenuta i materiali costituenti il corpo del rilevato, ad eccezione dello strato terminale, di seguito descritto, dovranno presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (UNI EN 13286), (CNR 22 - 1972) e un valore del modulo di deformabilità Md al primo ciclo non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 50÷150 kPa (0.05 e 0.15 N/mm²), (CNR 146 - 1992).

L'ultimo strato di 30 cm, costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, dovrà, invece, presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95%; il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo compreso tra 50÷150 kPa (0,15 - 0.25 N/mm²) sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato.

Tali condizioni valgono anche per il piano di posa della fondazione della pavimentazione nei tratti in trincea o a raso.

La variazione di detti valori minimi al variare della posizione all'interno del corpo del rilevato, al termine del costipamento del singolo strato, dovrà risultare lineare.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno appartenere allo stesso gruppo. Le scarpate dovranno avere pendenze corrispondenti a quelle previste in Progetto Esecutivo ed indicate nei relativi elaborati.

La costruzione del rilevato dovrà essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo da scontare, terminati i lavori, non sia superiore al 10% del cedimento teorico a fine consolidazione e comunque non superiore ai 5 cm.

Ogniqualevolta i rilevati siano impostati su pendii con acclività superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche progettuali, si dovrà procedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (1% - 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente si dovrà sagomare il terreno, costituente il corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, a gradoni orizzontali, adottando le necessarie cautele volte a garantirne la stabilità. Le operazioni andranno condotte procedendo per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di altezza massima 50 cm) la stesa del corrispondente nuovo strato di analoga altezza ed il suo costipamento, mantenendo nel contempo l'eventuale viabilità sul rilevato esistente.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente, che sarà accantonato se ritenuto idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Anche il materiale di risulta, proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della coltre vegetale superficiale, sarà accantonato se ritenuto idoneo e riutilizzato per la copertura delle scarpate del nuovo rilevato, o portato a rifiuto se inutilizzabile.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇

Le terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆ ed A₂₋₇ saranno impiegate, se previsto dal progetto, e solo se provenienti dagli scavi nell'ambito del medesimo cantiere.

Il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale, previa predisposizione di uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

Il grado di costipamento e l'umidità con cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati e sottoposti alla approvazione della D.L., attraverso una opportuna campagna sperimentale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.

Controlli prestazionali

Se queste terre provengono da formazioni geologiche per le quali la percentuale passante al setaccio ASTM n. 200 non è ritenuta rappresentativa delle reali caratteristiche del materiale, la Direzione Lavori potrà ordinare l'esecuzione di uno specifico campo prove sulla base dei cui esiti, a suo insindacabile giudizio, valutarne le possibilità di riutilizzo, sulla base del possesso dei seguenti requisiti:

- la percentuale di passante al setaccio ASTM n. 200 sia inferiore al 12%;
- sia posta particolare attenzione alla fase di costipamento, soprattutto al contenuto d'acqua nella frazione fine;
- sia utilizzato un rullo con tamburo vibrante e vengano effettuate passate con differente ampiezza della vibrazione (alta inizialmente per il costipamento della parte profonda, più bassa successivamente per gli strati superiori);
- il modulo di deformazione M_d ottenuto da prove di carico su piastra, nell'intervallo di carico compreso tra 50÷150 kPa (0,05 e 0,15 N/mm²), risulti sempre maggiore di 40 MPa, anche nelle condizioni più sfavorevoli;
- il grado di addensamento determinato con prove di carico a doppio ciclo debba preferibilmente giungere ad un rapporto M_d/M_d' uguale o maggiore di 0,15.

Impiego di terre appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆, A₇

In fase di progetto, con le modalità descritte al paragrafo 2.6 Rilevati in terra stabilizzata con leganti, verrà stabilito se le terre provenienti da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆, A₇ potranno essere riutilizzate previa stabilizzazione a calce e/o cemento, ovvero conferite ad aree di deposito delle terre di scarto.

Tale lavorazione presuppone, obbligatoriamente, l'esecuzione, nell'ambito del progetto, di uno specifico studio sperimentale, supportato da prove di laboratorio, secondo le modalità descritte al paragrafo 2.6 Rilevati in terra stabilizzata con leganti.

Lo spessore degli strati da stabilizzare non dovrà superare i 30 cm.

Il progetto (Relazione del Piano di Gestione Materie) dovrà definire i quantitativi di materie provenienti dagli scavi, riutilizzabili in rilevato. L'Impresa non potrà, quindi, pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco, per la formazione dei rilevati qualora, pur essendoci disponibilità ed idoneità di materie idonee provenienti dagli scavi, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a fornitura da cava.

È fatto obbligo all'Impresa di confermare alla D.L. l'utilizzo, per la fornitura di materiali per la costruzione dei rilevati, delle cave indicate in progetto. La D.L. si riserverà la facoltà di far analizzare i materiali provenienti dai siti estrattivi indicati in progetto dal Centro Sperimentale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altri Laboratori ufficiali.

Solo dopo che la D.L. abbia autorizzato l'utilizzazione della cava, l'Impresa sarà autorizzata a sfruttarla per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

L'accettazione della cava da parte della D.L. non esime, comunque, l'Impresa dall'assoggettarsi, in ogni periodo di tempo, all'esame delle materie, che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere utilizzata.

2.5.3 Stesa dei materiali

La stesa del materiale dovrà essere eseguita con sistematicità, per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%. In presenza di strati di rilevati rinforzati, o di muri di sostegno in genere, la pendenza trasversale sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali e delle modalità di compattazione e della finalità del rilevato.

Lo spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃ o con rocce frantumate;
- 30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A₂₋₆, A₂₋₇.

Per i rilevati delimitati da opere di sostegno rigide o flessibili (quali gabbioni) sarà tassativo che la stesa avvenga sempre parallelamente al paramento esterno.

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ($\pm 1,5\%$ circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHO Modificata (UNI EN 13286).

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se inferiore, l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo, un'energia costipante tale da assicurare il raggiungimento del grado di costipamento prescritto. Il tipo, le caratteristiche e il numero dei

mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sempre sottoposte alla preventiva approvazione della D.L..

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato, le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

Le terre trasportate mediante autocarri o mezzi simili non dovranno essere scaricate direttamente a ridosso delle murature, ma dovranno essere depositate in loro vicinanza e successivamente predisposte in opera con mezzi adatti, per la formazione degli strati da compattare.

Si dovrà inoltre evitare di realizzare rilevati e/o rinterrati in corrispondenza di realizzazioni in muratura che non abbiano raggiunto le sufficienti caratteristiche di resistenza.

Nel caso di inadempienza delle prescrizioni precedenti sarà fatto obbligo all'appaltatore, ed a suo carico, di effettuare tutte le riparazioni e ricostruzioni necessarie per garantire la sicurezza e la funzionalità dell'opera.

Inoltre, si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti della terra rinforzata o flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, anche operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso, per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

A ridosso delle murature dei manufatti il progetto potrà prevedere la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm. La D.L., qualora tale lavorazione non fosse stata prevista in progetto e laddove lo ritenesse necessario, ha facoltà di ordinarne l'esecuzione.

Il cemento sarà del tipo normale ed in ragione di 25-50 kg/m³ di materiale compattato. La D.L. prescriverà il quantitativo di cemento in funzione della granulometria del materiale da impiegare.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della massa volumica del secco massima, ottenuta con energia AASHO Modificata (UNI 13286), (CNR 22 - 1972), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sarà a forma trapezoidale avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a $2,00\text{ m} + 3/2\text{ h}$ e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

2.5.4 Condizioni climatiche

La costruzione di rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della D.L., limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es.: pietrame).

In seguito a precipitazioni intense e concentrate, l'Impresa dovrà verificare le condizioni del rilevato ed eventualmente ripristinare le condizioni iniziali.

Nella esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva si procederà, per il costipamento, mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati, che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

2.6 RILEVATI IN TERRA STABILIZZATA CON LEGANTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.019** "Miscela di inerti per stabilizzazione terre"
- **A.02.020.a** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di cemento"
- **A.02.020.b** "Stabilizzazione e sistemazione di terreni - con uso di calce"

Vengono realizzati con terre provenienti dagli scavi del medesimo cantiere i cui materiali soddisfino i requisiti di idoneità al trattamento.

2.6.1 Terra stabilizzata a calce

La terra stabilizzata a calce è una miscela composta da terra, calce viva od idrata e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche della terra, onde ottenere una

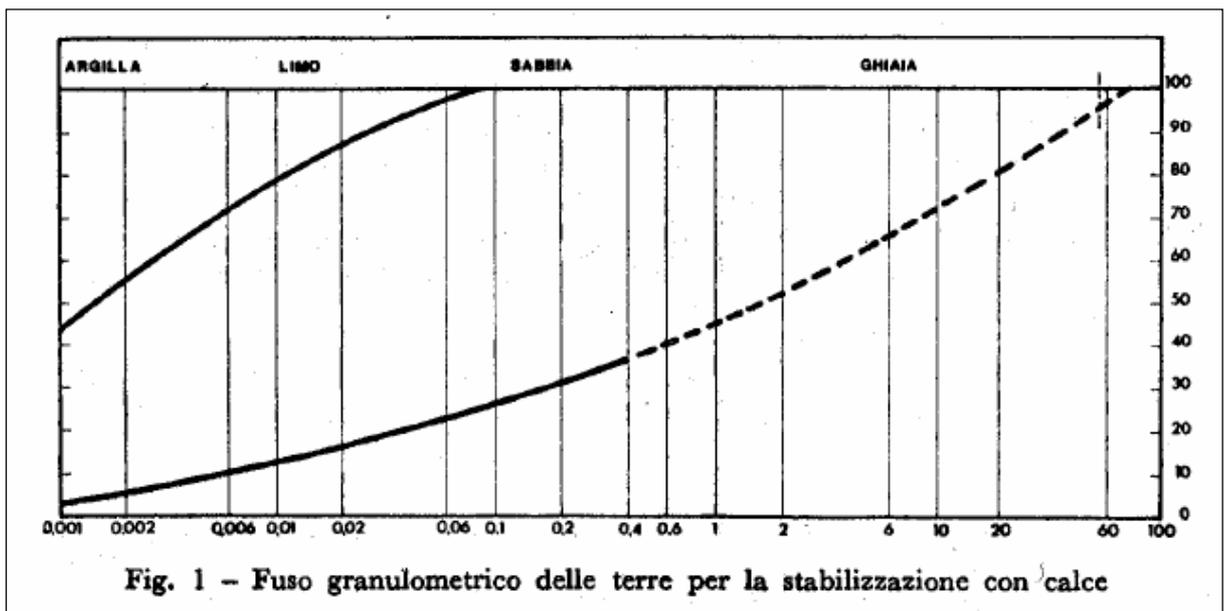
miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo (CNR 36 - 1973).

- Affinché risulti idonea alla stabilizzazione a calce, una terra deve essere di tipo limo-argilloso, appartenente ai gruppi A₆- A₇, con valori dell'indice di plasticità compreso tra 10 e 50.

Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaioso-argillose, ghiaioso-limose, sabbioso-argillose e sabbioso-limose (tipo A₂₋₆ e A₂₋₇) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%.

Possono essere trattate con calce anche le "vulcaniti vetrose" costituite da rocce pozzolaniche ricche di silice amorfa reattiva.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato (CNR 36 - 1973):



il diametro massimo degli elementi viene definito in funzione dell'impiego della miscela (CNR n.36 - 1973).

- Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

- Le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La calce idrata dovrà essere conforme alle norme per l'accettazione delle calce di cui alle disposizioni vigenti.

- Il valore di VB nella prova del blu di metilene dev'essere > di 200 centimetri cubi di soluzione (10 g/l) di per 100 grammi della frazione di terra passante al setaccio da 0,25 mm UNI 2332, determinato in conformità alla Norma UNI-EN 933-9;
- Il valore CIC, determinato secondo norma ASTM C977-92, deve essere maggiore dell'1,5% come verifica di idoneità, dove per CIC, si intende il consumo iniziale di calce ovvero della quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei minerali d'argilla.

E' indispensabile che, in fase di progetto, la previsione di stabilizzazione con calce di terre sia supportata da uno studio sperimentale, basato su una serie di prove di laboratorio geotecnico, di seguito elencate, per verificare sia l'idoneità al trattamento con calce, sia l'indicazione della miscela di progetto, espressa in tenore percentuale di calce.

Tab.4 **Caratteristiche di idoneità alla stabilizzazione a calce**

Proprietà	Valori ammissibili
Gruppo di appartenenza	A ₆ - A ₇ con $10 \leq IP \leq 50$
	A ₂₋₆ e A ₂₋₇ passante al setaccio 0.4 UNI $\geq 35\%$
S.O.V.	$\leq 2\%$
Contenuto in solfati	$\leq 1\%$
VB	>200
CIC	> 1.5%

A. Prove sul materiale prima del trattamento

Su campione rimaneggiato (da pozzetto geognostico)

- Analisi granulometrica;
- Limiti di Atterberg;
- Valore al Blu di Metilene;
- Tenore in sostanze organiche;

- Tenore in solfati;
- Consumo iniziale di calce (C.I.C.);
- Prova di costipamento Proctor modificata;
- Prova di resistenza al punzonamento CBR non imbibito;
- Prova di resistenza al punzonamento CBR dopo imbibizione per 96 ore.

Su campione indisturbato(eventuale)

- Prova di compressione semplice;
- Prova di compressione edometrica.

Una volta verificata l'idoneità del terreno alla stabilizzazione, devono essere eseguite le prove sulle miscele terra-calce, a seguito delle quali, da una valutazione congiunta dei risultati, verrà individuata la miscela ottimale da utilizzare.

B. Prove sulla miscela terra – calce

La percentuale di calce viva va valutata a partite dal CIC + 0.5% in su, per tre diverse miscele.

Per ogni miscela, dopo 1 e 14 gg, almeno, di maturazione, vanno determinati:

- Limiti di Atterberg;
- Analisi granulometrica;
- Classificazione UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285;
- Prova di costipamento Proctor modificata (UNI EN 13286);
- CBR (UNI EN 13286) senza maturazione;
- CBR dopo maturazione a 7 giorni e 28 giorni ed imbibizione per 96 ore (CNR UNI 10009);
- Prova di compressione monoassiale ad espansione laterale libera (ELL) (ASTM 2166), dopo maturazione a 7 giorni;
- Prova di compressione edometrica.

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso dovrà essere determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR -UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (UNI EN 13286) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di calce, permettendo di definire come variano con la quantità di calce i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori, verrà definita, di volta in volta, la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in calce;
- il suo tenore in calce sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

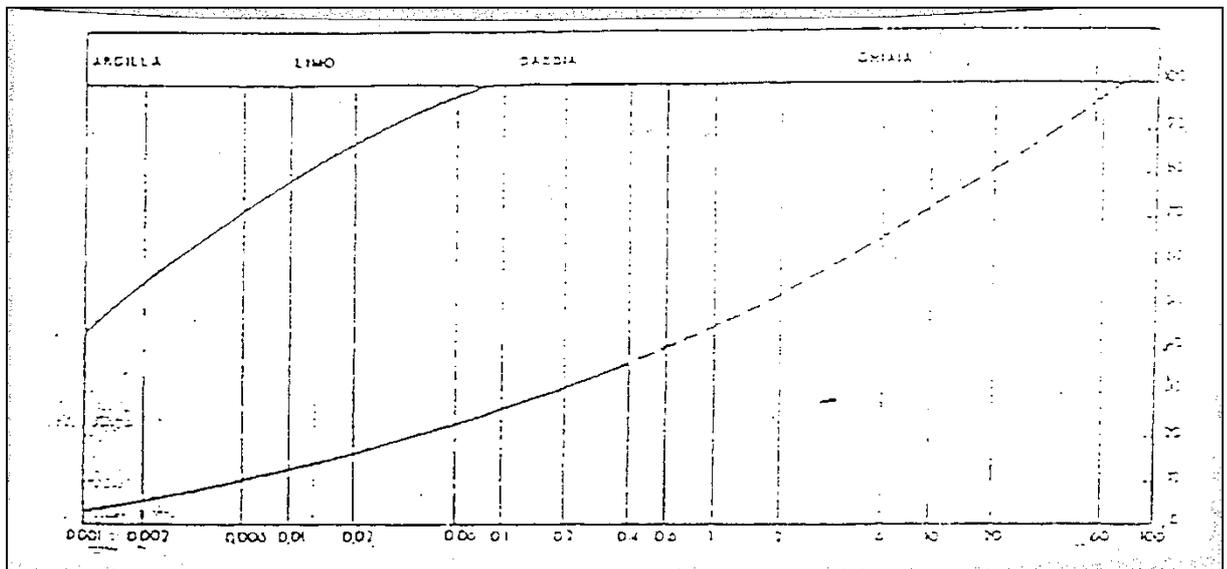
2.6.2 Terra stabilizzata a cemento

La terra stabilizzata a cemento è una miscela composta da terra, cemento e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.

- Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a cemento deve essere di tipo sabbioso, ghiaioso, sabbioso-limoso e/o argilloso, ghiaioso-limoso e/o argilloso e limoso, ed avere indice di plasticità normalmente minore di 15.

Possono essere trattati a cemento anche materiali friabili o profondamente alterati, purché riconducibili con un adeguato trattamento alle volute funzioni portanti.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato:



il diametro massimo degli elementi dovrà essere definito in funzione dell'impiego della miscela, preferibilmente dovrà essere inferiore ai 50 mm.

Il passante al setaccio 0,075 mm non deve superare il 50%.

- Il tipo di cemento da impiegare dovrà essere del tipo Portland 32,5.
- Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

- Inoltre, le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La quantità di acqua e di cemento con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (CNR - UNI 10009), a prove di costipamento e prove di rottura a compressione, ed a qualsiasi altra prova che si ritenga necessaria.

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso viene determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR -UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (UNI EN 13286) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di cemento, permettendo di definire come variano con la quantità di cemento i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori, verrà definita, di volta in volta, la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in cemento;
- il suo tenore in cemento sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

2.6.3 Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo)

Il valore minimo prescritto per l'indice CBR all'umidità ottima (CNR-UNI 10009) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm².

2.6.4 Resistenza al gelo

Nel caso in cui la terra debba essere impiegata in zone in cui l'azione del gelo non è occasionale, si debbono porre in atto ulteriori indagini e provvedimenti suggeriti dalle condizioni locali d'impiego onde evitare l'ammaloramento del materiale in opera per effetto del gelo. Un aumento del dosaggio del legante può risultare utile a questo scopo.

2.6.5 Modalità di lavorazione

La stabilizzazione dei terreni con leganti implica il miglioramento delle caratteristiche della terra; i requisiti di idoneità della miscela ottenuta verranno accertate mediante prove di resistenza a compressione o prove di carico, e qualsiasi altra prova necessaria.

I procedimenti di riabilitazione o di stabilizzazione dei terreni argillosi con calce potranno avvenire con trattamento in sito (impianti mobili) oppure predisponendo le miscele da porre in opera in adeguati impianti fissi; comunque la miscela, una volta stesa, dovrà presentarsi uniformemente mescolata ed opportunamente umidificata secondo l'umidità ottima determinata mediante la relativa prova di laboratorio, e comunque non maggiore dell'1.5% dell'ottimo indicato nel progetto della miscela.

La suddetta umidità dovrà essere determinata a miscela posta in opera e sarà determinata in sito mediante metodologie rapide definite dalla D. L..

Inoltre tale umidità dovrà essere mantenuta costante sino al termine delle operazioni di posa in opera.

Il singolo strato non dovrà avere spessore superiore ai 30 cm.

Tutti i processi dovranno comunque essere preventivamente approvati dalla D.L. e dovranno essere realizzati dall'Impresa sotto le disposizioni della stessa D.L..

Il trattamento in sito, eseguito sotto il controllo e le direttive della D.L., dovrà prevedere le seguenti fasi operative:

- scarificazione ed eventuale polverizzazione con ripper di motolivellatrici o con lame scarificatrici ed erpici a disco;
- spandimento del cemento in polvere mediante adatte macchine spanditrici; tale spandimento dovrà essere effettuato esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa; si dovrà impedire a qualsiasi macchinario, eccetto quello necessario che verrà impiegato per la miscelazione, di attraversare la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato miscelato con il terreno.
- Il quantitativo necessario al trattamento dell'intero strato sarà distribuito in maniera uniforme sulla superficie ed in maniera da risultare soddisfacente al giudizio della D.L.;

- mescolazione con adeguati mescolatori ad albero orizzontale rotante. Il numero di passate dipende dalla natura del suolo e dal suo stato idrico. Si dovrà inoltre garantire un adeguato periodo di maturazione della miscela, da determinarsi di volta in volta a seconda della natura dei terreni.

L'Impresa dovrà garantire una adeguata polverizzazione della miscela, che si considera sufficiente quando l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, attraversa il setaccio 4 UNI (apertura di 4,76 mm).

Nel caso in cui le normali operazioni di mescolazione non dovessero garantire questo voluto grado di polverizzazione, l'Impresa dovrà procedere ad una preventiva polverizzazione della terra, affinché si raggiungano tali requisiti nella miscelazione dell'impasto.

- compattazione e finitura con rulli a "piedi di montone", che precedono i passaggi di rulli gommati pesanti e/o rulli lisci vibranti. La sagomatura finale dovrà essere operata mediante motolivellatrice.

La velocità di compattazione dovrà essere tale da far sì che il materiale in oggetto venga costipato prima dell'inizio della presa del legante.

Nella stabilizzazione a cemento, dopo il costipamento, si dovrà predisporre un adeguato strato di protezione per la maturazione, evitando di disturbare lo strato nella fase di presa per almeno 24 ore.

Le operazioni di trattamento e posa in opera della terra stabilizzata dovranno essere effettuate in condizioni climatiche tali da garantire il voluto contenuto di acqua determinato attraverso la campagna sperimentale preliminare, ed inoltre si richiede per la posa in opera una temperatura minima di 7 °C.

Al termine della giornata di lavoro, e comunque in corrispondenza delle interruzioni delle lavorazioni, si dovrà predisporre, in corrispondenza della parte terminale dello strato, una traversa al fine di far sì che anche porzione risulti soddisfacentemente costipata nonché livellata.

Il trattamento effettuato con adeguati impianti fissi o mobili dovrà essere approvato preventivamente dalla D.L., la quale potrà intervenire con opportune direttive, variazioni e/o modifiche durante la posa in opera dei materiali.

2.7 SISTEMAZIONE DELLE SCARPATE IN RILEVATO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **A.02.004.a** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - fornito dall'Impresa"
- **A.02.004.b** "Fornitura di terreno vegetale per rivestimento delle scarpate - da depositi dell'Amministrazione"

Si dovrà garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno e di idonea copertura vegetale. Nel primo caso, si applicherà uno strato di 30 cm di spessore, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio. Nel caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, tali gradoni non saranno necessari.

Il terreno vegetale deve essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze corrispondenti a quelle previste in Progetto, scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Non è consentita l'applicazione, a partire dalle scarpate del rilevato, di elementi vegetali (talee, astoni, specie erbacee a radicamento profondo) che, penetrando all'interno del corpo del rilevato, possano pregiudicarne la stabilità e la necessaria integrità strutturale.

Nel caso di sospensione della costruzione del rilevato, l'Impresa sarà tenuta ad adottare ogni provvedimento volto ad evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo dello stesso. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, dovranno risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Alla ripresa delle lavorazioni, la parte di rilevato già eseguita dovrà essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione in genere che vi si fosse insediata, dovrà inoltre essere aerata, praticandovi dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli precedentemente impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo della compattazione, della deformabilità e delle caratteristiche prestazionali.

Qualora lungo le scarpate dovessero comunque manifestarsi erosioni di sorta, l'impresa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla D.L..

Se nei rilevati avvenissero cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.

2.8 RILEVATI IN TERRA RINFORZATA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.038** "Maggior compenso per frantumazione materiale di scavo in roccia per reimpiego in terre rinforzate"
- **E.01.040.a.b.c.d.e.f.g.h** "Fornitura e stesa di geogriglia con marcatura CE"
- **E.01.045.a.b.c.d.e** "Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile ed armature di rinforzo sintetiche"

- E.01.050.a.b.c.d.e "Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile ed armature di rinforzo a rete in acciaio"
- E.01.055.a.b.c.d.e.f.1.2.3.g.1.2.3.4.5.6.7.h.i.j.l.k.m "Strutture di sostegno in terra rinforzata con paramento in pannelli prefabbricati in CLS o rete metallica rinverdibile ed armature di rinforzo lineari o planari in acciaio o materiale sintetico"
- E.01.060.a.b.c.d.e "Struttura di sostegno in terra rinforzata con elementi di armatura planari orizzontali e paramento in pietrame"

2.8.1 Descrizione e materiali

Sono rilevati realizzati, con le configurazioni geometriche rappresentate negli elaborati grafici di progetto, con l'interposizione, nel corpo del rilevato, di rinforzi (geogriglie in PE, bandelle/reti metalliche, ecc.) e paramenti di diversa tipologia. Gli elementi di rinforzo vengono usualmente disposti lungo piani di posa orizzontali durante il riempimento e la compattazione del rilevato di terreno strutturale, che avviene per strati successivi. Lo stato tensionale nel rilevato strutturale all'aumentare dei carichi è tale da mobilitare progressivamente la resistenza a trazione dei rinforzi in virtù dell'aderenza per attrito con il terreno. Pertanto, massima cura andrà posta sia in fase di progetto sia in fase di realizzazione alla opportuna scelta dei materiali (terreno, rinforzi) ed alla relativa posa in opera.

In sede di progetto e di dimensionamento delle opere, dovranno essere garantiti con studi opportunamente approfonditi i seguenti aspetti:

- Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio del sito di intervento; in merito alle condizioni idrogeologiche, deve essere individuato con attenzione il regime delle tensioni neutre nel terreno nelle condizioni ex ante e le relative variazioni che le opere in progetto potranno indurre;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni di interesse progettuale, sia dal punto di vista meccanico sia dal punto di vista dinamico, mediante indagini di sito e di laboratorio;
- stabilità globale dell'area vasta di intervento, sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche, con particolare riferimento alla sensibilità del sito ai livelli di falda ed alle sue variazioni; tali studi vanno condotti sia sulla condizione ex ante sia sulla condizione finale in presenza delle opere;
- suscettibilità alla liquefazione in condizioni sismiche;
- potenziale dei cedimenti e loro andamento nel tempo, con eventuale progetto di interventi di limitazione dei cedimenti assoluti e/o differenziali od accelerazione del relativo decorso;
- stabilità locale delle opere in relazione alle caratteristiche meccaniche e dinamiche dei terreni di fondazione, alle caratteristiche geometriche del solido stradale ed alle azioni ambientali previste;
- interventi di drenaggio dei terreni di fondazione e del versante (in caso di opere a mezza costa o di controripa) nonché del corpo di rilevato medesimo, studio dei recapiti delle acque drenate, allontanamento delle acque di superficie.

In ogni caso, l'impiego dei rilevati in terra rinforzata per impieghi su versanti deve essere attentamente valutato sulla base di studi di stabilità che prendano in conto, sia mediante calcolazioni analitiche e numeriche basate su dati geotecnici completi ed affidabili, sia sulla base dei risultati di monitoraggi adeguatamente estesi nel tempo (anche su base storica). Gli studi di stabilità non devono limitarsi all'immediato intorno dell'opera ma devono essere estesi ad un'area/volume in accordo alle conclusioni degli studi di carattere geomorfologico ed idrogeologico.

Il progetto di rilevati in terra rinforzata deve tenere conto del rapporto fra altezza netta totale dell'opera in terra rinforzata e la larghezza a terra del solido stradale contestualmente realizzato (in particolare, nel caso di ampliamento di rilevati esistenti si deve tenere conto dell'impronta a terra della sola parte in ampliamento); qualora tale rapporto risultasse maggiore di 1,25 gli studi prima illustrati devono prendere in conto tutte le possibili condizioni di interazione fra i corpi di rilevato esistenti e di nuova realizzazione, con particolare riferimento alla superficie di interfaccia, al regime delle tensioni neutre ed al potenziale di sviluppo di cedimenti differenziali, anche indotti sui rilevati esistenti. Infine, attente valutazioni devono prendere in conto la stabilità del terreno di fondazione delle parti di rilevato in ampliamento, al fine di individuare condizioni per le quali mettere in opera opportuni interventi di presidio, anche strutturali.

Nei due casi notevoli prima illustrati (opere su versante; opere di altezza significativa) è necessario prevedere un sistema di monitoraggio che sia in grado di registrare l'andamento degli spostamenti di punti notevoli del rilevato (od altre grandezze indice, da stabilire in fase di progettazione) al fine di individuare per tempo il possibile insorgere di condizioni di attenzione o di rischio per la stabilità dell'opera.

Per quanto riguarda le caratteristiche del terreno di riempimento, dovranno essere impiegati esclusivamente materiali appartenenti ai gruppi A₁, A₃, A₂₋₄, A₂₋₅ e comunque con pezzatura massima non superiore a 71 mm; il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7.

I materiali ritenuti idonei, nelle quantità e con le modalità descritte in Progetto Esecutivo, nella Relazione del Piano di Gestione Materie, dovranno essere trasportati, a cura dell'Impresa, nelle corrispondenti tratte di previsto reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito temporaneo.

Laddove necessario, questi materiali saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme secondo necessità, con oneri compensati con i prezzi di elenco.

In ogni caso, dovranno essere esclusi i materiali che, da prove opportune, presentino valori dei parametri geotecnici (angoli d'attrito e coesione) minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere non inferiore a 18 kN/m³.

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate direttamente sui materiali in banco a piè d'opera, mediante le seguenti prove di laboratorio.

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova di compattazione AASHTO.

Le prove andranno distribuite in frequenza (funzione dei volumi dei materiali complessivamente approvigionati) in modo tale da essere certamente rappresentative delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

2.8.2 Modalità esecutive – Compattazione

Prevedendosi l'uso di rinforzi (metallici, con l'impiego di geotessili, ecc.) per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le concentrazioni dei seguenti composti o parametri e la loro rispondenza ai limiti di seguito indicati:

Composto/Parametro	Valori limite
Contenuto in sali	
Solfuri	Assenti
Solfati, solubili in acqua	< 500 mg/kg
Cloruri	< 100 mg/kg
pH	Tra 5 e 10
Resistività elettrica	> 1.000 $\Omega \cdot \text{cm}$ per opere all'asciutto
	>3.000 $\Omega \cdot \text{cm}$ per opere immerse in acqua

La compattazione di detti materiali dovrà risultare tale da garantire una massa volumica del secco, misurata alla base di ciascuno strato, non inferiore al 95% della massa volumica del secco massima individuata mediante la prova AASHO Mod. (UNI EN 13286), (CNR 22 – 1972), ed il modulo di deformabilità (CNR 146 – 1992) non dovrà essere inferiore ai 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0,05 – 0,15 N/mm².

Le caratteristiche dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) devono essere tali da garantire la prevista densità finale del materiale.

In ogni modo, deve ritenersi esclusa la possibilità di compattazione con pale meccaniche. Nel caso in cui lo sviluppo planimetrico dei manufatti sia modesto e gli spazi di lavoro disponibili siano esigui, si useranno mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano.

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% della larghezza del mezzo costipante. La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori a rullo operino ad una distanza non inferiore a 0,50 m dal paramento esterno, e procedere quindi ad una successiva compattazione della porzione di terreno posta ad una distanza inferiore a 0,50 m dal paramento con macchine operatrici di tipo portatile ("rana compattatrice" o piastra vibrante). Questo procedimento garantisce che non possano essere generate deformazioni locali indotte dal passaggio o urto meccanico dei mezzi contro i componenti del sistema. In ogni caso, nel caso di danni causati dalle attività di cantiere o dovuti ad eventi meteorologici durante la costruzione, si dovrà provvedere al ripristino delle condizioni iniziali.

La costruzione dei rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, tranne per quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. ghiaia).

2.9 RILEVATI ALLEGGERITI

2.9.1 Rilevati in argilla espansa

Nei casi in cui il volume geotecnicamente significativo, al di sotto del piano di posa di rilevati, sia costituito, in tutto o in parte, da terreni ad elevata deformabilità, in grado di manifestare cedimenti fortemente differiti nel tempo (terreni torbosi, argille tenere ad elevato tenore di sostanza organica e simili) e in tutti i casi in cui risulta necessario limitare i carichi applicati il progetto può prevedere, nei tratti interessati, la formazione di rilevati alleggeriti, tramite l'impiego di argilla espansa. Questa è formata da granuli di varie dimensioni, assortiti granulometricamente, corrispondenti alle specifiche di seguito indicate:

Classe granulometrica (UNI EN 13055-2)	4-10	8 - 20	0 - 31,5
Densità kg/m ³ (UNI EN 13055-2)	350 ±15%	320±15%	390±15%
Angolo di attrito interno (UNI EN 15732:2012)	39°	39°	39°
Resistenza allo schiacciamento dei granuli (UNI 7549/7) N/mm ²	1,5	1	> 1,3

Classe granulometrica (UNI EN 13055-2)	4-10	8 - 20	0 - 31,5
Assorbimento di H ₂ O a 24 ore (UNI EN 13055-2)	≤20%	≤25%	≤20%
Resistenza al fuoco (UNI EN 13055-2)	Classe 0 (<i>incombustibile</i>)		

I rilevati leggeri con argilla espansa possono essere realizzati secondo due modalità a seconda delle necessità tecniche e delle problematiche di cantiere.

2.9.1.1 Rilevato in argilla espansa e misto granulare

Articoli di elenco prezzi correlati:

- **A.02.025.a-b-c** "Realizzazione di rilevati in argilla espansa e misto granulare"

Modalità esecutive

Preparazione del piano di posa

Dopo aver completato lo scavo di sbancamento dal piano di campagna, alle quote previste dal progetto, l'Appaltatore deve stendere sul fondo del piano di scavo un geotessile, con funzione di separazione anticontaminante tra il terreno naturale e il materiale di riempimento. Il piano di posa deve risultare regolare, con il geotessile ben steso e aderente al piano di imposta, e con teli di geotessile integri e regolarmente sovrapposti. Si procede quindi alla formazione dei riporti.

Modalità di posa in opera

L'argilla espansa (di classe granulometrica 4-10 o 8-20 o 0-31,5) deve essere posta in più strati fino al raggiungere la quota di progetto, con l'interposizione di uno strato di misto granulare, il cui spessore dopo compattazione deve risultare uguale a 20 cm. Lo spessore dello strato di argilla espansa è pari a 80.

La posa dei diversi strati di argilla espansa deve avvenire spingendo il materiale in avanzamento con un mezzo cingolato (pala, dozer, escavatore), attrezzato per muoversi su terreni di caratteristiche analoghe a quelle dell'argilla espansa. Al di sopra di ogni strato di argilla espansa, prima della posa del misto granulare, va posto un geotessile non tessuto con funzione anticontaminante.

L'addensamento deve avvenire agendo sugli strati di misto granulare mediante passaggi di rullo a tamburo liscio vibrante con caratteristiche di peso e frequenza da definire in funzione dell'altezza dello strato. Al corretto addensamento dell'argilla espansa corrisponde un calo volumetrico pari a circa il 10-15 %.

Sequenza di lavoro:

- scavo di sbancamento;

- preparazione del piano di posa;
- posa tessuto non tessuto;
- posa dello strato di argilla espansa;
- posa tessuto non tessuto;
- posa dello strato di misto granulare stabilizzato di interposizione;
- compattazione;

La sequenza sopra indicata è da ripetere in funzione dell'altezza rilevato.

Lo strato finale di misto granulare stabilizzato deve avere uno spessore non inferiore a 30 cm.

L'argilla espansa deve essere posta in opera in spessori tali da rispettare, a compattazione avvenuta, i valori indicati nel progetto.

Controlli prestazionali

A compattazione avvenuta i materiali costituenti il corpo del rilevato, ad eccezione dello strato terminale, di seguito descritto, devono presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove ASTM D4253 e un valore del modulo di deformabilità pari a:

$M_d \geq 25$ MPa misurato su strato di misto di spessore ≥ 20 cm.

nell'intervallo di carico compreso tra 50÷150 kPa (0,05 e 0,15 N/mm²), (CNR 146 - 1992).

L'ultimo strato di spessore non inferiore a 30 cm, costituente il piano di posa della fondazione stradale, deve, invece, presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95%; il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) deve risultare non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo compreso tra 150÷250 kPa (0,15 – 0,25 N/mm²) sul piano di posa della fondazione stradale in rilevato.

2.9.1.2 Rilevati in sola Argilla espansa

Articoli di elenco prezzi correlati:

- **A.02.030** "Realizzazione di rilevati in argilla espansa"

Modalità esecutive

Preparazione del piano di posa

Come precedente.

Modalità di posa in opera dell'argilla espansa

L'argilla espansa (di classe granulometrica 4-10 o 8-20) deve essere posta in più strati fino al raggiungere la quota di progetto. Ciascuno strato di argilla espansa deve avere uno spessore compreso tra i 40 e i 100 cm. La posa dei diversi strati di argilla espansa deve avvenire spingendo il materiale in avanzamento con un mezzo cingolato (pala, dozer, escavatore), attrezzato per muoversi su terreni di caratteristiche analoghe a quelle dell'argilla espansa.

L'addensamento deve essere eseguito, con il passaggio di piastra vibrante o mezzo cingolato direttamente sullo strato di argilla espansa. Il numero di passaggi è dipendente dal mezzo utilizzato e dallo spessore dello strato secondo quanto segue:

- Il numero di passaggi di piastra vibrante è compreso tra 2 e 6 dello strato di argilla espansa compresi tra 40 cm e 60 cm;
- Il numero di passaggi di mezzo cingolato (dozer) è compreso tra 6 e 9 su spessori dello strato di argilla espansa compresi tra 60 cm e 100 cm.

Al corretto addensamento dell'argilla espansa corrisponde un calo volumetrico pari a circa il 10%.

Il rilevato alleggerito in argilla espansa deve essere completato con uno strato di misto granulare di spessore non inferiore a 30 cm che andrà a costituire il piano di posa della fondazione stradale

Controlli prestazionali

Lo strato superiore in misto granulare, di chiusura del rilevato in argilla espansa, dello spessore non inferiore a 30 cm, costituente il piano di posa della fondazione stradale, deve presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove ASTM D4253; il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) deve risultare non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo compreso tra 150÷250 kPa (0,15 – 0,25 N/mm²) sul piano di posa della fondazione stradale in rilevato.

2.9.2 Rilevati in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato)

In presenza di terreni recenti ad elevata deformabilità, i cui tempi di consolidazione non siano compatibili con le esigenze di cantiere, il progetto potrà prevedere l'impiego di materiali leggeri ad elevata resistenza, quali i blocchi in EPS.

L'impiego di tali materiali dovrà avvenire a valle di una specifica modellazione 3D dell'interazione terreno-rilevato, che evidenzia i differenti comportamenti con EPS e terre naturali, sia sul sedime d'imposta che sulle eventuali strutture limitrofe (abitazioni, linee ferroviarie, etc). In tale modellazione si dovranno verificare che le deformazioni ammissibili, dovute a carichi permanenti ed accidentali, non superino il 3%. Oltre tale limite il materiale presenta una deformazione permanente e progressiva della struttura cellulare, che potrebbe non essere compatibile con la funzionalità dell'opera.

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla modellazione sopra citata, le caratteristiche meccaniche dovranno comunque risultare non inferiori a:

- per EPS 150 - Blocchi in EPS idonei alla formazione di rilevati stradali a forma di parallelepipedo, con dimensioni orientative 2000x1000x500 nella tipologia EPS 150 (densità circa 25 kg/mc):
 - Resistenza a trazione 150 KPa
 - Resistenza a flessione 250 KPa
 - Resistenza a taglio 100 KPa
 - Sollecitazione di compressione all'1% di deformazione 0,10 MPa
 - Sollecitazione di compressione al 5% della deformazione 0,12 MPa
 - Reazione al Fuoco Euroclasse E
- Per EPS 120 - Blocchi in EPS idonei alla formazione di rilevati stradali a forma di parallelepipedo, con dimensioni orientative 2000x1000x500 nella tipologia EPS 120 (densità circa 20 kg./mc):
 - Resistenza a trazione 120 KPa
 - Resistenza a flessione 200 KPa
 - Resistenza a taglio 85 KPa
 - Sollecitazione di compressione all'1% di deformazione 0,080 MPa
 - Sollecitazione di compressione al 5% della deformazione 0,100 MPa
 - Reazione al Fuoco Euroclasse E

2.10 RILEVATI SOTTOFONDATI SU PALI

2.10.1 Descrizione

In presenza di terreni fortemente deformabili, con modalità non affrontabili con altri metodi, il Progetto potrà prevedere la realizzazione di un sistema di elementi che consentano la riduzione dei cedimenti attesi sia assoluti sia differenziali.

Tale sistema, i cui dettagli saranno rappresentati negli elaborati di Progetto Esecutivo, sarà costituito da pali di fondazione opportunamente disposti, collegati da uno strato di terreno di ripartizione, rinforzato con interposizione di geogriglie o altri elementi strutturali sui quali realizzare il rilevato.

Per i singoli elementi costitutivi (pali, elementi strutturali, rilevato) si rimanda alle specifiche sezioni del Capitolato.

3 E.01 DRENI

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- - dreni verticali prefabbricati;
- - dreni in ghiaia;

- - dreni in sabbia.

Le caratteristiche dei dreni, per quanto concerne il tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione, saranno definite dal progetto.

Hanno la funzione di realizzare nel terreno percorsi preferenziali per la raccolta delle acque ed accelerare i processi di consolidazione dei terreni argillosi saturi in corrispondenza dei rilevati. Eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L..

Tali variazioni dovranno comunque essere tali da garantire la medesima capacità e funzionalità.

3.1 DRENI PREFABBRICATI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.017** "Geodreni verticali a nastro"
- **E.01.021.a** "Pannello drenante prefabbricato - dimensione nominale fino a mc 0,30"
- **E.01.010.b** "Pannello drenante prefabbricato - dimensione nominale da mc 0,31 a mc 0,60"

3.1.1 Descrizione

Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili ed arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali simili avvolto intorno ad un elemento di irrobustimento centrale, sempre in materiale plastico o affine; il nastro può anche essere semplicemente costituito da un unico corpo filtrante in materiale plastico, senza elemento centrale.

I dreni prefabbricati a nastro permettono il flusso dell'acqua presente nel terreno lungo l'asse di sviluppo principale, longitudinale, dell'elemento filtrante.

L'inserimento nel terreno del dreno si esegue mediante l'infissione a pressione di un mandrino che viene successivamente estratto, lasciando in posto il dreno, oppure mediante la penetrazione a vibrazione di un tubo di infissione con elemento vibrante in testa, azionato idraulicamente, che trascina il dreno fino alla profondità richiesta per poi abbandonarlo.

3.1.2 Modalità esecutive

Caratteristiche dei nastri prefabbricati

Il nastro drenante prefabbricato dovrà avere caratteristiche rese note dalla certificazione ufficiale del Produttore, preventivamente trasmesse alla D.L. ed approvate dalla medesima.

Sono ammessi nastri con involucro filtrante in tessuto non tessuto o carta con anima in PVC, polietilene o polipropilene, oppure nastri in cui anima ed involucro siano ugualmente costituiti da materiali plastici.

In ogni caso, i nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di Progetto ed in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a 100 m³/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 300 kN/m²) ed un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2 m/anno.

Attrezzatura di infissione

Si utilizzeranno attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montate su torre con guide di scorrimento, in grado di raggiungere con il mandrino od i tubi di infissione la profondità prescritta dal Progetto nel contesto stratigrafico locale. Le caratteristiche delle attrezzature di infissione dovranno essere rese note alla D.L..

Qualora motivato dalla necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a prefori eseguiti con sonda a rotazione o rotopercolazione.

Il mandrino o la tubazione di infissione dovrà avere sezione trasversale ridotta al minimo indispensabile per garantire la necessaria resistenza.

Il dreno sarà connesso all'utensile di infissione con un elemento a perdere, in grado di garantire il sicuro vincolo del dreno all'utensile durante l'inserzione e l'ancoraggio del dreno al terreno all'atto del ritiro del mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.

Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere alla installazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50-80 cm, con fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio-grossa, con massima percentuale di passante al vaglio UNI da 0.075 mm del 3%.

I punti di infissione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile, e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.

Installazione

L'infissione dei dreni avverrà mediante pressione o vibrazione, con modalità tali, per quanto concerne le massime pressioni esercitate verso il basso e la velocità di penetrazione, da prevenire la rottura dei nastri prefabbricati o il mancato raggiungimento della profondità di progetto.

3.2 DRENI IN GHIAIA

3.2.1 Descrizione

Colonne di ghiaia vibrocompattate (prof. max 20m da piano lavoro):

Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate con sistema "bottom feed a secco" tramite infissione, per spinta e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica (potenza motore 70÷100kW, frequenza operativa 60Hz) dotati di apposito canale per l'approvvigionamento diretto della ghiaia a fondo foro. Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step da 50÷70cm. Il vibroflot è azionato da sonda operatrice dotata di torre guida per la spinta dell'utensile nel terreno (max 200kN). Le colonne, di diametro reso 600÷700mm e profondità massima 20m dal piano lavoro, verranno realizzate utilizzando ghiaia di pezzatura 10÷35mm.

Per ogni colonna dovrà essere prevista l'acquisizione e restituzione automatizzata dei protocolli di trattamento, in cui saranno indicati il codice di riferimento del singolo punto, il tempo, la profondità di infissione e l'assorbimento di energia (amperaggio).

Colonne di ghiaia vibrocompattate cementate (prof. max 20m da piano lavoro):

Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate cementate con sistema "bottom feed a secco" tramite infissione, per spinta e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica (potenza motore 70÷100kW, frequenza operativa 60Hz) dotati di apposito canale per l'approvvigionamento diretto del conglomerato cementizio a fondo foro. Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step da 50÷70cm. Il vibroflot è azionato da sonda operatrice dotata di torre guida per la spinta dell'utensile nel terreno (max 200kN). Le colonne, di diametro reso 500÷600mm e profondità massima 20m dal piano lavoro, verranno realizzate utilizzando conglomerato cementizio ottenuto utilizzando ghiaia di pezzatura 4÷32mm, cemento con dosaggio minimo pari a 200kg/mc e acqua nella misura di 100kg/mc.

Per ogni colonna dovrà essere prevista l'acquisizione e restituzione automatizzata dei protocolli di trattamento in cui saranno indicati il codice di riferimento del singolo punto, il tempo, la profondità di infissione e l'assorbimento di energia (amperaggio).

Colonne di ghiaia vibrocompattate (prof. max 30m da piano lavoro):

Esecuzione di colonne in ghiaia vibrocompattate con sistema "bottom feed" tramite infissione, per peso proprio e vibrazione, di "vibroflot" a propulsione elettrica (potenza motore 100÷120kW, frequenza operativa 60Hz) dotato di apposito canale per l'approvvigionamento diretto della ghiaia a fondo foro. Dopo la fase di infissione dell'utensile fino alla profondità di progetto/rifiuto si procede, in risalita, alla compattazione della colonna per step da 60÷80cm. Il vibroflot è montato su mezzo cingolato a fune. Le colonne, di diametro reso 600÷800mm e profondità massima 30m dal piano lavoro, verranno realizzate utilizzando ghiaia di pezzatura 10÷35mm.

Per ogni colonna dovrà essere prevista l'acquisizione e restituzione automatizzata dei protocolli di trattamento in cui saranno indicati il codice di riferimento del singolo punto, il tempo, la profondità di infissione e l'assorbimento di energia (amperaggio).

3.3 DRENI IN SABBIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **E.01.010.a** "Dreni (o pali) di sabbia per prosciugamento e consolidamento di terreni fortemente compressibili - del diam. mm 350"
- **E.01.010.b** "Dreni (o pali) di sabbia per prosciugamento e consolidamento di terreni fortemente compressibili - del diam. mm 420"
- **E.01.010.c** "Dreni (o pali) di sabbia per prosciugamento e consolidamento di terreni fortemente compressibili - del diam. mm 500"

3.3.1 Descrizione

I dreni in sabbia comportano la realizzazione di una perforazione di tipo verticale, che viene successivamente riempita da sabbia opportunamente composta sul piano granulometrico in modo che possa operare come filtro, secondo modalità analoghe a quelle dei dreni prefabbricati.

Le metodologie di perforazione sono le medesime di quelle adottate nel caso di pali trivellati.

3.3.2 Modalità esecutive

Caratteristiche della sabbia drenante

Il materiale granulare utilizzato per il riempimento del foro dovrà essere conforme, per quanto concerne la composizione granulometrica, al fuso definito dal Progetto.

Qualora non definito espressamente, il fuso granulometrico di riferimento sarà il seguente:

APERTURA VAGLIO UNI (mm)	PASSANTE %	
	MIN.	MAX.
0.075	0	3
0.40	0	10
2.00	15	45
5.00	35	75
10.00	70	100

Attrezzatura

Sarà cura dell'Impresa comunicare, prima dell'inizio lavori, le caratteristiche delle attrezzature che la stessa intende utilizzare.

Sono ammesse attrezzature di perforazione nelle quali l'avanzamento dell'utensile e la disgregazione del terreno, che viene asportato dal foro, avvengono mediante l'energia dinamica dell'acqua, attrezzature di perforazione ad elica o attrezzature con caratteristiche diverse.

In ogni caso, le attrezzature dovranno garantire il raggiungimento delle profondità prescritte dal Progetto con il relativo diametro e permettere la realizzazione dei dreni senza rischi di interruzione della continuità del fusto in sabbia.

Lavori preparatori

Prima di procedere alla perforazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di materiale granulare pulito, dello spessore di 50-80 cm.

I punti di perforazione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

Perforazione e riempimento dei fori

La conduzione della perforazione sarà eseguita con modalità preventivamente comunicate alla D.L., tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura. Nel caso di impiego di tecniche con disgregazione idraulica del terreno, il foro sarà sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro mediante controspinta idrostatica. Non è ammesso l'uso di fluidi di perforazione diversi dall'acqua, priva di additivi se non perfettamente biodegradabili in 20÷40 ore.

Il riempimento dei fori con sabbia sarà eseguito dal basso a risalire, iniziando da fondo foro, mediante il convogliamento della sabbia con tubazioni che, nel caso di perforazione con elica, potranno essere rappresentate dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

A riempimento eseguito, lo scarto sommitale di materiale granulare inquinato dai materiali provenienti dalla perforazione dovrà essere asportato, condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato, fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.

3.3.2.1 Rinterri

Descrizione

Riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti.

Modalità esecutive

- a) Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A₁ ed A₃ opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D₆₀/D₁₀) maggiore o uguale a 7;
- b) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrato e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni). In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati sui disegni costruttivi.

3.3.2.2 Sistemazione superficiale

Descrizione

Viene eseguita con o senza apporto di materiale.

Modalità esecutive

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A₁ ed A₃, con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata, procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

Il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D₆₀/D₁₀) maggiore o uguale a 7.

4 A.03 DEMOLIZIONI

Il presente Capitolato è relativo alle demolizioni di pavimentazioni stradali, fabbricati, murature di qualsiasi genere e strutture in acciaio.

Le demolizioni di opere d'arte, di fabbricati e di strutture di qualsiasi genere (anche in c.a.p. od i carpenteria metallica) potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

L'Appaltatore dovrà eseguire le demolizioni nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nella Normativa richiamata di seguito e nel presente capitolato. Particolare attenzione dovrà essere posta nel rispetto delle prescrizioni di cui agli articoli dal 150 al 156 del DM81/08.

4.1 PIANO DELLA DEMOLIZIONE

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e dei macchinari, all'esame ed all'approvazione della direzione Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione il Piano della demolizione.

Il Piano della demolizione descrive:

- l'estensione dell'intervento.
- il tipo di macchine e materiali da utilizzare.
- le procedure che devono essere attuate per la rimozione e demolizione dei vari elementi costruttivi dell'opera.
- le valutazioni dei rischi inerenti sostanze pericolose presenti nel sito ed i relativi metodi di bonifica.
- la valutazione dei rischi ambientali, in particolare polvere e rumore, e le misure di controllo ed attenuazione.
- le misure di sicurezza, collettiva ed individuale degli operatori, con l'individuazione e prescrizione degli appropriati DPI.
- I punti da trattare nel un Piano della demolizione sono:
 - Descrizione del sito e delle condizioni al contorno (vincoli fisici, recettori sensibili ecc).
 - Individuazione dei vincoli normativi (presenza materiali inquinanti, gestione dei residui di demolizione ecc.).
 - Pianificazione delle operazioni (sequenza operazioni, tipologie di macchine e tecnica di demolizione ecc.).
 - Individuazione di apposite misure di protezione collettiva.
 - Verifiche sulla stabilità delle strutture nelle fasi transitorie.
 - Progetto (calcoli e disegni) delle opere provvisorie di rinforzo e puntellamento.
 - Individuazione di apposite misure di protezione ambientale (polveri, vibrazioni, rumore ecc.).
 - Individuazione di apposite misure di sicurezza in cantiere.
 - Valutazione dei rischi.
 - Redazione di apposite procedure di informazione e comunicazione.
 - Redazione di apposite procedure di emergenza.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed 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, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di demolizione potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

4.2 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE DEMOLIZIONI INTEGRALI O PARZIALI DI STRUTTURE COMPLESSE

L'Appaltatore dovrà effettuare i lavori di demolizione procedendo in maniera da non compromettere la stabilità delle strutture interessate e di quelle di collegamento, impiegando eventuali opere provvisorie di rafforzamento e puntellamento delle zone interessate, in caso di demolizione parziale, o della struttura nel suo complesso, in caso di demolizione totale. Di regola questo tipo di demolizioni, più propriamente dette decostruzioni, avvengono con procedimenti inversi alla costruzione. Per esse potrà essere previsto anche l'impiego di esplosivi, nel rispetto della vigente normativa in materia.

L'Appaltatore dovrà prevedere ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture residuali e le proprietà di terzi.

Nel caso di demolizioni parziali, o in qualunque altro caso ritenuto opportuno dalla D.L., potrà essere richiesto:

- l'impiego di attrezzature speciali quali seghe circolari, fili diamantati, pinze idrauliche o qualsiasi altra tecnica, in modo da realizzare tagli netti e puliti e contestualmente evitare l'insorgere di vibrazioni e conseguenti danni alle strutture eventualmente da conservare.
- il trattamento con getto di vapore e pressione tale da ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati secondo le disposizioni progettuali.

Il tutto senza alcuna maggiorazione del prezzo in quanto già compreso negli oneri da tenere in considerazione a carico dell'Appaltatore.

Per le demolizioni da eseguirsi su sede stradale in esercizio, l'Appaltatore dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la D.L., coerentemente con i piani di sicurezza, le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

In particolare, la demolizione di travi di impalcati di opere d'arte o di impalcati di cavalcavia anche a struttura mista, su sede stradale in esercizio, dovrà essere eseguita fuori opera, previa separazione dalle strutture esistenti, sollevamento, rimozione e trasporto di tali porzioni in apposite aree entro le quali potranno avvenire le demolizioni integrali.

4.3 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LE IDRODEMOLIZIONI

La idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione e portata modulabile.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore.

L'Appaltatore dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e alla pulizia finale del sito.

Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L., coerentemente con i piani di sicurezza; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo. Le attività in parola dovranno prevedere idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico.

4.4 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER LA DEMOLIZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

La demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso, per l'intero spessore o per parte di esso, dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, con nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Tali attrezzature dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L. relativamente a caratteristiche meccaniche, dimensioni e capacità produttiva.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto, o prescritti dalla D.L., e non saranno pagati maggiori spessori rispetto a quelli previsti o prescritti.

Se la demolizione interessa uno spessore inferiore a 15 cm, potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa; per spessori superiori a 15 cm si dovranno effettuare due passaggi di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare longitudinalmente sui due lati dell'incavo un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito.

Le superfici scarificate dovranno risultare perfettamente regolari in ogni punto, senza discontinuità che potrebbero compromettere l'aderenza dei nuovi strati; i bordi delle superfici scarificate dovranno risultare verticali, rettilinei e privi di sgretolature.

La pulizia del piano di scarifica dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di spazzole rotanti e dispositivi aspiranti in grado di dare il piano depolverizzato.

Nel caso di pavimentazione su impalcati di opere d'arte, la demolizione dovrà eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità della sottostante soletta; in questi casi potrà essere richiesta la demolizione con scalpello a mano con l'ausilio del martello demolitore.

Solamente quando previsto in progetto e in casi eccezionali si potrà eseguire la demolizione della massiciata stradale, con o senza conglomerato bituminoso, anche su opere d'arte, con macchina

escavatrice od analoga e, nel caso in cui il bordo della pavimentazione residua debba avere un profilo regolare, per il taglio perimetrale si dovrà fare uso della sega clipper.

5 CONTABILIZZAZIONE E MISURAZIONE

Resta stabilito che, per i lavori compensati sia a corpo che a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio, e di sottoporre alla Direzione Lavori per il necessario controllo, tutti i disegni contabili delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti ecc.) delle quantità, parziali e totali, nonché della computazione delle relative quantità di ogni singola categoria di lavoro.

Si precisa che:

I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla D.L. in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.

I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla D.L. in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati di progetto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la D.L. provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.

5.1 SCAVI DI SBANCAMENTO

Comprendono:

- apertura della sede stradale e relativo cassonetto;
- bonifica del piano di posa dei rilevati oltre la profondità di 20 cm;

- apertura di gallerie in artificiale;
- formazione o l'approfondimento di cunette, fossi e canali;
- impianto di opere d'arte;
- regolarizzazione o approfondimento di alvei in magra;

essi sono eseguiti anche a campioni di qualsiasi lunghezza, a mano o con mezzi meccanici, in materie di qualunque natura e consistenza salvo quelle definite dai prezzi particolari dell'Elenco, asciutte o bagnate, compresi i muri a secco od in malta di scarsa consistenza, compreso le rocce tenere da piccone, ed i trovanti anche di roccia dura inferiori a mc 1,00 ed anche in presenza d'acqua, escluso l'onere di sistemazione a gradoni delle scarpate per ammorsamento di nuovi rilevati; compreso l'onere della riduzione del materiale dei trovanti di dimensione inferiore ad 1 mc alla pezzatura di cm 20 per consentirne il reimpiego a rilevato, compresi il carico e l'allontanamento del materiale di risulta.

La misurazione degli Scavi di Sbanramento e dei Rilevati sarà effettuata con il metodo delle sezioni ragguagliate. All'atto della consegna dei lavori l'Impresa eseguirà, in contraddittorio con la D.L., il controllo delle quote nere delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse, distanze misurate sull'asse di progetto.

In base a tali rilievi ed a quelli da praticarsi ad opera finita od a parti di essa purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti.

Resta inteso che, sia in trincea sia in rilevato, la sagoma rossa delimitante le aree di scavo o di riporto è quella che segue il piano di banchina, il fondo cassonetto sia della banchina di sosta che della carreggiata e del piazzale, come risulta dalla sezione tipo.

Unità di misura **MC**

5.2 PREPARAZIONE PIANO DI POSA DEI RILEVATI

Preparazione Piano di posa dei Rilevati compreso lo scavo di scorticamento per una profondità media di cm 20, previo taglio degli alberi e dei cespugli, estirpazione ceppaie carico, trasporto a rifiuto od a reimpiego delle materie di risulta anche con eventuale deposito e ripresa, compattamento del fondo dello scavo fino a raggiungere la densità prescritta, il riempimento dello scavo ed il compattamento dei materiali all'uopo impiegati fino a raggiungere le quote del terreno preesistente ed il costipamento prescritto compreso ogni onere. Con l'impiego di materiali idonei provenienti da cave di prestito e/o dagli scavi.

La misurazione verrà effettuata, calcolando l'impronta geometrica effettiva del rilevato sul terreno.

Unità di misura **MQ**

5.3 REALIZZAZIONE RILEVATI STRADALI

Sistemazione in Rilevato o in Riempimento utilizzando materiali idonei provenienti sia dagli scavi che dalle cave di prestito, realizzata secondo le prescrizioni delle Norme Tecniche;

Comprese la sagomatura e profilatura dei cigli, delle banchine e delle scarpate, rivestita con terra vegetale, compresa ogni lavorazione ed onere per dare il rilevato a perfetta regola d'arte.

La misurazione verrà effettuata, secondo il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilievi eseguiti, prima e dopo i relativi lavori.

Unità di misura **MC**

5.4 STABILIZZAZIONE E SISTEMAZIONE DI TERRENI CON USO DI CALCE O CEMENTO

Stabilizzazione e Sistemazione di terreni con uso di Calce o Cemento compreso l'onere della fornitura del legante da dosare, secondo quanto prescritto nelle Norme Tecniche.

La misurazione verrà effettuata calcolando con metodo geometrico le opere realizzate oggetto del trattamento.

Unità di misura **MC**

5.5 REALIZZAZIONE DI DRENI IN SABBIA

Realizzazione di Dreni in Sabbia mediante esecuzione di fori, senza asportazione di materiale, fornitura e posa in opera nei fori di sabbia lavata, vagliata ed omogenea, fornitura stesa e compattamento, al di sopra dei dreni, di uno strato di sabbia dello spessore minimo di cm50.

La misurazione verrà effettuata calcolando l'effettivo sviluppo in metri lineari del dreno (o palo), misurato dalla quota inferiore del foro fino alla quota risultante in corrispondenza di ciascun dreno dopo l'asportazione dello strato superficiale, compreso la sabbia ed ogni altra fornitura, prestazione ed onere.

Unità di misura **ML**

5.6 REALIZZAZIONE DI PANNELLI DRENANTI PREFABBRICATI

Fornitura e posa in opera di pannello drenante ad alte prestazioni idrauliche e meccaniche. Il pannello sarà posato in profondità in uno scavo a sezione ristretta con sponde verticali e sub-verticali fino a raggiungere la quota prevista per la base del pannello.

Non sono compresi lo scavo di sbancamento per la creazione del piano, lo scavo a sezione obbligata di adeguata larghezza per l'inserimento dei pannelli drenanti, il successivo rinterro con materiale disponibile in loco e lo smaltimento del materiale non utilizzato.

La misurazione verrà effettuata calcolando l'effettivo sviluppo in metri lineari del pannello, misurato dalla quota prevista per la base del pannello fino al piano campagna per una larghezza nominale di 1 mt.

Unità di misura **ML**

5.7 FORNITURA E STESA DI TELI DI GEOTESSILE

Fornitura e stesa di geotessile a marchiatura CE con funzione di separazione, filtrazione dei piani di posa dei rilevati o in opere in terra, (escluso l'utilizzo nella realizzazione di manufatti in terra rinforzata e muri verdi), mediante l'inserimento alla base o in strati intermedi di geotessili, nella direzione di sforzo prevalente.

La misurazione verrà effettuata calcolando con metodo geometrico, l'effettiva superficie del materiale posto in opera.

Unità di misura **MQ**

5.8 TRASPORTI A DISCARICA O DA CAVA DI PRESTITO

I trasporti a Discarica o da Cava di Prestito sono inclusi nei singoli articoli di Elenco Prezzi, fino ad una distanza massima di 5 km dal perimetro del lotto.

Oltre tale distanza viene applicato il relativo sovrapprezzo da Elenco Prezzi, valutato per ogni metro cubo e per ogni km eccedente i primi 5 km.

5.9 DEMOLIZIONE DI MURATURE

Demolizione di Murature di qualsiasi genere, entro e fuori terra e delle strutture in C.A.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente l'effettivo volume dei manufatti interessati dalla demolizione, senza conteggiare i vuoti di area maggiori di 1,00 mq.

Unità di misura **MC**

5.10 DEMOLIZIONE INTEGRALE DI FABBRICATI E DI STRUTTURE IN C.A. E C.A.P.

Demolizione Integrale di Fabbricati e di Strutture in C.A. e C.A.P. di qualsiasi genere, entro e fuori terra.

La misurazione verrà computata conteggiando i volumi, calcolati vuoto per pieno, misurati geometricamente dal filo delle pareti esterne e della copertura, con esclusione di balconi, aggetti, sporgenze o simili.

Unità di misura **MC**

5.11 DEMOLIZIONE DI IMPALCATI IN C.A.P. O STRUTTURE SIMILARI IN C.A., SIA TOTALI CHE PARZIALI E/O A SEZIONE OBBLIGATA

Demolizione di opere d'arte da suddividersi in elementi, quali le travi, da eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità delle parti di struttura sottostante.

Demolizione a sezione obbligata di qualsiasi dimensione eseguite anche in breccia, a qualsiasi altezza, di porzioni di strutture in conglomerato cementizio armato e/o precompresso, di impalcati di opere d'arte e di pile esistenti, per modifiche od allargamenti della sede stradale, per rifacimento di parti di strutture per creare ammorsamenti, per formazione di incavi per l'incastro di travi, per l'alloggiamento di particolari attrezzature, per variazioni della sezione dei cordoli di coronamento ecc.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente i volumi effettivamente interessati dalle demolizioni.

Unità di misura **MC**

5.12 IDRODEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE CORTICALE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SULL'INTRADOSSO ED ESTRADOSSO DEGLI IMPALCATI, COMPRESSE LE SUPERFICI VERTICALI DI SPALLE, PILE, PULVINI, MURI, ECC – PER UNO SPESSORE MEDIO FINO A 3 CM

Idrodemolizione superficiale di strutture in Cemento Armato su superfici sia verticali che orizzontali, sia per l'asportazione delle parti ammalorate che per la preparazione delle zone di attacco tra vecchi e nuovi getti.

Compresa l'eventuale scalpellatura di rifinitura, mediante demolitori leggeri e l'approvvigionamento dell'acqua.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente lo spessore medio del materiale da rimuovere mediante rilievo su un reticolo di 1,00 mt di lato

Unità di misura **MQ fino a 3cm**

Unità di misura **MQxCM per ogni cm in più**

5.13 DEMOLIZIONE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE

Demolizione di Sovrastruttura Stradale comprese le pavimentazioni, da eseguirsi anche in presenza di traffico, la frantumazione del materiale demolito per poterlo adoperare per altri usi stradali, ove ritenuto tecnicamente idoneo ed autorizzato dalla DL.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente lo spessore del materiale da rimuovere misurato per la superficie interessata alla demolizione.

Unità di misura **MC**

5.14 DEMOLIZIONE E ASPORTAZIONE GIUNTI E DELLA PAVIMENTAZIONE IN CORRISPONDENZA DEI GIUNTI

Demolizione e asportazione di pavimentazione a cavallo dei giunti di dilatazione di impalcati di opere d'arte, in presenza o meno degli stessi per qualsiasi larghezza e qualsiasi spessore, fino a raggiungere l'estradosso della soletta.

Demolizione e/o asportazione di esistente struttura e/o apparecchio di giunto di dilatazione su impalcati di opere d'arte, di qualsiasi tipo e dimensione, fino a raggiungere l'estradosso della soletta.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente l'effettivo sviluppo lineare del giunto stesso.

Unità di misura **ML**

.

5.15 SPICCONATURA DI INTONACO

Spicconatura di intonaco mediante l'utilizzo di mezzo meccanico e/o manuale, comprensivo di ogni mezzo provvisorio.

La misurazione verrà computata misurando geometricamente la superficie da rimuovere misurata vuoto per pieno, salvo la detrazione dei vani di superficie superiori a 2,00mq.

Unità di misura **MQ**

5.16 RIMOZIONE E DEMOLIZIONE STRUTTURE IN ACCIAIO

La rimozione, demolizione e/o smontaggio di strutture dovrà procedere in maniera da non compromettere la stabilità delle strutture interessate e di quelle di collegamento. Sono comprese eventuali opere provvisorie di rafforzamento e puntellamento, tutte le attrezzature necessarie alla demolizione, il trasporto del materiale fino ad area da concordarsi.

La misurazione verrà effettuata misurando geometricamente i vari elementi componenti i manufatti di acciaio rimossi, suddivisi per tipologia di profilato, o la dimensione e lo spessore nel caso di lamiere, moltiplicato per il peso specifico di 7,85 kg/dmc indicato nel D.M. 14 gennaio 2008

Unità di misura **KG**

6 CONTROLLO

6.1 DISPOSIZIONI GENERALI

La seguente specifica si applica ai vari tipi di rilevato costituenti l'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, terre, calci, cementi, etc.) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla D.L., i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio Ufficiale e comunque secondo quanto prescritto dalla Circ. ANAS n° 14/1979.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o 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 in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale.

I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

La frequenza minima delle prove ufficiali sarà quella indicata nella allegata Tabella 2, la frequenza delle prove di cantiere, sarà imposta dalle puntuali verifiche che il programma di impiego dei materiali, approvato preventivamente dalla D.L., vorrà accertare.

I materiali da impiegare a rilevato, sono caratterizzati e classificati secondo le Norme CNR-UNI 10006/63, e riportati nell'allegata Tabella 1.

La normativa di riferimento per esercitare i controlli conseguenti, sono indicati nel seguente prospetto:

Categorie di lavoro e materiali	Controlli previsti	Normativa di riferimento
Movimenti di terra		D.M. 11.03.1988 C.LL.PP. n.30483 del 24.09.1988
Piani di posa dei rilevati	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
Piani di posa delle fondazioni stradali in trincea	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
Formazione dei rilevati	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito Prova di carico su piastra CBR Impiego della calce	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 B.U.- C.N.R. n.22 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.36 A VII

6.2 PROVE DI LABORATORIO

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova di costipamento con energia AASHO Modificata (UNI 13286);

la caratterizzazione e frequenza delle prove è riportata in Tabella 2.

6.3 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, inviando i campioni di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio Compartimentale previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modo più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti ; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

La frequenza e le modalità delle prove sono riportate nella Tabella 2.

6.4 PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA

Sul piano di posa del rilevato nonché nei tratti in trincea, si dovrà procedere, prima dell'accettazione, al controllo delle caratteristiche di deformabilità, mediante prova di carico su piastra (CNR 146-1992) e dello stato di addensamento (massa volumica in sito, CNR 22 - 1972). La frequenza delle prove è stabilita in una prova ogni 2000 mq, e comunque almeno una per ogni corpo di rilevato o trincea.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La D.L. potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione, ecc.).

Il controllo della strato anticapillare sarà effettuato con le stesse frequenze per i singoli strati del rilevato, e dovrà soddisfare alle specifiche riportate al punto 4.3.3.

Tabella 1 Formazione del Rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali

Prospetto I - Classificazione delle terre													
Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri
	A 1		A 3	A 2				A 4	A 5	A 6	A 7		
Gruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6	
Analisi granulometrica. Frazione passante allo staccio 2mm 0,4mm 0,063	≤50 ≤30 ≤15	- ≤50 ≤25	- > 50 ≤10	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- ≤35	- > 35	- > 35	- > 35	- > 35	- > 35	- > 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI2332 Limite liquido Indice di plasticità	- ≤6	- N.P.	≤40 ≤10	> 40 ≤ 10max	≤40 > 10	> 40 > 10	≤40 > 10	≤40 ≤10	> 40 ≤10	≤40 > 10	> 40 > 10 (IP ≤ IL-30)	> 40 > 10 (IP > LL-30)	
Indice di gruppo	0	0	0	≤ 4			≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grassa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi poco compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono							Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve		Media				Molto elevata		Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo		Nullo o lieve				Lieve o medio		Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa					Scarsa o nulla					
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabile		Aspri al tatto - Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento* - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento* - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di color bruno o nero - Facilmente individuabili a vista

* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che comparirà comprimendo il campione fra le dita.

TABELLA 2 Frequenza delle prove

Tipo di prova	Rilevati Stradali				Terre Rinforzate	
	<i>Corpo del rilevato</i>		<i>Ultimo strato di cm 30</i>		primi 5000 m ³	successivi m ³
	primi 5000 m ³	successivi m ³	primi 5000 m ³	successivi m ³		
Classificazione UNI 13242 UNI 14688 UNI 13285	500	10000	500	2500	500	5000
Costipamento AASHO Mod. UNI 13286	500	10000	500	2500	500	5000
Massa volumica in sito B.U. CNR n.22	250	5000	250	1000	250	1000
Prova di carico su piastra CNR 9 - 67	*	*	500	2000	1000	5000
Controllo umidità	**	**	**	**	**	**
Resistività	*	*	*	*	500	5000
pH	*	*	*	*	500	5000
Solfati e cloruri	*	*	*	*	5000	5000
* Su prescrizione delle Direzione Lavori						
** Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali e alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato						

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati

6.5 CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI DA DEMOLIZIONE EDILE

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

6.5.1 Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (UNI 13286);
- determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009);
- verifica della sensibilità al gelo (CNR BU n° 80/80), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A);
- prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale da porre in opera.

6.5.2 Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

6.6 CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI INDUSTRIALI – SCORIE

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

6.6.1 Prove di laboratorio

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (UNI 13286);
- determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità);
- analisi granulometrica;
- determinazione dell'attività.

La determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità) e del tenore di acqua, la granulometria e l'attività verranno determinate ogni 200 t di materiale.

6.6.2 Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
 - Prova di carico con piastra circolare;
- Sarà effettuata una prova ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

6.7 TELO GEOTESSILE "TESSUTO NON TESSUTO"

Le normative di riferimento UNI EN maggiormente impiegate per l'esecuzione delle prove sui geotessili sono:

Campionatura CARATTERISTICA	RIFERIMENTO
Caratteristiche richieste per l'impiego nei sistemi drenanti	UNI EN 13252
Prova di punzonamento statico (metodo CBR)	UNI EN ISO 12236
Prova di trazione a banda larga	UNI EN ISO 10319
Caratteristiche richieste per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazioni e nelle strutture di sostegno	UNI EN 13251
Identificazione in sito	UNI EN ISO 110320
Caratteristiche richieste per l'impiego nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse ferrovie e l'inclusione in conglomerati bituminosi)	UNI EN 13249
Massa Areica	UNI EN ISO 9864
Spessore	UNI EN ISO 9863-1
Apertura dei pori	UNI EN ISO 12956
Permeabilità perpendicolare all' acqua indice VH2050	UNI EN ISO 11058

Tra le prove eseguite rientrano anche quelle che il CSS svolge in veste ufficiale (campioni inviati dai Compartimenti).

Queste norme aggiornano e sostituiscono le CNR 110-111 del 1985 e le CNR da 141 a145 del 1992 oltre alle norme UNI (gruppo UNITEX).

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La D.L., a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

6.8 CONTROLLO SCAVI

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la DL, in contraddittorio con l'impresa, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

a) Prove di laboratorio

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

Terre:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale di acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

Rocce:

- resistenza a compressione monoassiale;

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue:

- ogni 500 m³ di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni qualvolta richiesto dalla DL.

b) Prove in sito

Terre:

si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Rocce:

si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni.

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

6.9 CONTROLLO DRENI PREFABBRICATI

a) Controllo dei materiali

Il produttore alleggerà ad ogni lotto una certificazione del prodotto dove saranno riportate le caratteristiche del materiale conformi a quanto specificato dal presente capitolato.

b) Attrezzature d'infissione

L'impresa dovrà presentare, prima dell'inizio dei lavori e per conoscenza, alla D.L. una relazione tecnica riguardante le metodologie scelte per la realizzazione dei dreni e le caratteristiche delle attrezzature.

Qualora si preveda di impiegare sonde a rotazione o a rotopercolazione, la D.L. dovrà approvare specificatamente l'impiego di tali attrezzature.

Durante la posa in opera dovrà essere redatta una apposita scheda sulla quale dovrà essere riportata la effettiva lunghezza installata per ciascun dreno.

Si dovrà riportare inoltre la posizione planimetrica rispetto agli elaborati di progetto, e che questa non si discosti più di 10 cm dalla suddetta posizione.

6.10 CONTROLLO DRENI IN SABBIA

a. Qualifica dei materiali

L'Impresa per ogni lotto fornito, e comunque ogni 100 m³ di sabbia, dovrà effettuare prove granulometriche atte a verificare la conformità della partita alla granulometria specificata negli elaborati progettuali.

In assenza di tali specifiche, si adotterà il fuso riportato nel punto 2.7.8.4. del presente capitolato.

b. Attrezzature d'impiego

Qualora si preveda di impiegare fluidi di perforazione diversi da acqua o additivi di questa, si richiederà l'approvazione specifica della DL.

c. Fase esecutiva

In fase esecutiva per ogni dreno si dovrà compilare una scheda sulla quale verranno riportate:

- discordanza con la posizione di progetto, che comunque non dovrà essere superiore a 10 cm;
- profondità raggiunta dalla perforazione;
- quantitativo complessivo di sabbia immessa;
- caratteristiche della certificazione relativa al lotto di materiale granulare;
- caratteristiche delle attrezzature di perforazione;
- fluido impiegato per la perforazione.

7 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.Lgs. 81/08 e s.m.i. "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.Lgs. 152/2006 e s.m.i. "Norme in materia ambientale".

Norme Tecniche per le costruzioni (semplicemente chiamate NTC).



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.14 - Rev. 1.0

Murature

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.14 - Rev.1.0
Murature

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



1 SOMMARIO

1.	GENERALITÀ	4
2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE LAVORAZIONI	4
3.	MODALITÀ ESECUTIVE	5
3.1.	MALTE E INTONACI	5
3.2.	MURATURE DI MATTONI	5
3.3.	MURATURE DI PIETRAME A SECCO	5
3.4.	MURATURE DI PIETRAME E MALTA	6
3.5.	MURATURE DI CALCESTRUZZO CON PIETRAME ANNEGATO (CALCESTRUZZO CICLOPICO)	7
3.6.	MURATURE IN PIETRA DA TAGLIO	8
3.7.	MURATURA IN BLOCCHI DI CLS	9
3.7.1.	Tecniche di base per la posa	9
3.7.1.1.	Filo orizzontale	9
3.7.1.2.	Posa del Primo Corso	9
3.7.1.3.	Posa a giunti sfalsati ed a giunti verticali allineati (a sorella)	10
3.8.	INTONACI	10
3.8.1.1.	Intonaci eseguiti a mano	10
3.8.2.	Intonaci eseguiti a spruzzo (gunita)	11
4.	PROVE E CONTROLLI	11
4.1.	CONTROLLI DOCUMENTALI	11
4.2.	PROVE DI ACCETTAZIONE	11
4.3.	CONTROLLI SULLA ESECUZIONE	12
5.	PROVE DI CARICO E COLLAUDO	12
6.	MANUTENZIONE	12
7.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	12
8.	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	12
8.1.	NORME GENERALI	12
8.2.	CRITERI DI MISURA	13
8.2.1.	Realizzazione di murature	13
8.2.2.	Lavorazioni a faccia vista, stilatura di giunti, intonaci e rivestimenti	13



1. GENERALITÀ

Il presente capitolato si applica alle murature portanti, portanti e non, e agli intonaci.

Le murature comprese nel presente capitolato sono:

- murature di mattoni;
- murature di pietrame a secco;
- murature di pietrame e malta;
- murature di calcestruzzo con pietrame annegato;
- murature in pietra da taglio;
- muratura con blocchi di calcestruzzo.

Per le murature portanti si applicano le prescrizioni di cui al cap. 11.10 delle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC) integrate con le prescrizioni del presente capitolato.

Per le murature non portanti e per gli intonaci si applicano solo le prescrizioni del presente capitolato.

Ai sensi delle NTC tutti gli elementi costituenti una muratura portante dovranno recare la marcatura CE.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC e nel presente capitolato.

2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E DELLE LAVORAZIONI

Per le murature portanti si utilizzeranno elementi di categoria I ai sensi del par. 11.10.1 delle NTC.

Per le malte e per gli intonaci si utilizzeranno soltanto prodotti premiscelati.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della Direzione Lavori le relative schede tecniche o, laddove ritenuto necessario dalla Direzione Lavori, elementi campione rappresentativi degli elementi da impiegare nella costruzione.

Riguardo al magistero ed alla lavorazione della faccia vista e/o della pietra da taglio, ferme restando le prescrizioni di seguito indicate, viene stabilito che l'Appaltatore è obbligato a preparare, a proprie cure e spese, i campioni delle diverse lavorazioni per sottoporli all'approvazione della Direzione dei Lavori. Senza tale approvazione, l'Appaltatore non può dar mano alla esecuzione dei paramenti delle murature di pietrame.



L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei campioni, delle prove e delle schede ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

3. MODALITÀ ESECUTIVE

3.1. MALTE E INTONACI

Il dosaggio dei materiali e dei leganti verrà effettuato con mezzi meccanici suscettibili di esatta misurazione e controllo che l'Appaltatore dovrà mantenere efficienti a sua cura e spese.

Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato; gli impasti residui che non avessero immediato impiego saranno portati a rifiuto.

3.2. MURATURE DI MATTONI

I materiali, all'atto dell'impiego, dovranno essere abbondantemente bagnati per immersione sino a sufficiente saturazione.

Essi dovranno essere messi in opera a regola d'arte, con le connessure alternate in corsi ben regolari, saranno posti sopra uno strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta riempia tutte le connessure fuoriuscendo leggermente dai bordi.

La larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di 1 cm, né minore di 1/2 cm.

Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto si dovrà aver cura di scegliere, per le facce esterne, i mattoni di migliore cottura a spigolo vivo, meglio formati e di colore uniforme, disponibili con perfetta regolarità di piani a ricorrere ed alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento le connessure di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di 5 mm e, previa la loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica e diligentemente compresse e lisciate con apposito ferro, senza sbavature.

3.3. MURATURE DI PIETRE A SECCO

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma più che sia possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda. Le pietre saranno collocate in opera in modo che contrastino e si concatenino fra loro il più possibile scegliendo per i paramenti quelle di dimensioni non inferiori a 20 cm di lato, e le più adatte per il migliore combaciamento.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali. Nell'interno della muratura, si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire interstizi fra pietra e pietra.

Per i cantonali si useranno le pietre di maggiori dimensioni e meglio rispondenti allo scopo. La rientranza delle pietre del paramento non dovrà mai essere inferiore all'altezza del corso. Inoltre si disporranno frequentemente pietre di lunghezza tale da penetrare nello spessore della muratura.



A richiesta della Direzione dei Lavori l'Appaltatore dovrà lasciare opportune feritoie regolari e regolarmente disposte, anche in più ordini, per lo scolo delle acque.

La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno, in controripa, o comunque isolati, sarà sempre coronata con una copertina di muratura di malta o di calcestruzzo, delle dimensioni che, di volta in volta, verranno fissate dalla Direzione dei Lavori.

3.4. MURATURE DI PIETRAMI E MALTA

La muratura di pietrame con malta cementizia dovrà essere eseguita con elementi di pietrame delle maggiori dimensioni possibili e, ad ogni modo, non inferiore a 25 cm in senso orizzontale, 20 cm in senso verticale e 30 cm di profondità.

Per i muri di spessore di 40 cm si potranno avere alternanze di pietre minori.

Le pietre, prima del collocamento in opera, dovranno essere diligentemente pulite ove occorra, a giudizio della Direzione dei Lavori, lavate.

Nella costruzione della muratura, le pietre dovranno essere battute col martello e rinzeppate diligentemente con scaglie e con abbondante malta, così che ogni pietra resti avvolta dalla malta stessa e non rimanga alcun vano od interstizio.

Per le facce viste delle murature di pietrame, secondo gli ordini della Direzione dei Lavori, potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta);
- a mosaico grezzo;
- con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;
- con pietra squadrata a corsi regolari.

Nel paramento con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta), il pietrame dovrà essere scelto diligentemente e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana. Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere spianate e adattate con il martello, in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di 10 cm.

Nel paramento a mosaico grezzo, le facce viste dei singoli pezzi dovranno essere ridotte, col martello a punta grossa, a superficie piana poligonale; i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a corsi pressoché regolari, il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e quadrati, sia col martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro e quelle di



combaciamento normali a quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate alla prova del regolo rientranze o sporgenze non maggiori di 15 millimetri.

Nel paramento a corsi regolari, i conci dovranno essere resi perfettamente piani e squadri, con la faccia vista rettangolare, lavorata a grana ordinaria; essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero eguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra due corsi successivi non maggiori di 5 cm.

La Direzione dei Lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari del paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza con quelli della pietra da taglio.

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari, quanto in quello a corsi regolari, non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno due terzi della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà essere mai minore di 15 cm nei giunti verticali.

La rientranza dei singoli pezzi non sarà mai minore della loro altezza, né inferiore a 30 cm; l'altezza minima dei corsi non dovrà essere mai minore di 20 cm.

In entrambi i paramenti a corsi, lo spostamento di due giunti verticali consecutivi non dovrà essere minore di cm 10 e le connessure avranno larghezza non maggiore di un centimetro.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le connessure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere e da qualche altra materia estranea, lavandole a grande acqua e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Il nucleo della muratura dovrà essere costruito sempre contemporaneamente ai rivestimenti esterni.

3.5. MURATURE DI CALCESTRUZZO CON PIETRAMME ANNEGATO (CALCESTRUZZO CICLOPICO)

Il calcestruzzo ciclopico potrà essere impiegato per determinate opere murarie (muri di sostegno, sottoscarpa, riempimento di cavi o pozzi di fondazioni, briglie, ecc.).



Il pietrame annegato nel calcestruzzo dovrà essere di dimensioni non superiori a 1/3 dello spessore della muratura. Il pietrame dovrà presentarsi ben spigolato, scevro da ogni impurità, bagnato all'atto dell'impiego e non dovrà rappresentare un volume superiore al 40% del volume della muratura.

3.6. MURATURE IN PIETRA DA TAGLIO

La pietra da taglio nelle costruzioni delle diverse opere dovrà presentare la forma e le dimensioni di progetto, ed essere lavorata norma delle prescrizioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori all'atto dell'esecuzione, nei seguenti modi:

- a grana grossa;
- a grana ordinaria;
- a grana mezzo fina;
- a grana fina.

Per pietra da taglio a grana grossa si intenderà quella lavorata semplicemente con la grossa punta senza far uso della martellina per lavorare le facce viste, né dello scalpello per ricavarne gli spigoli netti.

Verrà considerata come pietra da taglio a grana ordinaria quella le cui facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi.

La pietra da taglio si intenderà infine lavorata a grana mezzo fina e a grana fina, secondo che le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani o a denti finissimi.

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati, in modo che le connessioni fra concio e concio non eccedano la larghezza di 5 mm per la pietra a grana ordinaria e di 3 mm per le altre.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorati a grana fina. Non saranno tollerate né smussature agli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse difetti verrà rifiutata e l'Appaltatore sarà in obbligo di farne l'immediata surrogazione, anche se le scheggiature od ammanchi si verificassero, sia al momento della posa in opera, sia dopo e sino al collaudo.

Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari consegnati all'Appaltatore, od alle Istruzioni che all'atto dell'esecuzione fossero eventualmente date dalla Direzione dei Lavori. Inoltre, ogni concio dovrà essere sempre lavorato in modo da potersi collocare in opera secondo gli originali letti di cava.

Per la posa in opera si potrà fare uso di zeppe volanti, da togliere però immediatamente quando la malta rifluisce nel contorno della pietra battuta a muzzuolo sino a prendere la posizione voluta.



La pietra da taglio dovrà essere messa in opera con malta dosata a 400 Kg di cemento normale per metro cubo di sabbia e, ove occorra, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe ed arpioni di rame, saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le connesure delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

3.7. MURATURA IN BLOCCHI DI CLS

È necessario verificare inizialmente lo stato del piano di posa; quest'ultimo, deve essere perfettamente livellato per non pregiudicare l'allineamento dei corsi. Naturalmente deve essere preparato in maniera tale da sopportare il carico della struttura muraria in costruzione. Se la struttura lo prevede, si decide il passo degli irrigidimenti verticali ricavati all'interno della muratura, in cui vengono posizionati i ferri di richiamo che partono dalle travi portamuro.

Se non già previsti si può procedere facendo i fori nel piano di posa fissando le chiamate di ripresa con resine o malta di inghisaggio.

Le riprese vanno eseguite in corrispondenza delle nervature verticali previste nella muratura.

Per gli allineamenti e filo orizzontale si traccia il muro sul piano di partenza utilizzando fili colorati battuti avendo come

riferimenti il punto di partenza del muro e il punto di arrivo.

Dall'alto viene fatto cadere il piombo e viene fissato sul piano di partenza. Il piombo dà l'allineamento verticale del muro.

3.7.1. Tecniche di base per la posa

3.7.1.1. Filo orizzontale

Il posizionamento del filo orizzontale tiene conto della necessità di mantenere la quota del "modulo" in altezza del blocco. Il filo si sposta in altezza secondo il modulo del blocco. Il corso successivo deve tenere il bordo superiore del blocco allineato al filo.

3.7.1.2. Posa del Primo Corso

La prima cosa da fare è misurare l'altezza del muro dal piano di posa al solaio. Eventuali piccole differenze fra la modularità dei blocchi e l'altezza del muro possono essere recuperate o nel primo strato di malta o distribuite sullo spessore dei giunti orizzontali successivi; quando tali differenze sono consistenti è consigliabile tagliare i blocchi destinati all'ultimo corso. Si inizia con la posa del primo corso.

È importante avere, ad inizio e fine muro, correttamente posizionati, sia il calandro verticale che il filo orizzontale. Il calandro verticale è il primo ad essere posizionato, l'orizzontale va ad indicare l'altezza del muro.



Si controlla la dimensione della parete e si verifica, sulla base della lunghezza/altezza del blocco il numero dei blocchi necessari a coprire tutto lo specchio della parete. 20 cm.

Si stende la malta nel piano di posa su due fasce parallele in corrispondenza delle costole esterne del blocco. Si stende la malta, con il blocco verticale, sui corrimalta se presenti o sulla superficie laterale. Quindi si posa il blocco sui due letti di malta precedentemente stesi e lo si alloggia battendo con la cazzuola per ottenere gli allineamenti.

Eventuale malta in eccesso dovrà essere asportata utilizzando la cazzuola.

I blocchi vanno posati capovolti con il corrimalta orizzontale rivolto verso l'alto. È importante che la posa dei blocchi parta in corrispondenza di un angolo o da una estremità della muratura.

La prima fase è il posizionamento dei calandri verticali. Quello sull'angolo si può fare posizionando delle fodere in legno

a piombo oppure più semplicemente facendo cadere il piombo. I calandri orizzontali sono da tenere all'esterno della muratura.

Sollevati i calandri secondo il modulo verticale del blocco, ci si appresta alla posa del corso successivo. Dato l'allineamento, si ricorre alla bolla e al piombo. In genere si usa il piombo. In genere si usa il piombo dopo i primi 5 o 6 corsi. Si usa la bolla nei due sensi per dare il corretto posizionamento.

Per la posa del secondo corso, se la parete supera i 10 m di lunghezza, la prima cosa da fare è il punto di appoggio del filo posizionando un blocco a metà della parete per evitare che flettendosi non mantenga la modularità nell'altezza del secondo corso.

Normalmente i blocchi vanno posati a giunti verticali sfalsati o allineati "a sorella" in alcuni casi.

3.7.1.3. Posa a giunti sfalsati ed a giunti verticali allineati (a sorella)

Si parte con la stesura della malta dall'inizio della parete. Si stende la malta sui primi due blocchi del primo corso e quindi si inizia la posa con il mezzo blocco per sfalsare la posa del secondo corso. Si utilizza la bolla per dare gli allineamenti verticale - orizzontale, quindi si prosegue con la posa dei blocchi successivi.

3.8. INTONACI

Gli intonaci verranno eseguiti dopo accurata pulizia, bagnatura delle pareti e formazione di fasce di guida in numero sufficiente per ottenere la regolarità delle superfici.

A superficie finita non dovranno presentare screpolature, irregolarità, macchie; le fasce saranno regolari ed uniformi e gli spigoli eseguiti a regola d'arte.

Sarà cura dell'Appaltatore mantenere umidi gli intonaci eseguiti, quando le condizioni locali lo richiedono.

3.8.1.1. Intonaci eseguiti a mano



Nelle esecuzioni di questo lavoro, verrà applicato un primo strato di circa 12 mm di malta (rinzaffo), gettato con forza in modo da aderire perfettamente alla muratura. Quando questo primo strato sarà alquanto consolidato, si applicherà il secondo strato che verrà steso con la cazzuola e regolarizzato con il fratazzo.

Lo spessore finito dovrà essere di 20 mm; qualora però, a giudizio della Direzione dei Lavori, la finitura dei getti e delle murature lo consenta, potrà essere limitato a 10 mm e, in tal caso, applicato in una volta sola.

3.8.2. Intonaci eseguiti a spruzzo (gunite)

Prima di applicare l'intonaco l'Appaltatore avrà cura di eseguire mediante martelli ad aria compressa, muniti di appropriato utensile, la "spicconatura" delle superfici da intonacare, alla quale seguirà un efficace lavaggio con acqua a pressione ed occorrendo sabbiatura ad aria compressa.

Le sabbie da impiegare saranno silicee, scevre da ogni impurità ed avranno un appropriato assortimento granulometrico preventivamente approvato dalla Direzione dei Lavori.

L'intonaco potrà avere lo spessore di 20 o 30 mm e sarà eseguito in due strati, il primo dei quali sarà rispettivamente di 12 o 18 mm circa. Il getto dovrà essere eseguito con la lancia in posizione normale alla superficie da intonacare e posta a distanza di 80 90 cm dalla medesima. La pressione alla bocca dell'ugello di uscita della miscela sarà di circa 3 atmosfere.

Qualora si rendesse necessario, la Direzione dei Lavori potrà ordinare l'aggiunta degli idonei additivi per le qualità e dosi di volta in volta verranno stabilite, od anche l'inclusione di reti metalliche elettrosaldate in fili d'acciaio, di caratteristiche che saranno precisate dalla Direzione dei Lavori.

In quest'ultimo caso, l'intonaco potrà avere spessore di 30 40 mm.

4. PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

Per le murature portanti i controlli e le prove saranno conformi alla Classe di esecuzione della muratura (rif par. 4.5.6.1 delle NTC) definita nel progetto esecutivo. In mancanza di tale definizione si assumerà comunque una Classe di esecuzione della muratura pari a 1.

4.1. CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli per le murature portanti previsti nei par. 11.10 delle NTC.

4.2. PROVE DI ACCETTAZIONE

Controlli per i materiali costituenti le murature portanti previsti nei par. 11.10.1 e 11.10.2 delle NTC.

Controlli sui campioni previsti nel presente capitolato.



Determinazione dei parametri meccanici delle murature portanti a discrezione della direzione Lavori secondo il par. 11.10.3 delle NTC.

4.3. CONTROLLI SULLA ESECUZIONE

La Direzione Lavori verificherà che l'esecuzione dell'opera avvenga secondo le indicazioni contenute nel presente capitolato.

Per le murature portanti la Direzione Lavori accerterà che sussistano le condizioni necessarie alla attuazione della Classe di esecuzione della muratura (rif par. 4.5.6.1 delle NTC) indicata nel progetto esecutivo. In mancanza di tale indicazione si assumerà comunque una Classe di esecuzione della muratura pari a 1.

5. PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture portanti in muratura alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

6. MANUTENZIONE

Il "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" conterrà anche:

- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione.
- La frequenza delle ispezioni periodiche e principali.

7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Vigenti Norme Tecniche per le costruzioni e le norme UNI EN ivi richiamate

8. MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

8.1. NORME GENERALI

Resta stabilito che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.



Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da predisporre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.
- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

8.2. CRITERI DI MISURA

8.2.1. Realizzazione di murature

Per la misurazione di quanto realizzato, oltre a fare riferimento a quanto descritto nelle relative voci di Elenco Prezzi, si fa presente che la misurazione verrà effettuata geometricamente in base a misure prese sul "vivo" dei muri per il volume o superficie effettivamente realizzati, esclusi gli intonaci e detraendo i vuoti di area superiore ad 1 mq, qualunque sia lo spessore della muratura.

8.2.2. Lavorazioni a faccia vista, stilatura di giunti, intonaci e rivestimenti



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.14 - Rev.1.0
Murature

Per le lavorazioni a faccia vista, la stilatura dei giunti con malta cementizia, la realizzazione di Intonaco a mano e/o spruzzato e rivestimento di murature con lastre in pietra da taglio, mattoni, lastre in cls, piastre in porfido, elementi di pietra dura, ecc.

La misurazione verrà effettuata su superfici piane, curve e inclinate, valutando lo sviluppo geometrico delle pareti interessate alla lavorazione e detraendo i vuoti di area superiore ad 1 mq



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.15 - Rev. 1.0

Fondazioni profonde

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.15 - Rev.1.0
Fondazione profonde

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



SOMMARIO

1	PREMESSA	6
2	CLASSIFICAZIONE	7
2.1	DIAFRAMMI E PALANCOLE	7
2.2	PALI E MICROPALI	7
2.3	FONDAZIONI A POZZO	8
3	CARATTERISTICHE, MODALITA' DI ESECUZIONE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE	8
3.1	DIAFRAMMI E PALANCOLE	8
3.1.1	DIAFRAMMI	9
3.1.1.1	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA	9
3.1.1.2	CONTROLLI NON DISTRUTTIVI	10
3.1.1.3	Prove geofisiche	10
3.1.1.4	Carotaggio continuo meccanico	11
3.1.1.5	PROVE DI CARICO PER I SOLI ELEMENTI DI DIAFRAMMA CON FUNZIONE PORTANTE VERTICALE	11
3.1.1.6	PROVE DI CARICO LATERALE	12
3.1.1.7	PROVE SU PANNELLI STRUMENTATI	12
3.1.2	PALANCOLE	13
3.1.2.1	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA	13
3.1.3	MATERIALI DA UTILIZZARE	14
3.1.3.1	CONGLOMERATO CEMENTIZIO	14
3.1.3.2	ARMATURE METALLICHE	14
3.1.3.3	PALANCOLE METALLICHE	14
3.2	PALI E MICROPALI	14
3.2.1	PALI TRIVELLATI	15
3.2.1.1	Pali trivellati con rivestimento provvisorio:	15
3.2.1.2	Pali trivellati con fanghi (bentonitici o biodegradabili o polimerici)	15
3.2.1.3	Pali trivellati ad elica continua	16
3.2.1.4	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI TRIVELLATI	17
3.2.2	PALI INFISSI	18
3.2.2.1	Pali infissi prefabbricati:	19



3.2.2.2	Pali infissi gettati in opera	20
3.2.2.3	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI INFISSI	20
3.2.3	PALI FDP (FULL DISPLACEMENT PILES)	21
3.2.3.1	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI FDP	22
3.2.4	MICROPALI O PALI TRIVELLATI DI PICCOLO DIAMETRO	23
3.2.4.1	Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione:	23
3.2.4.2	Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione:	24
3.2.5	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU MICROPALI	24
3.2.6	MATERIALI DA UTILIZZARE	26
3.3	POZZI DI FONDAZIONE	26
3.3.1	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SUI POZZI	27
4	PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI	27
4.1	PROVE DI CARICO	27
5	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	29
5.1	NORME GENERALI	29
5.2	CRITERI DI MISURA	29
5.2.1	DIAFRAMMI E PALANCOLATE	30
5.2.2	PALI	30
5.2.3	POZZI	31
6	NON CONFORMITA'	32
7	COLLAUDO	32
8	MANUTENZIONE	32
9	NORMATIVE E RIFERIMENTI	33
10	APPENDICE	33
10.1	CONTROLLI SUI FANGHI	33
10.1.1	CONTROLLO DEL FANGO BENTONITICO	33
10.1.2	CONTROLLO DEL FANGO BIODEGRADABILE	34
10.1.3	CONTROLLO DEL FANGO POLIMERICO	35
10.2	TECNICA DI PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI	35
10.2.1	PROVE SU PALI DI GRANDE DIAMETRO	35
10.2.1.1	PROVE DI CARICO ASSIALE E/O PROVE DI VERIFICA	35
10.2.1.2	Attrezzatura e dispositivi di prova	36



10.2.1.3	Preparazione ed esecuzione della prova	37
10.2.1.4	Programma di carico	38
10.2.1.5	Risultati della prova	39
10.2.1.6	PROVE DI CARICO SU PALI STRUMENTATI	40
10.2.1.7	Attrezzature e dispositivi di prova	41
10.2.1.8	Preparazione ed esecuzione della prova	42
10.2.1.9	PROVE DI CARICO LATERALE	42
10.2.1.10	PROVE DI PROGETTO SU PALI PILOTA	43
10.2.2	PROVE DI CARICO SU MICROPALI	44
10.2.2.1	PROVE DI CARICO ASSIALE	44
10.2.2.2	Attrezzature e dispositivi di prova	45
10.2.2.3	Programma di carico	46
10.2.2.4	Risultati delle prove	47



1 PREMESSA

Le strutture che si andranno ad esaminare in questo capitolato hanno particolare importanza per la loro interazione con il terreno e sono utilizzate per trasmettere i carichi al terreno al fine di fornire stabilità e rigidità alle strutture in elevazione, o per contrastare le spinte del terreno.

Prioritariamente quando è necessario trasmettere i carichi a strati più resistenti o comunque trasferirli principalmente in profondità, si ricorre a fondazioni su pali, cioè elementi allungati, generalmente in calcestruzzo o in acciaio.

In questo tipo di fondazione il carico è trasmesso al terreno per attrito e/o adesione laterale lungo il fusto ed in parte per pressione al di sotto della punta.

La scelta di optare per una fondazione su pali è dovuta in genere alla presenza di terreni di scarse caratteristiche geotecniche (in termini di capacità portante e cedimenti) in superficie.

In linea generale i pali si dividono in infissi, trivellati e con tubo forma infisso e successivo getto di cls in opera. Solo nel caso dei trivellati, durante la realizzazione si ha asportazione del terreno.

La scelta della tipologia di pali da impiegare dipende da alcuni fattori come:

- natura del terreno;
- entità dei carichi da trasmettere al terreno;
- modifiche indotte dalla realizzazione dei pali (funzione della tecnologia);
- attrezzature disponibili in relazione agli spazi di manovra;
- effetti sulle costruzioni adiacenti (se presenti)

Questi vincoli infatti comportano che:

- i pali infissi non sono adatti in terreni ad alta resistenza od in terreni eterogenei con trovanti;
- l'infissione comporta benefico addensamento solo se eseguito in terreni incoerenti; nei terreni coesivi saturi, l'infissione infatti incrementa solo le pressioni neutre senza addensare (agli eccessi può liquefare il terreno);
- l'infissione comporta l'impiego di attrezzature di grandi dimensioni e determina trasmissione di vibrazioni;
- la realizzazione di pali, specie se realizzati in opera (e non prefabbricati) richiede maestranze specializzate.

Conseguentemente la scelta operata dal progettista relativamente a queste strutture di fondazione risulta fondamentale per la corretta esecuzione dell'opera sovrastante.



Il presente Capitolato intende fornire le caratteristiche, i criteri di controllo ed accettazione sui materiali da utilizzarsi per la corretta esecuzione delle opere in argomento.

Pur nella consapevolezza della responsabilità del progettista dell'opera nella scelta tipologica delle strutture di sottofondazione, nel prosieguo vengono analizzate le tipologie che ANAS ritiene tecnicamente e più comunemente oggi utilizzate.

2 CLASSIFICAZIONE

2.1 DIAFRAMMI E PALANCOLE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.01.030 a B.01.040
- da B.01.021 a B.01.022.g

Per diaframma si intende un'opera costituita da una serie di pannelli in calcestruzzo semplice o armato, gettati in opera o prefabbricati, collegati tra di loro mediante vincoli di vario genere, per la difesa di fondazioni di opere preesistenti o da costruire, per pareti di contenimento, per difese fluviali e traverse in alveo.

Con palanca si definisce un diaframma realizzato mediante infissione nel terreno di profilati metallici, di sezione generalmente a forma di U aperta, i cui bordi laterali, detti gargami, sono sagomati in modo da realizzare una opportuna guida all'infissione del profilato adiacente disposto in posizione simmetricamente rovesciata.

In genere le palancole metalliche vengono utilizzate per realizzare opere di sostegno provvisorio di scavi di modesta profondità, con particolare riferimento alla necessità di garantire l'impermeabilità delle opere medesime all'acqua (scavi sotto falda, scavi in alveo, ecc.).

2.2 PALI E MICROPALI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.02.020 a B.02.055.b
- da B.02.080 a B.02.135.2.d

Con la denominazione di "pali" si intendono le sottofondazioni cilindriche aventi diametro > 300 mm; per diametri inferiori si parla di "micropali".



Dal punto di vista esecutivo, i pali si suddividono in:

- **Pali trivellati**
- **Pali infissi**

I pali trivellati sono ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

I pali infissi vengono realizzati mediante battitura di manufatti prefabbricati o gettati in opera. L'adozione di pali infissi è condizionata da una serie di fattori geotecnici ed ambientali tra i quali:

- vibrazioni, rumori, spostamenti verticali e/o orizzontali del terreno causati dall'infissione;
- eventuali interferenze con i pali adiacenti.

Con micropali o pali trivellati di piccolo diametro si identificano i pali trivellati realizzati con perforazioni di piccolo diametro ($d \leq 250$ mm) ed armatura metallica, connessi al terreno mediante:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

2.3 FONDAZIONI A POZZO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- da B.01.010.1 a B.01.020

Dove particolari esigenze impongano il raggiungimento di strati consistenti a notevole profondità per la formazione di manufatti, o di opere a difesa della sede stradale, con l'attraversamento di terreni in frana o comunque di scarsa stabilità, **è previsto l'impiego di pozzi**, a pianta circolare od ellittica ed eventualmente poligonale a seconda delle indicazioni di progetto.

3 CARATTERISTICHE, MODALITA' DI ESECUZIONE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

3.1 DIAFRAMMI E PALANCOLE



3.1.1 DIAFRAMMI

Preliminarmente alla esecuzione dei lavori l'Impresa sarà tenuta a presentare alla Direzione dei Lavori una dettagliata relazione nella quale saranno descritte modalità ed attrezzature necessarie alla corretta esecuzione dei lavori, il tutto assicurando di non eccedere le tolleranze previste dal progetto per quanto riguarda gli scavi e l'esecuzione dei cordoli guida (corree). Parimenti, la relazione dovrà contenere lo studio preliminare dei conglomerati cementizi che l'appaltatore intende utilizzare nonché un crono-programma delle attività dal quali si evincano chiaramente le singole fasi di esecuzione dei pannelli di diaframma da realizzare.

La tecnica di perforazione sarà di norma basata sull'impiego di fanghi bentonitici.

Nel caso di terreni argillosi da mediamente consistenti a molto consistenti, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possano causare ingresso di acqua nel foro, la perforazione potrà essere eseguita anche a secco.

Potrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori, in particolari situazioni geotecniche e previa esecuzione di un campo prova, l'utilizzo di idrofresa per l'esecuzione dello scavo.

3.1.1.1 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA

Durante l'esecuzione di ogni elemento di diaframma, si dovrà registrare su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la DL, il riscontro delle tolleranze ammissibili:

- posizione planimetrica dei diaframmi entro le tolleranze indicate nel progetto.
- la verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%;
- la tolleranza ΔS sullo spessore, verificata in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, per ciascun elemento, in base al suo assorbimento globale dovrà essere contenuta nel seguente intorno: $- 0,01 S < \Delta S \leq 0,1 S$
- la profondità "L", dovrà risultare conforme al progetto ± 20 cm

e di seguenti dati:

- identificazione del diaframma;
- successione stratigrafica dei terreni attraversati;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- valore degli "slump" del calcestruzzo, effettuato per ogni betoniera o 10 m^3 di conglomerato cementizio impiegato;
- profondità prima del getto;
- il numero di campioni prelevati secondo le modalità e prescrizioni previste;



- i controlli su ogni lotto di fango bentonitico impiegato;
- caratteristiche geometriche costruttive degli eventuali giunti;
- le caratteristiche degli additivi utilizzati;
- la quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni elemento di diaframma.

3.1.1.2 CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

I controlli non distruttivi sono:

- prove geofisiche;
- carotaggio continuo meccanico;
- scavi attorno al fusto dell'elemento di diaframma.

L'impresa provvederà a sottoporre alla Direzione Lavori, per approvazione, il programma e le specifiche tecniche di dettaglio.

3.1.1.3 Prove geofisiche

Prima delle operazioni di getto, l'impresa provvederà all'installazione di tubi estesi a tutta la profondità dell'elemento, entro cui possano scorrere le sonde di emissione e ricezione; le tubazioni saranno predisposte per il 15% dello sviluppo totale dei diaframmi.

Gli elementi di diaframma da sottoporre a controllo (almeno il 5% del numero totale degli elementi di diaframma con un numero minimo di 2) ed il numero dei controlli sarà stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione all'importanza dell'opera, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei diaframmi.

Le prove dovranno essere eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto.

Le misure dovranno essere eseguite ogni 10 cm di avanzamento della sonda nelle tubazioni predisposte.

L'esito della prova sarà registrato con apparecchiatura digitale a cura del laboratorio incaricato dall'impresa.

Nel caso si identifichino 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.

I risultati di tali prove saranno riportati su apposita scheda in cui verrà indicato:

- i dati identificativi del pannello, rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione della prova;



- le registrazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- caratteristiche della centralina di registrazione e della sonda.

3.1.1.4 Carotaggio continuo meccanico

Tale prova si eseguirà, a cura e spese dell'Impresa e su ordine della D.L., in corrispondenza di quegli elementi di diaframma ove si fossero rilevate inosservanze durante la fase di getto.

Il carotaggio dovrà essere eseguito con doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Ad ultimazione della perforazione l'impresa fornirà un report su cui siano evidenziate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti oltre che la mappatura di eventuali discontinuità e/o fratture riscontrate.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.

Scavi attorno al fusto del diaframma

Ove fossero rilevate dalla D.L. difformità rispetto al progetto in merito alla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0 - 5,0 metri di diaframma, su ordine della D.L. si procederà alla messa a nudo e pulizia con un violento getto d'acqua del fusto del diaframma al fine di verificare visivamente se sussistono effettivi problemi.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

3.1.1.5 PROVE DI CARICO PER I SOLI ELEMENTI DI DIAFRAMMA CON FUNZIONE PORTANTE VERTICALE

In generale, tutte le prove di carico da effettuarsi saranno studiate dall'Impresa esecutrice, con il supporto del progettista strutturale dell'opera, proposte ed approvate dalla D.L.

Modalità e caratteristiche delle prove saranno preventivamente approvate dalla Direzione dei lavori, strumenti di misura e gli apparati di prova – di proprietà del laboratorio incaricato dall'impresa- saranno sempre corredati di certificato di taratura e controllo.

Nel caso di strutture particolarmente complesse o in situazioni geologiche particolari, prima delle usuali prove di carico, il progetto potrà prevedere delle prove di carico limite per accertare i carichi che producono il collasso del complesso pannello - terreno. Questo tipo di prove dovrà essere effettuato su pannelli opportunamente predisposti, all'esterno del diaframma, ed in una situazione geotecnica analoga.



Il numero di elementi da sottoporre alla prova di carico ordinaria verrà stabilito in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo; comunque è previsto un minimo del 2% del totale del numero degli elementi (con un minimo di 2 elementi).

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione di carico, entità del carico, le letture ai micrometri e il diagramma di carichi-cedimenti.

3.1.1.6 PROVE DI CARICO LATERALE

Tali tipologie di prove saranno effettuate su quei pannelli indicati dal progettista e/o preventivamente concordati con la DL.

Essa sarà unicamente del tipo non distruttivo, e verranno eseguite con l'ausilio di pannelli di contrasto posti almeno a 3 m di distanza dal pannello di prova.

Per le prove di carico laterale valgono le indicazioni delle prove di carico assiale.

3.1.1.7 PROVE SU PANNELLI STRUMENTATI

Ove i pannelli siano di tipo strumentato, oltre alle prove di carico assiale e laterale, per cui valgono i controlli descritti ai precedenti punti, si dovrà procedere subito dopo il getto del pannello, ai controlli di funzionalità della strumentazione installata.

Successivamente verranno effettuate le letture alle seguenti scadenze:

1° controllo: a 7 giorni;

2° controllo: a 14 giorni;

3° controllo: a 28 giorni;

4° controllo: immediatamente prima della prova di carico;

La lettura al 4° controllo fungerà da origine per le successive letture in fase di prova di carico.

Per quanto riguarda la prova di carico laterale, questa avverrà con l'ausilio del tubo inclinometrico e con gli estensimetri elettrici già predisposti.

Il controllo delle deformazioni avverrà con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica di tipo bi-assiale.



La frequenza delle misure verrà stabilita dalla D.L., in relazione ai programmi di scavo del pannello ed alla messa in trazione degli eventuali tiranti di ancoraggio. L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui sarà indicato, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda inclinometrica impiegata;
- i dati sulla torsione iniziale dei tubi guida;
- le registrazioni dei dati inclinometrici rilevati

3.1.2 PALANCOLE

Le palancole vengono utilizzate quasi esclusivamente come opera provvisoria.

L'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione dei lavori le modalità esecutive che intende adottare per le infissioni nonché il programma cronologico di infissione di tutte le palancole.

L'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese misure vibrazionali di controllo per verificare se vengono o meno superati i limiti di accettabilità imposti dalle norme DIN 4150. Nella eventualità di superamento di tali limiti, la stessa impresa dovrà sottoporre alla Direzione Lavori, per la necessaria approvazione, i provvedimenti che intende adottare per proseguire le lavorazioni nel rispetto del range di accettabilità.

3.1.2.1 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA

Durante la realizzazione del palancolato, si dovrà registrare su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la DL, il riscontro delle tolleranze ammissibili:

- posizione planimetrica dell'asse mediano del palancolato : ± 3 cm
- verticalità : ± 2 %
- quota testa : ± 5 cm
- profondità : ± 25 cm

Qualora l'infissione risultasse ostacolata, l'Impresa, previo accordo della Direzione Lavori e previa verifica della congruità progettuale dell'opera, potrà limitare l'infissione a quote superiori, provvedendo al taglio della parte di palancola eccedente rispetto alla quota di testa prevista in progetto.

Per ciascun elemento infisso mediante battitura o vibrazione, l'Impresa oltre al controllo delle tolleranze, dovrà redigere una scheda indicante:

- n. progressivo della palancola, riportato sulla planimetria di progetto
- dati tecnici della attrezzatura
- tempo necessario per l'infissione
- informazioni relative alla locale stratigrafia



- tabella dei colpi per l'avanzamento (ove applicabile)
- note aggiuntive su eventuali anomalie o inconvenienti

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, di mancato raggiungimento della quota di progetto e qualsiasi altra anomalia, l'Impresa è tenuta a comunicare ciò alla Direzione Lavori, concordando l'eventuale riesame della progettazione o gli opportuni provvedimenti.

Per la fase di estrazione si compilerà un'analogha scheda, a quella descritta precedentemente.

3.1.3 MATERIALI DA UTILIZZARE

3.1.3.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Sarà conforme a ciò che è prescritto nel progetto e nel Capitolato sezione "calcestruzzi".

3.1.3.2 ARMATURE METALLICHE

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità a ciò che è prescritto in progetto e nel Capitolato sezione "armature".

3.1.3.3 PALANCOLE METALLICHE

Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto.

Usualmente, e salvo differenti prescrizioni progettuali, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura $f_t = 550 \text{ N/mm}^2$
- limite elastico $f_y = 390 \text{ N/mm}^2$.

La superficie delle palancole dovrà essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

3.2 PALI E MICROPALI

Indipendentemente dalla tipologia di palo da realizzare, prima di iniziare la perforazione e/o l'infissione, l'impresa provvederà a segnare fisicamente sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo indicato sulla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata dall'impresa alla Direzione Lavori, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, **inclusi quelli di prova**, contrassegnati con numero progressivo.



Per i pali infissi, l'Impresa esecutrice dovrà presentare un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati (in genere interasse non inferiore a 3 diametri).

L'Impresa avrà cura di non provocare inquinamenti di superficie o della falda per incontrollate scariche dei detriti e/o dei fanghi bentonitici (ove utilizzati).

3.2.1 PALI TRIVELLATI

Trattasi di pali ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

Sulla scorta delle previsioni progettuali potranno essere adottate diverse tipologie di pali trivellati:

3.2.1.1 Pali trivellati con rivestimento provvisorio:

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta attuando un movimento rototraslatorio applicando, in sommità un vibratore di adeguata potenza (essenzialmente in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi).

Al termine della perforazione verrà calata la gabbia di armatura all'interno del foro con successivo getto del conglomerato mediante tubo di convogliamento.

3.2.1.2 Pali trivellati con fanghi (bentonitici o biodegradabili o polimerici)

Le caratteristiche specifiche dei fanghi saranno esplicitate in APPENDICE.

Il livello del fango nel foro dovrà in ogni caso essere più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue in corso appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire pericolosi fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri.

Se nella fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del conglomerato cementizio, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarela solo nell'imminenza del getto. Il materiale portato in superficie dovrà essere sistematicamente portato a scarica.

Completata la perforazione, si procederà alla sostituzione del fango sino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla pulizia del fondo foro.



3.2.1.3 Pali trivellati ad elica continua

Con tale denominazione si identificano i pali realizzati mediante infissione per rotazione 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.

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

Nel caso di attraversamento di terreni compressibili, nelle fasi di getto, dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti ad evitare sbulbature.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

I pali potranno essere armati prima o dopo il getto di calcestruzzo.

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere 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'Impresa, sentito il progettista e previa autorizzazione della Direzione Lavori, potrà:

- eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

Il fusto del palo verrà formato pompando pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione.

Nel caso di armatura da posizionare dopo il getto, la gabbia verrà posta in opera mediante l'ausilio di un vibratore.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata.

Se necessario, la gabbia dovrà essere adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione.

L'operazione di infissione dovrà essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.



Nel caso di armatura da posizionare prima del getto, la gabbia verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura.

All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di pre-carica alla base del palo.

La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto.

3.2.1.4 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI TRIVELLATI

Controlli di accettazione saranno mirati a verificare che ogni lotto di armatura posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni di progetto e capitolato previste per tale materiale.

Per quanto riguarda il calcestruzzo e l'eventuale rivestimento in acciaio, dovrà essere controllata la provenienza e la coerenza con gli studi preliminari condotti dall'Impresa, sulla scorta delle indicazioni progettuali, ed approvati preventivamente dalla DL.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà fornire alla DL una scheda dove verranno riportati sia i risultati dei controlli delle tolleranze e sia i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- eventuali impieghi dello scalpello o altri utensili per il superamento di zone cementate o rocciose e corrispondente profondità di inizio e fine tratta;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione, e la stessa prima di calare il tubo getto;
- risultati dei controlli eseguiti sull'eventuale fango di perforazione e della presenza dell'eventuale controcamicia;
- additivi usati per il fango;
- caratteristiche dell'eventuale rivestimento metallico;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo. Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta, su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi. In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m³ di materiale posto in opera);



- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.
- I risultati dell'operazione di scapitozzatura e dell'eventuale ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

Per quanto riguarda le tolleranze che potranno essere ammesse, la DL sarà tenuta a controllare che.

- la posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della Direzione Lavori.
- la verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.
- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra "- 0,01 D" e "+ 0,1 D";

La Direzione Lavori procederà pertanto alla contabilizzazione dell'opera tenendo conto della sola misura nominale prevista in progetto.

Per quanto riguarda verifiche e controlli sui fanghi eventualmente utilizzati in corso di perforazione, si rimanda agli specifici paragrafi in APPENDICE.

3.2.2 PALI INFISSI

Con tale denominazione si identificano i pali infissi nel terreno realizzati mediante battitura di manufatti prefabbricati o gettati in opera. L'adozione di pali infissi è condizionata da una serie di fattori geotecnici ed ambientali tra i quali:

- vibrazioni, rumori, spostamenti verticali e/o orizzontali del terreno causati dall'infissione;
- eventuali interferenze con i pali adiacenti;

Lo studio preventivo condotto da parte dell'impresa, con l'ausilio del progettista, dovrà prevedere tutti gli accorgimenti e le provvigioni utili a contenere le vibrazioni entro i limiti di accettabilità imposti dalle norme DIN 4150. Nella eventualità di superamento di tali limiti, la stessa impresa dovrà sottoporre alla Direzione Lavori, per la necessaria approvazione, i provvedimenti che intende adottare per proseguire le lavorazioni nel rispetto dell'intervallo di accettabilità.

In particolari condizioni di natura geotecnica e/o stratigrafica, in relazione all'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature dovrà essere verificata mediante **l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari**.

Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.



Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti in acciaio, sia provvisori che definitivi, dovranno essere conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso di pali battuti con rivestimento definitivo, da realizzare in ambienti aggressivi la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati, da concordare con la Direzione Lavori.

Nel caso di pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile, l'espulsione del fondello, occludente l'estremità inferiore del tubo-forma, potrà essere eseguito con un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

Potrà essere impiegato un tubo-forma dotato di fondello incernierato recuperabile.

In base a come viene costruito il fusto, i pali trivellati si distinguono in:

3.2.2.1 Pali infissi prefabbricati:

I pali verranno prefabbricati fuori opera (in stabilimenti di produzione oppure direttamente in cantiere). L'Impresa presenterà uno studio preliminare sui calcestruzzi e sugli acciai da utilizzarsi per la prefabbricazione oltre che una dettagliata descrizione sulla tecnica di infissione, corredata dalle schede di controllo da compilarsi durante le operazioni di infissione, ai fini del controllo dei parametri sensibili.

La DL avrà cura di far eseguire prove di controllo della geometria del fusto del palo e delle armature e delle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati, il tutto a carico dell'Impresa.

Il giunto dovrà essere realizzato con un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire.

Gli anelli verranno saldati tra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

L'infissione si realizzerà tramite battitura, senza asportazione di materiale.

Nel caso di attraversamento di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni di acqua.

Prima di essere infisso, il fusto del palo dovrà essere suddiviso in tratti di 0,5 m, contrassegnati con vernice di colore contrastante rispetto a quello del palo.

Gli ultimi 2,0 - 4,0 m del palo dovranno essere suddivisi in tratti da 0,1 m, onde rendere più precisa la rilevazione dei rifiuti nella parte terminale della battitura.

L'arresto della battitura del palo potrà avvenire solo dopo aver raggiunto:

- la lunghezza minima di progetto;
- il rifiuto minimo specificato.

Dove con il termine rifiuto minimo, si intende, quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore ai 2,5 cm.



Precisazioni dettagliate concernenti il rifiuto minimo saranno contenute nella relazione preliminare predisposta dal progettista per conto dell'impresa.

In condizioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.) la Direzione Lavori potrà richiedere la ribattitura di una parte dei pali già infissi per un tratto in genere non inferiore a 0,3.-0,5 m.

In questo caso si dovranno rilevare i "rifiuti" per ogni 0,1 m di penetrazione, evidenziando in modo chiaro nei rapportini che si tratta di ribattitura.

3.2.2.2 Pali infissi gettati in opera

Tali pali vengono 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 nel terreno 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.
- 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 gettato con calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

L'adozione della tipologia di esecuzione sarà conforme a quanto esposto in progetto e dichiarato nella relazione preliminare.

3.2.2.3 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI INFISSI

Valgono le stesse prescrizioni indicate nei controlli relativi ai pali trivellati precedentemente espresse.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze:

- sul perimetro: uguale al $\pm 2\%$;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità): $\leq \pm 3\%$ (2% nel caso di pali infissi gettati in opera);
- errore rispetto alla posizione planimetrica: $\leq 15\%$ del diametro nominale in testa;

ed inoltre dovrà essere riportato:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- data di infissione;



- dati tecnici dell'attrezzatura;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- tempo di infissione;
- rifiuto ogni 0,1 m negli ultimi 4 m, e ogni 1 m nel tratto precedente;
- profondità di progetto;
- rifiuti per eventuale ribattitura;
- eventuale strumentazione e posizione della stessa per il controllo dell'efficienza del battipalo e della velocità terminale del maglio;
- controllo delle vibrazioni (DIN – 4150);
- risultati delle eventuali prove richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso di pali battuti gettati in opera, oltre ai precedenti controlli:

- data del getto;
- tipo di tappo impiegato;
- quantità di calcestruzzo posto in opera nella formazione dell'eventuale bulbo e fusto;
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m³ di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- eventuali ulteriori prove richieste dalla Direzione Lavori.
-

3.2.3 PALI FDP (FULL DISPLACEMENT PILES)

La metodologia di esecuzione di questo palo di fondazione prevede la dislocazione del terreno posto a diretto contatto con l'utensile di perforazione nell'intorno del volume immediatamente adiacente.

La scelta delle attrezzature di scavo e gli associati dettagli esecutivi e di posa in opera del palo, dovranno essere comunicati dall'impresa alla Direzione dei Lavori preliminarmente all'esecuzione dei pali FDP per mezzo di una apposita relazione redatta dal progettista strutturale, corredata dalle schede di controllo da compilarsi durante le fasi esecutive.

L'utilizzo di tale tecnologia di scavo potrà essere avviata solo dopo un approfondito studio delle formazioni geologiche da attraversare.

L'attrezzatura di scavo dovrà essere dotata di un opportuno sistema di rilevamento, controllo e restituzione grafica di tutti i parametri che concorrono alla fase di perforazione (sistema B—Tronic o similari).



Il conglomerato cementizio da utilizzare dovrà rispettare le caratteristiche previste in progetto così come riportate nella relazione di studio preliminare prodotta dall'impresa.

Durante l'esecuzione del palo, la Direzione dei Lavori provvederà a redigere un apposito verbale, controfirmato dall'impresa, recante:

- l'identificazione del palo;
- l'ora e la data dell'inizio della perforazione e di fine del getto, inclusi i tempi parziali di ogni betoniera;
- i risultati di una prova al cono di Abrams eseguita ogni 10 m³ di conglomerato cementizio impiegato;
- il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni palo.

Successivamente alla realizzazione di ogni palo FDP, inclusi i pali FDP pilota, dovranno essere trasmessi alla Direzione dei Lavori tutti i dati di output (anche in forma di diagrammi) del sistema di rilevamento, fra cui a titolo non esaustivo si citano:

- Tempo e profondità;
- Deviazione dalla verticale;
- Pressione e portata idraulica;
- Forza centrifuga e coppia torcente;
- Profondità raggiunta;
- Coppia e forza di spinta;
- Velocità di penetrazione;
- Pressione di getto del calcestruzzo;
- Volume di calcestruzzo assorbito dal palo rispetto al teorico previsto;
- Rapporto tra la coppia torcente applicata sulla trivella e la misura della penetrazione.

Nel caso di utilizzo di armature metalliche, queste ultime verranno pre-assemblate fuori opera.

3.2.3.1 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI FDP

La Direzione Lavori, alla fine della perforazione misurerà, in contraddittorio, la profondità del foro tramite uno scandaglio e verificherà tale valore con il dato riferito dal sistema di controllo elettronico installato sull'attrezzatura; l'operazione verrà effettuata obbligatoriamente all'inizio ed al termine di eventuali interruzioni prolungate della lavorazione, in corrispondenza dei turni di riposo o per altri motivi.

Fra i controlli da eseguirsi, su richiesta della Direzione Lavori, si contemplano anche:

- prove geofisiche (da eseguirsi con 4 tubi); ,
- carotaggio continuo meccanico (da eseguirsi con doppio carotiere).

Per queste tipologie di prova, vale quanto detto nel presente capitolato per i diaframmi .



Le tolleranze geometriche ammesse impongono che alla testa, il centro del palo corrisponda al centro geometrico delle armature longitudinali.

Sull'assetto geometrico del palo si dovrà rilevare:

- lunghezza: uguale a ± 1 1%;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto: $\leq S$ 2,5%;
- errore rispetto alla posizione planimetrica: $\pm 10,05$ m in tutte le direzioni.

Le tolleranze sul diametro nominale D, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito e rilevate con la frequenza indicata successivamente, sono:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso nell'intervallo di estremi - 0,01D e +0,1D;
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso nell'intervallo di estremi - 0,01D e +0,1D.

3.2.4 MICROPALI O PALI TRIVELLATI DI PICCOLO DIAMETRO

Premesso che preventivamente all'inizio delle attività, l'impresa dovrà, come d'obbligo, presentare uno studio preliminare completo ed esaustivo sulla tecnica di perforazione ed iniezione, mezzi da utilizzare e miscele da iniettare, i micropali possono essere classificati in:

3.2.4.1 Micropali a iniezioni ripetute ad alta pressione:

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percolazione con martello a fondo-foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata ≥ 10 m³/min
- pressione 8 bar.

Completata la perforazione si provvederà quindi ad inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina),

Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto indicato in progetto.

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà 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 l'armatura tubolare.

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si procederà, valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione, con l'esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Anche in relazione alle caratteristiche del terreno, non saranno eseguite iniezioni nei 5-6 m più superficiali del micropalo, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

3.2.4.2 Micropali con riempimento a gravità o a bassa pressione:

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni indicate al paragrafo precedente.

Completata la perforazione e rimossi i detriti si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

La cementazione potrà avvenire con riempimento a gravità o con riempimento a bassa pressione.

Nel primo caso il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rimbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel secondo caso, il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente.

Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria a bassa pressione mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

3.2.5 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU MICROPALI

Per ciascun micropalo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della DL;
- la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;



- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto;

Ogni micropalo non conforme alle tolleranze stabilite dovrà essere idoneamente sostituito a cura e spese dell'impresa.

Oltre alle tolleranze sopra indicate, la D.L. dovrà effettuare i seguenti controlli.

Ciascun lotto, posto in opera, di armature metalliche, nonché di tubi e di profilati di acciaio, dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del fornitore ed essere conforme alle indicazioni di progetto.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie, le stesse dovranno essere prequalificate a carico dell'impresa

Nel caso si impieghino come fluidi di perforazione dei fanghi bentonitici, questi dovranno essere assoggettati ai medesimi controlli riportati in appendice.

Il controllo della profondità dei prefori, rispetto alla quota di sottopinto, verrà effettuato in doppio modo:

- in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- in base alla lunghezza dell'armatura.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela sul 10% dei micropali, sul quale si verificherà la rispondenza alle previsioni progettuali per la resistenza delle malte.

Con il campione di miscela dovranno essere altresì confezionati dei provini da sottoporre a prove di compressione monoassiale, nella misura del 10% dei micropali.

L'esecuzione del singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i dati seguenti:

- rilievi stratigrafici del terreno;
- identificazione del micropalo;
- dati tecnici dell'attrezzatura di perforazione;
- data di inizio perforazione e termine getto (o iniezione);
- fluido di perforazione impiegato;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa in opera dell'armatura;
- geometria e tipologia dell'armatura;
- volumi di miscele per la formazione della guaina (per micropali ad iniezioni multiple selettive);
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;



- risultati delle prove di controllo sulla miscela di iniezione (peso di volume, essudazione, etc.), numero di campioni prelevati e loro resistenza a compressione monoassiale.
- risultati di ulteriori prove condotte o ordinate dalla Direzione Lavori.

3.2.6 MATERIALI DA UTILIZZARE

I calcestruzzi, le malte e le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità a ciò che è prescritto in progetto e nel Capitolato sezione "calcestruzzi" ed "armature".

Per le armature tubolari dei micropali, si useranno tubi di acciaio SE 275 – SE 355, con o senza saldatura longitudinale con attestato di qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle NTC-Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere sconvolti internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta (fori $d = 8$ mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo $s = 3,5$ mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Per quanto riguarda i fanghi, si rimanda al paragrafo in APPENDICE.

3.3 POZZI DI FONDAZIONE

L'esecuzione del pozzo può interessare materie di qualsiasi natura e consistenza, anche in presenza di acqua; dovrà avvenire garantendo durante le fasi di lavoro la stabilità delle pareti dello scavo in modo tale da evitare frammenti e da minimizzare la riduzione delle caratteristiche meccaniche del terreno circostante.

Il sostegno delle pareti di scavo dovrà essere affidato ad interventi di sottomurazione o ad elementi prefabbricati affondati progressivamente con l'avanzare dello scavo, nonché a coronelle di pali o micropali affiancati.

Raggiunta la quota di base del pozzo, la parte strutturale dovrà risultare realizzata in modo conforme a quanto stabilito in progetto, in dipendenza della funzione assegnata al pozzo e delle condizioni geotecniche e idrogeologiche del sottosuolo.

Il materiale di risulta, proveniente dallo scavo, se ritenuto non idoneo al suo reimpiego, dovrà essere portato a discarica

Le modalità ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere conformi ai progetti ed approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.



Dopo ogni fase di scavo verrà posta in opera una centinatura metallica o un anello in c.a. ed un eventuale prerivestimento in conglomerato cementizio spruzzato armato con rete in acciaio elettrosaldato, di tipologie e dimensioni come riportate negli elaborati progettuali.

Qualora ricorra la possibilità che possano derivare danni alle proprietà limitrofe, il benessere della Direzione Lavori all'impiego di esplosivo è subordinato ai risultati di misure vibrazionali e di controllo che l'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese secondo schemi e metodologie approvate dalla stessa Direzione Lavori.

Nel corso dello scavo del pozzo l'Impresa dovrà registrare su scheda la natura dei materiali attraversati.

Prima del getto del conglomerato cementizio magro di regolarizzazione del fondo dello scavo, ciascun pozzo dovrà essere ispezionato dalla Direzione Lavori, cui compete il benessere al getto.

Dovrà essere sempre assicurato l'emungimento di venute d'acqua per cui l'impresa provvederà a indicare alla Direzione Lavori gli opportuni mezzi di esaurimento ed abbattimento della falda.

Qualora durante le fasi di scavo si manifestino rilasci o cavità lungo le pareti, l'Impresa dovrà provvedere tempestivamente a sua cura e spese, ad eseguire iniezioni di intasamento con le modalità che saranno via via indicate dalla Direzione Lavori.

3.3.1 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SUI POZZI

L'esecuzione di ciascun pozzo comporterà la registrazione delle seguenti indicazioni su apposita scheda compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori:

- dimensioni e caratteristiche del pozzo;
- modalità esecutive;
- caratteristiche della falda;
- stratigrafia dettagliata dei terreni attraversati corredata, dove richiesto, da documentazione fotografica;
- descrizione delle eventuali situazioni anomale e dei relativi provvedimenti adottati (iniezione di intasamento,
- descrizione delle eventuali opere di drenaggio poste in opera.

Per quanto riguarda i materiali impiegati valgono le indicazioni riportate nei Capitolati specifici: "Calcestruzzi", "Acciai", "Movimenti di terra" ecc.

4 PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI

4.1 PROVE DI CARICO



Le prove di carico saranno effettuate con le modalità di cui al D.M. 14.01.2008 e s.m.i. a cura e spese dell'appaltatore.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Si definiscono:

- prove di carico assiale e/o prove di verifica le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 1,5 volte il carico di esercizio (P_{es});
- prove a carico limite o prove di progetto su pali pilota le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essi; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (P_{max}) è in generale pari a 2,5÷3 volte il carico di esercizio (P_{es});

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

I pali soggetti a prova di carico assiale potranno, a discrezione della Direzione Lavori, essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche; la prova di ammettenza meccanica non è prevista per i micropali.

Le caratteristiche dei pali o micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

Tutte le prove di carico dovranno essere studiate dal progettista strutturale incaricato dall'Impresa appaltatrice; il progetto delle prove di carico dovrà essere concordato ed approvato dalla Direzione dei Lavori prima della loro esecuzione. Per l'organizzazione delle prove l'Impresa dovrà avvalersi di un Laboratorio specializzato che fornirà tutta la tecnologia necessaria alle misure e test previsti nel progetto delle prove comprese le schede di rilevamento dei dati che dovranno essere assunti in contraddittorio con la Direzione dei lavori.

In Appendice vengono esplicitate le metodologie di conduzione delle prove di carico sopra individuate.



5 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

5.1 NORME GENERALI

Resta stabilito, innanzitutto, che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto magnetico e da tradurre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, effettuate in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.

I lavori, invece, da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare negli S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

5.2 CRITERI DI MISURA



5.2.1 DIAFRAMMI E PALANCOLATE

Si rimanda alle norme sulle misurazioni relative alle singole lavorazioni che compongono l'opera e/o parte di opera (es. Scavi, Pali, micropali, calcestruzzi, ecc.) da realizzare.

5.2.2 PALI

La lunghezza dei pali prefabbricati, ai fini della valutazione, comprende anche la parte appuntita; per la misura del diametro, si assume quello delle sezioni a metà lunghezza.

Quando, stabilita la lunghezza dei pali da adottare, il palo avesse raggiunto la capacità portante prima che la testa sia giunta alla quota stabilita, il palo verrà reciso, a cura e spese dell'Impresa, ma nella valutazione verrà tenuto conto della sua lunghezza originaria.

Nel prezzo a metro sono comprese, oltre la fornitura del palo, anche la fornitura e applicazione della puntazza in ferro e della ghiera in testa, la posa in opera a mezzo di idonei battipali, tutta l'attrezzatura, la mano d'opera occorrente e le prove di carico da eseguire con le modalità e gli oneri previsti dal presente CSA.

Per i pali in c.a. costruiti fuori opera, ferme restando le suddette norme per la loro valutazione e messa in opera, si precisa che il prezzo comprende, oltre la fornitura, l'armatura metallica, la puntazza metallica robustamente ancorata al calcestruzzo, le cerchiature di ferro, i prismi in legno a difesa della testata e le prove di carico da eseguire con le modalità e gli oneri previsti nel presente CSA.

La lunghezza per tutti i pali costruiti in opera, compresi i pali trivellati, sarà quella determinata dalla quota di posa del plinto (riportata in prossimità dell'opera con apposita modina esterna riferita ad opportuni capisaldi topografici) alla quota di fondo palo (ricavata con la classica strumentazione topografica).

La lunghezza dei pali dovrà essere accertata in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Appaltatore con stesura di apposito verbale di misurazione al termine della fase di perforazione.

Qualora dovessero riscontrarsi lunghezze superiori rispetto a quelle previste in progetto e non autorizzate dal D.L., la parte di palo eccedente non verrà riconosciuta all'appaltatore. Qualora dovessero riscontrarsi lunghezze inferiori rispetto a quelle di progetto, il Direttore dei lavori, una volta accertato che la minore quantità eseguita non pregiudica l'accettabilità dell'opera, effettuerà la detrazione contabile delle quantità non realizzate.

Nei relativi prezzi di Elenco si intendono compresi e compensati:

l'infissione del tuboforma, la fornitura del calcestruzzo, il suo getto e costipamento con mezzi idonei, la formazione di eventuali bulbi di base ed espansioni laterali, il ritiro graduale del tuboforma, gli esaurimenti d'acqua, l'eventuale impiego di scalpello, la rasatura e la sistemazione delle teste per l'ammorsamento nei plinti/cordoli/ecc, l'eventuale foratura a vuoto del terreno, la posa in opera, ove occorre, di un'idonea controcamicia di lamierino per il contenimento del getto nella parte in acqua, le prove di carico che saranno ordinate dalla



Direzione dei Lavori con le modalità e gli oneri previsti dal seguente capitolato; esclusa l'eventuale fornitura e posa in opera dell'armatura metallica che verrà compensata con il relativo prezzo di Elenco.

Nei prezzi di tutti i pali eseguiti in opera, sia di piccolo che di grande diametro, è sempre compreso l'onere dell'estrazione e del trasporto a rifiuto delle materie provenienti dall'escavazione del foro entro la distanza di 5 km dal confine del lotto in direzione della discarica.

5.2.3 POZZI

Si considera scavo a pozzo quello che si esegue con l'adozione di rivestimento costruito per sottomurazione e che ha, in sezione corrente, un'area teorica esterna non superiore a mq. 80; scavi aventi un'area teorica superiore agli 80 mq. saranno considerati scavi di fondazione a sezione obliquata.

Lo scavo in pozzo a cielo aperto verrà compensato con gli appositi prezzi di Elenco. Tali prezzi verranno applicati solo quando i pozzi superino la profondità di 3 m dal piano di campagna o di sbancamento; per pozzi profondi fino a 3,00 m lo scavo verrà contabilizzato e pagato come scavo di fondazione.

Verrà valutato come scavo di sbancamento quello eseguito al di sopra del piano orizzontale passante per la sommità del primo anello del pozzo, qualunque siano le cautele e gli accorgimenti da adottare in relazione alla acclività delle pendici ed alla natura geologica dei terreni costituenti le pendici stesse.

La contabilizzazione dello scavo dei pozzi sarà fatta in base all'area teorica ed all'altezza misurata, per zone di profondità, dal piano di posa del calcestruzzo di fondo fino alla sommità. Lo scavo degli eventuali allarghi di base sarà compensato con lo stesso prezzo dello scavo dei pozzi.

A ciascuna zona di profondità sarà applicato il relativo compenso previsto nell'Elenco Prezzi.

Le altre categorie di lavori (calcestruzzi, ferro di armatura, casseri) saranno valutate con le modalità valevoli per i normali lavori di opere d'arte, con le maggiorazioni previste dall'Elenco Prezzi.

Il rivestimento dei pozzi sarà contabilizzato come calcestruzzo in elevazione, il fondello e il riempimento dei pozzi sarà contabilizzato come calcestruzzo di fondazione; in ogni caso la eventuale armatura di ferro sarà compensata a parte.

Qualora l'Impresa, per ragioni di propria convenienza od in relazione alle caratteristiche dei terreni, eseguito lo scavo di un tratto del pozzo e prima di procedere alla costruzione dell'anello in calcestruzzo rivestisse le pareti di scavo con calcestruzzo spruzzato a pressione, tale strato di calcestruzzo verrà contabilizzato unitamente a quello costituente l'anello di rivestimento e pagato con lo stesso prezzo.

Tutte le norme di misurazione e contabilizzazione del presente paragrafo si applicano anche per i pozzi di aereazione delle gallerie verticali o subverticali.



L'eventuale esaurimento di acqua di falda o vena, meccanico o non, è a cura e spese dell'Impresa fin quando lo scavo venga eseguito ad una profondità minore di 20 (venti) cm sotto il livello costante cui si stabiliscono le acque. Per profondità maggiori verrà corrisposto all'Impresa il compenso stabilito nell'Elenco dei Prezzi.

6 NON CONFORMITA'

La Direzione dei Lavori, sulla scorta dei controlli e delle prove eseguite sulle singole lavorazioni, così come sopra descritte, provvederà, in caso di esito negativo, ad aprire delle non conformità rendendone edotto l'appaltatore.

La risoluzione delle non conformità, che coinvolgerà sempre anche il progettista nel caso di opere strutturalmente rilevanti, dovrà essere proposta dall'appaltatore e concordata con la Direzione dei Lavori. A insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, potranno essere comminate penalizzazioni economiche sulle lavorazioni oggetto di non conformità.

•

7 COLLAUDO

La competenza del collaudo tecnico delle strutture in c.a. viene in generale attribuita dalla legge al Collaudatore Statico. La norma (N.T.C. 2008) prevede che il Collaudatore Statico, è tenuto a controllare che siano state messe in atto tutte le prescrizioni progettuali e siano stati eseguiti tutti i controlli sperimentali contemplati dalla legge e dal contratto di appalto.

In particolare, il Collaudatore statico dovrà eseguire un controllo sui verbali e sui risultati delle prove di carico ordinate dal Direttore dei lavori su componenti strutturali e/o sull'opera complessiva.

Conseguentemente, nel caso delle sottofondazioni che stiamo trattando nel presente capitolato, il Direttore dei lavori sarà tenuto, oltre che ad effettuare e registrare puntualmente tutti i controlli e prove precedentemente indicati, a tenere informato il Collaudatore statico soprattutto in merito alla programmazione ed esecuzione delle prove di carico sia in caso di prove di progetto sia in caso di prove di verifica.

8 MANUTENZIONE

Come già più volte ripetuto, le strutture analizzate nel presente capitolato permettono alle strutture sovrastanti (ponti, viadotti, muri, etc.) di trasmettere i carichi in profondità nel terreno di fondazione verso strati più resistenti.

Ovviamente non può ipotizzarsi una manutenzione diretta di tali strutture interrato; occorrerà quindi valutare, nel corso delle verifiche periodiche previste dal piano di manutenzione delle strutture in elevazione sovrastanti, se le medesime presentino lesioni e/o dissesti direttamente



ric conducibili a fenomeni correlati alle fondazioni profonde (rotazioni, cedimenti, etc.); in tal caso si dovrà procedere con indagini mirate ad accertare le cause del cedimento.

9 NORMATIVE E RIFERIMENTI

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative:

- D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 e succ. mod. ed integrazioni.
- Circolare 02 Febbraio 2009 n.617/C.S.LL.PP.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988.
- Circolare LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988;
- Norme UNI di riferimento
- ASTM D1143-81 "Standard Test Method for piles under static and compressive load".
- DIN 4150
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984

10 APPENDICE

10.1 CONTROLLI SUI FANGHI

Ove il progetto preveda l'utilizzo di fanghi durante lo scavo per l'esecuzione delle sottofondazioni, l'Impresa dovrà presentare alla DL uno studio preliminare in cui siano dettagliatamente specificate le caratteristiche dei materiali da utilizzare, i corretti dosaggi e le metodologie di utilizzo.

10.1.1 CONTROLLO DEL FANGO BENTONITICO

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- a) peso di volume;
- b) viscosità MARSH;
- c) contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate.

Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche a e b):

- prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica a):



- prelievo entro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di 50 cm quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi o al termine delle operazioni di scavo.

Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche a e c):

- prelievo mediante campionatore, alla profondità di 80 cm sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera.

La Direzione lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua libera, e dello spessore del "cake"; mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n. 38 della serie UNI n.2331 - 2332;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;
- decantazione della sospensione al 6%;

si ricorrerà, a cura e spese dell'Impresa, al Laboratorio Ufficiale.

10.1.2 CONTROLLO DEL FANGO BIODEGRADABILE

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, si eseguiranno determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- densità del fango biodegradabile fresco;
- densità del fango biodegradabile e viscosità del fango pronto per l'impiego;
- prova di decadimento.

I suddetti controlli verranno effettuati con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi, tranne che la prova di decadimento, che dovrà essere eseguita con frequenza settimanale, presso il laboratorio di cantiere.

La formula prevista e studiata dall'Impresa, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla Direzione Lavori.



10.1.3 CONTROLLO DEL FANGO POLIMERICO

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, si eseguiranno determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- densità del fango polimerico fresco;
- densità e viscosità del fango polimerico pronto per l'impiego;

I suddetti controlli verranno effettuati con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

La formula prevista e studiata dall'Impresa, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla Direzione Lavori.

10.2 TECNICA DI PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI

10.2.1 PROVE SU PALI DI GRANDE DIAMETRO

1

10.2.1.1 PROVE DI CARICO ASSIALE E/O PROVE DI VERIFICA

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

In presenza di pali strumentati per il rilievo separato delle curve di mobilitazione delle resistenze lungo la superficie e alla base, il massimo carico assiale di prova può essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 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.



Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data ed ora di ogni variazione del carico, le corrispondenti letture dei flessimetri ed i diagrammi carichi cedimenti.

10.2.1.2 Attrezzatura e dispositivi di prova

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa ≥ 200 mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente (≈ 3 mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa M dovrà essere non inferiore a 1,2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M \geq 1,2 \cdot P_{\text{prova}} / g = 0,12 P_{\text{prova}}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di calcestruzzo o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione;
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 3 diametri).

L'Impresa, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali;

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzata per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate.

Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala.



Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico.

Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta.

E' raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante (± 20 kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

Per la misura dei cedimenti, saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a $\approx 120^\circ$ intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

10.2.1.3 Preparazione ed esecuzione della prova

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del calcestruzzo e messa a nudo del fusto per un tratto di ≈ 50 cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a 120° , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.



La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ($h_{\min} = 1,5$ m).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

10.2.1.4 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

a) Applicazione di "n" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP , fino a raggiungere il carico P_{ES} .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$ (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($t = 15'$):

$$\delta s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

Per il livello corrispondente a P_{ES} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- $t = 0$



- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- t = 30'
- t = 45'
- t = 60'
-

2° CICLO

a) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b" del 1° Ciclo.

c) Il carico P_{prova} , quando è minore di P_{lim} , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità $3 \delta P$) con misure a:

- t = 0
- t = 5'
- t = 10'
- t = 15'
-

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a t = 60'; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorché risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento (P_{lim}) ≥ 2 cedimento ($P_{lim} - \delta P$)
- cedimento (P_{lim}) $\geq 0,10$ diametri.

10.2.1.5 Risultati della prova

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;



- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere - "verbale").
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inverse pendenze.

10.2.1.6 PROVE DI CARICO SU PALI STRUMENTATI

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto, dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto sopra descritto

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.



10.2.1.7 Attrezzature e dispositivi di prova

Lungo il fusto del palo saranno predisposte delle sezioni strumentate il cui numero e la cui ubicazione sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata esternamente al terreno in prossimità della testa del palo.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa, in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro.

Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove.

Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro.

Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo.

Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata alla distanza di circa 1 diametro dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.



Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto.

Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0,2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione.

L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

Le modalità di installazione e protezione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori.

10.2.1.8 Preparazione ed esecuzione della prova

Si applicano integralmente le specifiche esposte in precedenza per i pali di grande diametro.

10.2.1.9 PROVE DI CARICO LATERALE

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui i pali di fondazione siano stati progettati per resistere a carichi orizzontali.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori in base all'importanza dei carichi di progetto.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.



Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro $d = 81/76$ mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

10.2.1.10 PROVE DI PROGETTO SU PALI PILOTA

I pali di prova, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), saranno eseguiti a cura e spese dell'Impresa, con le stesse modalità di cui ai precedenti paragrafi, in numero pari all'**1%** del totale dei pali con un minimo di **1** palo per opera d'arte e comunque secondo le indicazioni del progettista e/o le prescrizioni del Direttore dei Lavori.

Le prove per la determinazione della resistenza del singolo palo (prove di progetto) devono essere eseguite su pali appositamente realizzati (pali pilota) identici, per geometria e tecnologia esecutiva, a quelli da realizzare. I pali di prova dovranno essere realizzati in corrispondenza dell'opera, e predisposti al di fuori della palificata ad una distanza tale da non interferire con l'area di influenza della stessa e ricadere nella medesima situazione geotecnica e/o stratigrafica della palificata in progetto.

L'intervallo di tempo intercorrente tra la costruzione del palo pilota e l'inizio della prova di carico deve essere sufficiente a garantire che il materiale di cui è costituito il palo sviluppi la resistenza richiesta e che le pressioni interstiziali nel terreno si riportino ai valori iniziali.

Se si esegue una sola prova di carico statica di progetto, questa deve essere ubicata dove le condizioni del terreno sono più sfavorevoli.

Le prove di progetto devono essere spinte fino a valori del carico assiale tali da portare a rottura il complesso palo-terreno o comunque tali da consentire di ricavare significativi diagrammi dei cedimenti della testa del palo in funzione dei carichi e dei tempi.



Il sistema di vincolo deve essere dimensionato per consentire un valore del carico di prova non inferiore a 2,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

La resistenza del complesso palo-terreno è assunta pari al valore del carico applicato corrispondente ad un cedimento della testa pari al 10% del diametro nel caso di pali di piccolo e medio diametro ($d < 80$ cm), non inferiori al 5% del diametro nel caso di pali di grande diametro ($d > 80$ cm).

Se tali valori di cedimento non sono raggiunti nel corso della prova, è possibile procedere all'estrapolazione della curva sperimentale a patto che essa evidenzi un comportamento del complesso palo-terreno marcatamente non lineare.

Per i pali di grande diametro si può ricorrere a prove statiche eseguite su pali aventi la stessa lunghezza dei pali da realizzare, ma diametro inferiore, purché tali prove siano adeguatamente motivate ed interpretate al fine di fornire indicazioni utili per i pali da realizzare. In ogni caso, la riduzione del diametro non può essere superiore al 50% ed il palo di prova deve essere opportunamente strumentato per consentire il rilievo separato delle curve di mobilitazione della resistenza laterale e della resistenza alla base.

Come prove di progetto possono essere eseguite prove dinamiche ad alto livello di deformazione, purché adeguatamente interpretate al fine di fornire indicazioni comparabili con quelle derivanti da una corrispondente prova di carico statica di progetto.

Tali pali dovranno essere eseguiti o posti in opera alla presenza della DL, cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali in progetto.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive che saranno richieste dalla DL per eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Nel caso in cui nel corso dei lavori l'Impresa proponga di variare la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, la stessa Impresa provvederà, sempre a sua cura e spese, ad effettuare le prove precedentemente descritte che la Direzione Lavori riterrà opportuno ripetere.

Di tutte le prove e controlli eseguiti, l'Impresa si farà carico di presentare una relazione tecnica riportante le attività di prova, le metodologie adottate nonché i risultati delle prove stesse.

10.2.2 PROVE DI CARICO SU MICROPALI

10.2.2.1 PROVE DI CARICO ASSIALE

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.



Di norma il massimo carico di prova P_{prova} sarà:

- $P_{prova} = 1,5 P_{esercizio}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con P_{lim} si indica la portata limite dell'insieme micropalo-terreno.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione. In ogni caso il numero delle prove non deve essere inferiore a quanto riportato per i pali di grande diametro. Tutte le prove saranno eseguite a cura e spese dell'Impresa.

10.2.2.2 Attrezzature e dispositivi di prova

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche esposte per i pali di grande diametro.

E' ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi a norma di quanto definito nel presente paragrafo.

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di ≈ 20 cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a 120° , per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti.



Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

10.2.2.3 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

1° CICLO

a) Applicazione di "**n**" ($n \geq 4$) gradini di carico successivi, di entità pari a δP , fino a raggiungere il carico P_{ES} .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$ (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento s è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ($\delta t = 15'$): $s \leq 0,025$ mm.

c) Per il livello corrispondente a P_{ES} il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a $t = 0, t = 5', t = 10', t = 15'$.

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a $t = 30', t = 45'$ e $t = 60'$.

2° CICLO

- a) Applicazione rapida di un carico di entità $1/3 P_{ES}$
- b) Lettura dei cedimenti a $t = 0, 1', 2', 4', 8', 15'$
- c) Scarico rapido e letture a $t = 0$ e $5'$
- d) Applicazione rapida di un carico di entità $2/3 P_{ES}$



- e) Lettura dei cedimenti come in "b"
- f) Scarico come in "c"
- g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a P_{es}
- h) Lettura dei cedimenti come in "b"
- i) Scarico con letture a $t = 0, 5', 10', 15'$ e $30'$.

3° CICLO

- a) Applicazione di "m" ($m \geq 9$) gradini di carico δP fino a raggiungere il carico P_{prova} (o P_{lim}).
- b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".
- c) Il carico P_{prova} , quando è $< P_{lim}$, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a $t = 0, t = 5'$ e $t = 10'$ e $t = 15'$. A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a $t = 60'$.

Si considererà raggiunto il carico limite P_{lim} , e conseguentemente si interromperà la prova, allorché misurando il cedimento s risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s(P_{lim}) \geq 2 \cdot s(P_{lim} - \delta P)$
- $s(P_{lim}) \geq 0.2 d + s_{el}$

ove :

d = diametro del micropalo

s_{el} = cedimento elastico del micropalo.

10.2.2.4 Risultati delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate con le stesse modalità indicate per i pali di grande diametro.



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto **Parte 2**

IT.PRL.05.16 - Rev. 1.0

Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



SOMMARIO

1.	CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	8
1.1.	Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo	11
1.2.	Tipologie e requisiti dei calcestruzzi a prestazione garantita	13
1.2.1.	Calcestruzzi speciali.....	16
2.	ACCIAI	21
2.1.	Caratteristiche tecniche.....	23
3.	CASSEFORME.....	25
3.1.	Caratteristiche tecniche.....	26
4.	MALTE E CALCESTRUZZI DA RIPRISTINO STRUTTURALE E PROTEZIONE.....	27
4.1.	Caratteristiche tecniche.....	27
5.	ACCETTAZIONE E CONTROLLI	29
5.1.	Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti.....	29
5.2.	Prequalifica e qualifica	30
5.2.1.	Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi.....	30
5.2.1.1.	Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato.....	30
5.2.1.2.	Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato	33
5.2.1.3.	Qualifica dei calcestruzzi speciali	35
5.2.2.	Qualifica delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione.....	38
5.2.3.	Qualifica degli acciai	39
5.2.3.1.	Acciaio per c.a.	40
5.2.3.2.	Acciaio per c.a.p.....	41
5.3.	Controlli in corso d'opera	41
5.3.1.	Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi.....	41
5.3.1.1.	Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi	42
5.3.1.2.	Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera	45
5.3.1.3.	Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali.....	47
5.3.2.	Controlli sulle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione	48
5.3.3.	Controlli sugli acciai	49
5.4.	Laboratori accreditati e autorizzati	51
6.	MODALITÀ DI ESECUZIONE.....	52



6.1.	Confezionamento dei conglomerati cementizi	52
6.2.	Trasporto dei conglomerati cementizi.....	53
6.3.	Posa in opera dei conglomerati cementizi.....	54
6.3.1.	Operazioni preliminari	54
6.3.2.	Getto del calcestruzzo	55
6.3.3.	Posa in opera in climi freddi.....	58
6.3.4.	Posa in opera in climi caldi	59
6.3.5.	Riprese di getto	60
6.3.5.1.	<i>Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco</i>	<i>60</i>
6.3.5.2.	<i>Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito.....</i>	<i>61</i>
6.4.	Casseforme.....	61
6.4.1.	Pulizia e trattamento delle casseforme	62
6.4.2.	Predisposizione di fori, tracce e cavità.....	62
6.5.	Stagionatura e disarmo.....	62
6.5.1.	Prevenzione delle fessure da ritiro plastico sulle superfici non casserate.....	63
6.5.2.	Rimozione dei casseri e maturazione umida	64
6.5.3.	Maturazione accelerata con trattamenti termici.....	65
6.5.4.	Regolarità delle superfici casserate	66
6.6.	Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio.....	67
6.7.	Armature per c.a.....	68
6.8.	Armature di precompressione	70
6.8.1.	Fili, barre e trefoli	70
6.8.2.	Tesatura delle armature di precompressione	71
6.8.3.	Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove	71
6.8.3.1.	<i>Misura della fluidità con il cono di Marsh</i>	<i>73</i>
6.8.4.	Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti.....	74
6.8.4.1.	<i>Requisiti comuni</i>	<i>75</i>
6.8.4.2.	<i>Sistemi epossidici.....</i>	<i>75</i>
6.8.4.3.	<i>Boiacche cementizie</i>	<i>76</i>
6.8.5.	Modalità di iniezione	76
6.8.5.1.	<i>Iniezioni tradizionali.....</i>	<i>76</i>
6.8.5.2.	<i>Iniezioni sottovuoto.....</i>	<i>78</i>
6.8.6.	Prove	78



6.9.	Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione	78
6.10.	Tolleranze di esecuzione	79
7.	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE.....	80
7.1.	Norme generali	80
7.2.	Criteri di misura.....	81
7.2.1.	Conglomerati cementizi.....	82
7.2.2.	Casseforme	83
7.2.3.	Acciaio per c.a. e c.a.p.....	84
8.	NON CONFORMITÀ E SANZIONI.....	85
8.1.	Conglomerati cementizi.....	85
8.2.	Acciaio per c.a. e c.a.p.	88
9.	COLLAUDO	88
10.	MANUTENZIONE	89
10.1.	Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione.....	89
11.	NORMATIVE E RIFERIMENTI.....	90
11.1.	Leggi e normative sugli aspetti strutturali.....	90
11.2.	Leggi e normative inerenti il rilascio della Marcatura CE.....	91
12.	APPENDICE	95
12.1.	Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi.....	95
12.1.1.	Cemento.....	95
12.1.1.1.	Considerazioni generali.....	95
12.1.1.2.	Controlli sul cemento.....	96
12.1.2.	Aggiunte minerali	97
12.1.2.1.	Considerazioni generali.....	97
12.1.2.2.	Ceneri volanti.....	98
12.1.2.3.	Fumo di silice.....	100
12.1.2.4.	Loppa d'altoforno macinata	101
12.1.2.5.	Altri tipi di aggiunta minerale ad attività pozzolanica	101
12.1.3.	Aggregati	101
12.1.4.	Acqua di impasto	102
12.1.5.	Additivi	103



12.1.6.	Agenti espansivi non metallici.....	104
12.2.	Fibre.....	105
12.2.1.	Fibre per uso strutturale.....	105
12.2.1.1.	<i>Caratteristiche tecniche.....</i>	<i>105</i>
12.3.	Caratteristiche dei conglomerati cementizi.....	106
12.3.1.	Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati.....	106
12.3.2.	Lavorabilità.....	107
12.3.3.	Rapporto acqua/cemento.....	108
12.3.4.	Massa volumica.....	110
12.3.5.	Contenuto di aria.....	110
12.3.6.	Acqua di bleeding.....	111
12.3.7.	Misura della temperatura del calcestruzzo al getto.....	111
12.3.8.	Contenuto di cloruri nel calcestruzzo.....	111
12.3.9.	Grado di compattazione.....	111
12.3.10.	Tempo di presa.....	112
12.3.11.	Requisiti aggiuntivi.....	112
12.3.11.1.	<i>Resistenza a trazione indiretta.....</i>	<i>112</i>
12.3.11.2.	<i>Resistenza a flessione.....</i>	<i>112</i>
12.3.11.3.	<i>Modulo elastico statico e dinamico.....</i>	<i>113</i>
12.3.11.4.	<i>Deformazione viscosa.....</i>	<i>113</i>
12.3.11.5.	<i>Ritiro idraulico libero.....</i>	<i>114</i>
12.3.11.6.	<i>Espansione contrastata.....</i>	<i>114</i>
12.3.11.7.	<i>Permeabilità all'acqua.....</i>	<i>114</i>
12.3.11.8.	<i>Gradiente e ritiro termico.....</i>	<i>115</i>
12.4.	Specificazione dei calcestruzzi proiettati.....	116
12.5.	Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione.....	117
13.	ALLEGATI.....	119
13.1.	ALLEGATO 1: CONTROLLI SUL CEMENTO.....	120
13.2.	ALLEGATO 2: CONTROLLI SULLE CENERI VOLANTI.....	121
13.3.	ALLEGATO 3: CONTROLLI SUL FUMO DI SILICE.....	124
13.4.	ALLEGATO 4: CONTROLLI SU LOPPA D'ALTOFORNO GRANULATA MACINATA.....	125
13.5.	ALLEGATO 5: CONTROLLI SUGLI AGGREGATI PER CALCESTRUZZO.....	126
13.6.	ALLEGATO 6: CONTROLLI SU ACQUA D'IMPASTO PER CALCESTRUZZO.....	129
13.7.	ALLEGATO 7: CONTROLLI SU ADDITIVI ED AGENTI ESPANSIVI.....	131



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

13.8.	ALLEGATO 8: CONTROLLI SULLE FIBRE	133
13.9.	ALLEGATO 9: CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO	136
13.10.	ALLEGATO 10	142



1 **PREMESSA**

Le prescrizioni contenute nel presente Capitolato Speciale di Appalto si applicano ai conglomerati cementizi per usi strutturali e non, armati e non, per opere in cemento armato normale e precompresso, anche fibro-rinforzati, per la realizzazione di strutture gettate in opera o prefabbricate sia all'aperto che in sottoterraneo.

Il presente Capitolato Speciale di Appalto specifica inoltre i requisiti, le caratteristiche prestazionali, le modalità di accettazione e di controllo dei calcestruzzi e degli acciai per la realizzazione delle opere in CA e CAP lungo le infrastrutture stradali della rete di competenza ANAS S.p.A.

Soluzioni alternative o innovative, sono considerate ammissibili solo quando sia dimostrabile e garantibile la parità o la superiorità ai requisiti prestazionali oltre specificati e/o la convenienza economica per ANAS, nell'adozione del sistema innovativo.

2 **CONGLOMERATI CEMENTIZI**

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

Conglomerati cementizi per opere all'aperto:

- B.03.025 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER MAGRONE E/O OPERE DI SOTTOFONDAZIONE
 - B.03.025.a - CON CEMENTO: 150 kg/mc
 - B.03.025.b - CON CEMENTO: 200 kg/mc
 - B.03.025.c - CON CEMENTO: 250 kg/mc
 - B.03.025.d - CON CEMENTO: 300 kg/mc
 - B.03.025.e - CON CEMENTO: 350 kg/mc
- B.03.030 CALCESTRUZZO NON STRUTTURALE
 - B.03.030.a - CLASSE DI RESISTENZA C20/25 ($R_{CK} \geq 25$ N/mm²)
 - B.03.030.b - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 ($R_{CK} \geq 30$ N/mm²)
- B.03.031 CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER OPERE DI FONDAZIONE IN C.A. O C.A.P.
 - B.03.031.a - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 ($R_{CK} \geq 30$ N/mm²)
 - B.03.031.b - CLASSE DI RESISTENZA C28/35 ($R_{CK} \geq 35$ N/mm²)
 - B.03.031.c - CLASSE DI RESISTENZA C32/40 ($R_{CK} \geq 40$ N/mm²)



- B.03.031.d - CLASSE DI RESISTENZA C35/45 ($R_{CK} \geq 45$ N/mm²)
- B.03.035 CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER OPERE IN ELEVAZIONE VERTICALI O ORIZZONTALI IN C.A. O C.A.P.
 - B.03.035.a - CLASSE DI RESISTENZA C25/30 ($R_{CK} \geq 30$ N/mm²)
 - B.03.035.b - CLASSE DI RESISTENZA C28/35 ($R_{CK} \geq 35$ N/mm²)
 - B.03.035.c - CLASSE DI RESISTENZA C32/40 ($R_{CK} \geq 40$ N/mm²)
 - B.03.035.d - CLASSE DI RESISTENZA C35/45 ($R_{CK} \geq 45$ N/mm²)
- B.03.040 CALCESTRUZZI STRUTTURALI PER OPERE IN C.A. O C.A.P. O PER ELEMENTI PREFABBRICATI
 - B.03.040.a - CLASSE DI RESISTENZA C40/50 ($R_{CK} \geq 50$ N/mm²)
 - B.03.040.b - CLASSE DI RESISTENZA C45/55 ($R_{CK} \geq 55$ N/mm²)
- B.03.045 SOVRAPPREZZO PERCENTUALE PER CALCESTRUZZO A PRESTAZIONE GARANTITA
 - B.03.045.a - PER CLASSE CONSISTENZA S5
 - B.03.045.b - PER AUTOCOMPATTANTI SCC
 - B.03.045.c - PER IMPIEGO CEMENTO RESISTENTE AI SOLFATI
 - B.03.045.d - PER IMPIEGO CEMENTO A BASSO CALORE DI IDRATAZIONE
 - B.03.045.e - PER CALCESTRUZZO A RITIRO COMPENSATO
- B.03.065 SOVRAPPREZZO PERCENTUALE PER GETTI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO, DI CUI AI PRECEDENTI ARTICOLI
 - B.03.065.a - PER QUANTITATIVI UGUALI O INFERIORI A MC 2,00
 - B.03.065.b - PER QUANTITATIVI SUPERIORE A MC 2,00 ED INFERIORE A MC 5,00
- B.03.070 ADDITIVO PER CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER OGNI KG DI ADDITIVO

Conglomerati cementizi spruzzati per opere all'aperto:

- B.06.001 MURATURA DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO SPRUZZATO CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO 200 KG/MC CLASSE C16/20 ($R_{ck} \Rightarrow 20$ N/mm²)
 - B.06.001.a - PER OGNI MC
 - B.06.001.b - PER RIVESTIMENTO DI CM 5
 - B.06.001.c - PER RIVESTIMENTO DI CM 10
 - B.06.001.d - PER RIVESTIMENTO DI CM 20
 - B.06.001.e - PER RIVESTIMENTO DI CM 25



- B.06.002 RIVESTIMENTI CON CALCESTRUZZO SPRUZZATO ALL'APERTO CLASSE 25/30 (RCK 30 N/mm²) IN OPERA
 - B.06.002.a - RIVESTIMENTO DI CM 5 SFRIDO 20%
 - B.06.002.b - RIVESTIMENTO DI CM 10 SFRIDO 20%
 - B.06.002.c - RIVESTIMENTO DI CM 15 SFRIDO 20%
 - B.06.002.d - RIVESTIMENTO DI CM 20 SFRIDO 20%
- B.06.004 RIVESTIMENTI CON CALCESTRUZZO SPRUZZATO ALL'APERTO CLASSE 28/35 (RCK 35 N/mm²) IN OPERA
 - B.06.004.a - PER OGNI MC SFRIDO 20%
 - B.06.004.b - RIVESTIMENTO DI CM 5 SFRIDO 20%
 - B.06.004.c - RIVESTIMENTO DI CM 10 SFRIDO 20%
 - B.06.004.d - RIVESTIMENTO DI CM 15 SFRIDO 20%
 - B.06.004.e - RIVESTIMENTO DI CM 20 SFRIDO 20%
- B.08.030 REGOLARIZZAZIONE DI PARATIE DI PALI CON SPRITZBETON E RETE

Conglomerati cementizi per opere in sottterraneo:

- C.02.001.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER RIVESTIMENTO IN SOTTERRANEO
 - C.02.001.1.a - TIPO RCK \geq 30 N/MMQ PER CALOTTA E PIEDRITTI
 - C.02.001.1.b - TIPO RCK \geq 30 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ < 50 M
 - C.02.001.1.c - TIPO RCK \geq 30 N/MMQ PER ARCO ROVESCIO
 - C.02.001.1.d - TIPO RCK \geq 35 N/mm² PER CALOTTA O PIEDRITTI
 - C.02.001.1.e - TIPO RCK \geq 35 N/mm² PER POZZI A PROFONDITÀ < 50 M
 - C.02.001.1.f - TIPO RCK \geq 35 N/mm² PER GETTI DI ARCO ROVESCIO
 - C.02.002 MAGGIORAZIONE PER GETTO RIVESTIMENTO IN POZZI
 - C.02.002.a - TIPO RCK \geq 35 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ DA 50 A 100 M
 - C.02.002.b - TIPO RCK \geq 35 N/MMQ PER POZZI PROFONDITÀ OLTRE I 100 M

Conglomerati cementizi spruzzati per opere in sottterraneo:

- C.02.011 CALCESTRUZZO SPRUZZATO RCK 35 N/mm²
 - C.02.011.1 PER RIVESTIMENTO FRONTE SCAVO
 - C.02.011.2 PER RIVESTIMENTO CUNICOLO
 - C.02.011.3 PER RIVESTIMENTO GALLERIE
 - C.02.011.3.a - rivestimento di cm 5



- C.02.011.3.b- rivestimento di cm 10
- C.02.011.3.c - rivestimento di cm 15
- C.02.011.3.d- rivestimento di cm 20
- C.02.011.4 PER RIVESTIMENTO POZZI
- C.02.011.4.a- rivestimento per cm 5
- C.02.011.4.b- rivestimento per cm 10
- C.02.011.4.c - rivestimento per cm 20
- C.02.011.4.d- rivestimento per cm 30

2.1 Prescrizioni per la durabilità delle opere in calcestruzzo

Secondo il D.M. 14/01/2008, la **durabilità delle opere in calcestruzzo** è la capacità di mantenere entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio i valori delle caratteristiche fisico-meccaniche e funzionali in presenza di cause di degradazione, per tutta la vita nominale prevista in progetto.

Le **cause di degradazione** più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati.

Secondo quanto previsto nel § 11.2.11 del D.M. 14/01/2008, il progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali di impiego dei calcestruzzi, deve fissare le prescrizioni in termini di caratteristiche del calcestruzzo da impiegare, di valori del copriferro e di regole di maturazione dei getti.

Al fine di soddisfare le richieste di durabilità in funzione delle condizioni ambientali, occorrerà fare riferimento alle norme UNI EN 206 ed UNI 11104 e, in particolare, alle classi di esposizione riportate nel prospetto 1 della EN 206/1 ed ai valori limite per la composizione e per le prestazioni riportate nel prospetto 4 della UNI 11104 (vedi successivo par. 2.2).

Inoltre, ai fini di preservare le armature metalliche da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, lo spessore di **copriferro** da prevedere in progetto, cioè la misura tra la parete interna del cassero e la parte più esterna della circonferenza della barra più vicina, dovrà rispettare allo stesso tempo le indicazioni della UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 4.4.1 ed al § C4.1.6.1.3 della Circolare esplicativa 617, garantire l'aderenza e la trasmissione degli sforzi tra acciaio e calcestruzzo e, se del caso, assicurare la resistenza al fuoco della struttura o dei singoli elementi interessati.

Con specifico riferimento agli spessori minimi di copriferro in funzione della classe di esposizione indicati nella UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2), si ricorda che i valori a garanzia di una durabilità di 50 anni sono quelli corrispondenti alla classe strutturale S4 dei prospetti 4.4N e 4.5N.



Nel caso la durabilità voglia essere aumentata, ad esempio fino a 100 anni, si dovrà considerare la classe strutturale S5, con un incremento di 10 mm di copriferro, ovvero si dovrà incrementare la classe di resistenza del calcestruzzo, secondo quanto indicato al prospetto 4.3N della stessa norma.

Analoghe indicazioni sono contenute anche nel § C4.1.6.1.3 della Circolare esplicativa 617.

In caso di **formazioni di fessure nel copriferro**, la massima apertura superficiale ammessa senza dover ricorrere alle operazioni di ripristino, sarà funzione della classe di esposizione della struttura.

Salvo diversa indicazione del progettista, potranno prendersi come riferimento i limiti riportati al §4.1.2.2.4 del D.M. 14-01-2013, incrementati di 0,1 mm per tener conto che essi si riferiscono al valore dell'apertura della fessura in corrispondenza dell'armatura e non in superficie:

per **armature poco sensibili** (acciai per c.a. non precompresso, inossidabili, zincati o rivestiti con specifici prodotti tipo UNI EN 1504-7):

< 0,4 + 0,1 mm: per classi di esposizione X0, XC1, XC2, XC3, XF1;

< 0,3 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3;

< 0,2 + 0,1 mm per classi di esposizione XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4;

per **armature sensibili**, ovvero acciai per c.a.p.:

< 0,3 + 0,1 mm: per classi di esposizione X0, XC1, XC2, XC3, XF1;

< 0,2 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3;

< 0 + 0,1 mm: per classi di esposizione XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4.

Qualora si rilevino in superficie fessure di apertura superiori ai limiti sopra indicati, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura a:

per aperture < 0,1 mm: nessun intervento;

per aperture superiori a 0,1 mm ma < 0,4 mm: rivestimenti impermeabili ad acqua e CO₂ conformi a UNI EN 1504/2;

per aperture > 0,4 mm: sigillatura delle fessure mediante prodotti da iniezione conformi a UNI EN 1504-5 ed eventuali rivestimenti impermeabili ad acqua e CO₂ conformi a UNI EN 1504/2.



NOTA Nei **casi di danni più severi o per particolari criticità della struttura**, eventuali interventi di demolizione e rifacimento delle strutture danneggiate potranno essere disposti dalla Direzione Lavori dopo opportuno approfondimento di indagini sullo stato fessurativo della struttura.

Le suddette prescrizioni saranno applicate anche a tutti gli elementi prefabbricati e/o precompressi.

2.2 Tipologie e requisiti dei calcestruzzi a prestazione garantita

Le materie prime utilizzate devono rispondere ai requisiti del § 11 del DM 14-01-2008 e saranno caratterizzate secondo quanto riportato in Appendice 14.

I **conglomerati cementizi** sono confezionati a prestazione garantita forniti a piè d'opera, con classi di esposizione indicati negli elaborati progettuali secondo norma UNI EN 206 e UNI 11104 in conformità al D.M. 14/01/2008 per qualsiasi classe di resistenza e confezionati a norma di legge anche se debolmente armati (fino ad un massimo di 30 kg per m³) confezionati con cemento, inerti acqua ed eventuale aggiunta di additivi, aggiunte minerali e fibre.

Si farà riferimento alle **classi di resistenza**, così come definite al § 4.1 delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 (Tabella 1).

In particolare, relativamente alla **resistenza caratteristica convenzionale a compressione**, il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia **C(X/Y)**, dove:

- **X** è la resistenza caratteristica a compressione misurata su **provini cilindrici** (f_{ck}), con rapporto altezza/diametro pari a 2;
- **Y** è la resistenza caratteristica a compressione valutata su **provini cubici** di lato 150 mm (R_{ck}).

Tabella 1 **Classi di resistenza**

C8/10	C25/30	C40/50	C60/75
C12/15	C28/35	C45/55	C70/85



C16/20	C32/40	C50/60	C80/95
C20/25	C35/45	C55/67	C90/105

Nella Tabella 2, sono indicate le tipologie di conglomerato a "prestazione garantita" in conformità ai requisiti di durabilità indicati nella UNI EN 206 e nella UNI 11104.

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo posseda, al momento della consegna in cantiere, la **lavorabilità** prescritta in progetto e riportata per ogni specifica tipologia di conglomerato nella Tabella 2.

Per quanto riguarda gli altri parametri per la caratterizzazione del calcestruzzo allo stato fresco ed indurito si rimanda a quanto indicato nel § 13.2.

Tabella 2 Tipologie di conglomerati cementizi a prestazione garantita e relativi campi di impiego.

Tipo	Classi esposizione ambientale	Classe resistenza minima C (X/Y)	Rapporto a/c max	Contenuto minimo di cemento ** [kg/m ³]	Contenuto di aria in % UNI EN 12350/7	D _{max} *** mm	Classe di consistenza min. UNI EN 12350/2 ***	Tipo di cemento **** (se necessario)	Classe contenuto in cloruri
I									
I-A	XC2	C (25/30)	0.60	300	≤ 2,5%	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* : LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4
I-B	XA1	C (28/35)	0.55	320	≤ 2,5%	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4
I-C	XA2	C (32/40)	0.50	340	≤ 2,5%	32	S4-S5	SR (Sulphate Resistant) e in caso di grandi spessori* anche LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	Cl 0.4



I-D	XA3	C (35/45)	0.45	360	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5	SR (Sulphate Resistant) e in caso di grandi spessori* anche LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.4
II									
II-A	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5		CI 0.4 (CI 0,2 se in XS1)
II-B	XF4	C (28/35)	0.45	360	8 \pm 1 % per $D_{max} \leq 10mm$ 6 \pm 1 % per $D_{max} = 10-20mm$ 5 \pm 1 % per $D_{max} \geq 20mm$	32	S4-S5		CI 0.2
III									
III-A	XC4 XS1	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.4 (CI 0,2 se in XS1)
III-B	XF2	C (25/30)	0,50	340	8 \pm 1 % per $D_{max} \leq 10mm$ 6 \pm 1 % per $D_{max} = 10-20mm$ 5 \pm 1 % per $D_{max} \geq 20mm$	32	S4-S5	In caso di grandi spessori* LH (Low Heat) secondo UNI EN 197-1	CI 0.2
IV									
IV-A	XC4	C (32/40)	0.50	340	$\leq 2,5\%$	32	S4-S5		CI 0.4
IV-B	XF2	C(25/30)	0.50	340	8 \pm 1 % per $D_{max} \leq 10mm$ 6 \pm 1 % per $D_{max} = 10-20mm$ 5 \pm 1 % per $D_{max} \geq 20mm$	32	S4-S5		CI 0.2
V									
V-A	X0	C (20/25)	0.65	260	---	32	S4		CI 0.4
V-B	XF2	C(25/30)	0.50	340	8 \pm 1 % per $D_{max} \leq 10mm$ 6 \pm 1 % per $D_{max} = 10-20mm$ 5 \pm 1 % per $D_{max} \geq 20mm$	32	S4		CI 0.2

NOTE alla Tabella 2

(*) Per la classificazione delle opere di grande spessore, vedi appresso "calcestruzzi per getti massivi".

(**) Come previsto al § 5 della UNI 11104, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive o di calcestruzzi speciali i requisiti di composizione e prestazione devono essere verificati e riconsiderati nei riguardi sia delle classi di esposizione che di specifici criteri di durabilità (es. minimizzazione dosaggio cemento per ridurre rischio fessurazione per calore di idratazione o ritiro igrometrico). In tal caso, eventuali deroghe (es. dosaggi di cemento inferiori ai minimi indicati nella Tabella 2, raggiungimento della R_{ck} a stagionature più lunghe rispetto ai 28 giorni)



possono essere concesse in fase di prequalifica e qualifica delle miscele mediante preventiva definizione e successivo controllo delle caratteristiche prestazionali da capitolato che devono comunque essere raggiunte.

(***) Il Diametro massimo ed i valori della consistenza possono essere indicati diversamente a discrezione del Progettista, sulla base della geometria degli elementi strutturali, della loro posizione, della densità d'armatura e delle modalità esecutive. Per quanto riguarda il D_{max} , in assenza di altra indicazione, si terranno presenti le seguenti limitazioni:

- $D_{max} < \text{copri ferro};$
- $D_{max} < \text{interferro minimo} - 5 \text{ mm};$
- $D_{max} < \frac{1}{4} \text{ della sezione minima della struttura.}$

(****) Si veda paragrafo 14.1.1.1 relativo alla scelta dei cementi raccomandabili in caso di esposizione ad aggressione da parte di cloruri o rischio di alcali reattività.

NOTA Resta inteso che le indicazioni del Progettista, qualora differenti, sono comunque vincolanti, se più restrittive di quelle ivi indicate; ad esempio, potranno essere prescritti i seguenti **requisiti aggiuntivi** (Tabella 3) definiti e misurabili secondo quanto riportato al paragrafo 13.3.11.

Tabella 3: **Requisiti aggiuntivi raccomandate in funzione della tipologia di calcestruzzo.**

Tipo	Campi di impiego	Resistenza a trazione indiretta	Resistenza a Flessione	Modulo elastico	Deform.ne viscosa	Ritiro igrometrico libero	Espansione contrastata	Permeabilità all'acqua	Gradiente termico
I	Strutture di fondazione							X	Se di grande spessore X
II	Strutture orizzontali principali	X	X			X	X		Se di grande spessore X
III	Strutture verticali principali			X	X				Se di grande spessore X
IV	Strutture verticali ed orizzontali secondarie							Per tombini scatolari X	
V	Elementi non strutturali vari							X	

2.2.1 Calcestruzzi speciali

Per quanto concerne i **calcestruzzi speciali** si individuano:



a) i **calcestruzzi per getti massivi**: laddove per opera "massiva" si intende qualunque volume di calcestruzzo con dimensioni tali da richiedere misure preventive per far fronte alla cospicua generazione di calore dovuta all'idratazione del cemento e alle conseguenti fessurazioni dovute cambiamento di volume, sia in fase di riscaldamento che di raffreddamento del getto. Impiegabili sia per le strutture di fondazione che per quelle in elevazione:

- quando la struttura di fondazione (platea, plinto o trave di fondazione) ha uno spessore superiore a 150 cm;
- quando le strutture o parti di struttura in elevazione (pilastri, pile, muri o setti verticali) hanno spessore o diametro superiore a 80 cm ed altezza superiore a 400 cm.
- Il contenuto minimo di cemento dovrà essere adeguatamente stabilito in modo tale che durante il raffreddamento del conglomerato, dopo la rimozione dei casseri, siano soddisfatte le condizioni di cui al successivo par. 13.3.11.8. "Gradiente e ritiro termico".
- Una prima stima del dosaggio di cemento utilizzabile può essere effettuata imponendo che il riscaldamento del calcestruzzo del nucleo, ipotizzato in condizioni adiabatiche, non superi dopo 3 giorni i 35°C. Dovrà risultare:
 - $$\delta T_{3gg} = \frac{c \times q_3}{m \times \rho}$$
 - dove:
 - $\delta T_{3gg} = 35^\circ\text{C}$;
 - c = dosaggio di cemento e di eventuali aggiunte di tipo II (kg/m^3) il cui contributo al calore di idratazione nei primi giorni di maturazione non possa considerarsi trascurabile;
 - q_3 = calore di idratazione unitario del cemento (kJ/kg) a 3 giorni di maturazione (dato fornito dal produttore di cemento);
 - m = peso specifico del calcestruzzo (kg/m^3);
 - ρ = calore specifico del calcestruzzo (mediamente pari a $1 \text{ kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$)
 - I cementi con i valori di q_3 più bassi sono classificati nella UNI EN 197-1 e vengono contraddistinti dalla sigla "LH" (Low Heat).



- Si ricorda che, come previsto al § 5 della UNI 11104, nel caso di calcestruzzi destinati ad opere massive, i requisiti di composizione, quali la minimizzazione del dosaggio cemento (per ridurre rischio fessurazione per calore) e la prestazione, devono essere verificati e riconsiderati nei riguardi sia delle classi di esposizione che di specifici criteri di durabilità di idratazione o ritiro igrometrico.
- In tal caso, potranno quindi essere concordate con il progettista e la Direzione lavori eventuali deroghe per dosaggi di cemento inferiori ai minimi indicati nella Tabella 2 precedentemente riportata e nel raggiungimento della R_{ck} a stagionature più lunghe rispetto ai 28 giorni, da verificare in fase di prequalifica e qualifica delle miscele.

b) i calcestruzzi a ritiro compensato: che saranno confezionati utilizzando agenti espansivi di tipo non metallico di cui al successivo § 13.1.6. "Agenti espansivi non metallici", generalmente con dosaggi variabili tra i 20 ed i 40 kg/m³.

Ulteriori specifiche sono riportate ai § 6.2.1.3 e § 6.3.1.3

c) i calcestruzzi fibro-rinforzati: addizionati con fibre in polipropilene, PVA o acciaio con i seguenti scopi:

- miglioramento del comportamento a trazione;
- miglioramento del comportamento a trazione per flessione;
- capacità di assorbire energia in fase post fessurativa;
- aumento della capacità di assorbire variazioni termiche;
- aumento della resistenza ad azioni cicliche (fatica);
- prevenzione della fessurazione da ritiro idraulico.

Per la progettazione delle strutture in calcestruzzo fibro-rinforzato si farà riferimento alle indicazioni riportate nel DT 204/2006: "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibro-rinforzato". Il contenuto in peso delle fibre è determinato dalle esigenze progettuali e se ne deve tenere conto in fase di messa a punto della miscela, per controllare le eventuali variazioni di comportamento del calcestruzzo allo stato fresco ed indurito.

Ulteriori specifiche sono riportate ai § 6.2.1.3 e § 6.3.1.3



d) i **calcestruzzi leggeri per uso strutturale e non**: sono confezionati con aggregati leggeri minerali artificiali o naturali, con classi di massa volumica secca (tra 800 e 2.000 kg/m³) e di resistenza a compressione (da LC8/9 e LC80/88). Si farà riferimento a quanto indicato al § 4.1.12 delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008, con classi di resistenza ammesse da LC20/22 a LC55/60 e tipo di impiego secondo quanto riportato nella seguente Tabella 4, valida anche per i calcestruzzi di peso normale (minimo C16/20 > 20MPa per strutture armate; minimo C28/35 per strutture armate precomprese);

Tabella 4 **Impiego delle diverse classi di resistenza** (rif. Tabella 4.1.II delle NTC)

STRUTTURE DI DESTINAZIONE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11 NTC)	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C28/35

e) i **calcestruzzi proiettati**: posti in opera mediante spruzzo, attraverso una lancia ad aria compressa, contro una superficie di applicazione (supporto), in uno o più strati, in modo da realizzare riporti su elementi costruttivi esistenti o interi elementi bidimensionali (volte, rivestimenti di scarpate, ripristini corticali, ecc.) armati o non armati, senza impiego di cassature. Per i calcestruzzi proiettati la produzione, la messa in opera ed il controllo sono regolati dalle norme UNI EN 14487-1 e UNI EN 14487-2, cui l'Impresa dovrà fare riferimento per quanto non espressamente indicato nel presente Capitolato. In conformità a quanto riportato al § 4 della UNI EN 14487-1, i calcestruzzi proiettati vengono classificati in funzione dei seguenti parametri:

- consistenza della miscela umida (UNI EN 14487-1 § 4.1);
- classe di esposizione (UNI EN 14487-1 § 4.2);
- velocità di sviluppo delle prestazioni meccaniche nel calcestruzzo giovane (UNI EN 14487-1 § 4.3);
- classe di resistenza (UNI EN 14487-1 § 4.4)



I **calcestruzzi proiettati fibrorinforzati**, inoltre, vengono classificati in base ai seguenti parametri:

- classe di resistenza residua (UNI EN 14487-1 § 4.5.2);
- capacità di assorbimento di energia ((UNI EN 14487-1 § 4.5.3)

Gli **additivi per la proiezione**, che sono delle sostanze, liquide e solide, aggiunte alla miscela base, per consentirne la proiezione e la posa in opera senza centine e cassetture, si distinguono in:

- acceleranti di presa e additivi acceleranti di presa non alcalini;
- regolatori di consistenza;
- miglioratori dell'aderenza.

Essi devono risultare conformi alla UNI EN 934-5

Per quanto riguarda i **requisiti compositivi ed i limiti di dosaggio** degli **additivi**, in aggiunta a quanto riportato nella UNI EN 934-5, valgono le seguenti limitazioni:

- 1) contenuto di solfati (espressi come SO_3) $\leq 1\%$;
- 2) per acceleranti a base di silicati di sodio:
 - rapporto in peso $SiO_2 / Na_2O \geq 3,4$;
 - contenuto di cloruri $< 0,1\%$;
 - $pH \leq 11,5$;
- 3) per conglomerati proiettati esposti ad attacco solfatico:
 - contenuto di alluminati (espressi come Al_2O_3) $\leq 0,6\%$ in peso sul cemento per additivi contenenti alcali;
 - contenuto di alluminati (espressi come Al_2O_3) $\leq 1,0\%$ in peso sul cemento per additivi non alcalini.



Per i controlli specifici relativi ai calcestruzzi special si rimanda ai paragrafi § 6.2.1.3 in fase di qualifica e § 6.3.1.36.3.1 in fase di controlli di accettazione.

I **componenti del calcestruzzo proiettato di riferimento** (cemento, acqua, eventuali aggiunte, aggregati, additivi, fibre, ecc.) dovranno risultare conformi a quanto riportato al paragrafo 13.1 nonché alle indicazioni presenti nel prospetto 4 della UNI EN 14487-1.

NOTA Particolare attenzione dovrà essere posta alla verifica della potenziale reattività con gli alcali degli aggregati, qualora si preveda di impiegare additivi per la proiezione a base di alcali.

NOTA Particolare attenzione dovrà essere posta all'effetto di riduzione delle prestazioni meccaniche, alle medie e lunghe stagionature, che gli additivi acceleranti di presa e di indurimento possono causare rispetto ai valori attesi nella miscela di riferimento senza accelerante. Si dovrà verificare, in fase di qualifica della miscela (vedi successivo § 6.2.1.3), che la resistenza a compressione a 28 giorni sia conforme alle specifiche di progetto .

3 ACCIAI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

Acciai per opere all'aperto:

- B.05.030 ACCIAIO IN BARRE TONDE B450C BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA
- B.05.031 SOVRAPPREZZO PER IL RIVESTIMENTO PROTETTIVO DELLE BARRE
 - B.05.031.a - PER BARRE DI DIAMETRO FINO A 10,00 MM
 - B.05.031.b - PER BARRE DI DIAMETRO DA 10,01 A 15,00 MM
 - B.05.031.c - PER BARRE DI DIAMETRO DA 15,01 A 20,00 MM
 - B.05.031.d - PER BARRE DI DIAMETRO DA 20,01 A 30,00 MM
 - B.05.031.e - PER BARRE DI DIAMETRO DA 30,01 A 40,00 MM
- B.05.040 TONDINO IN ACCIAIO INOX CLASSE B450C
 - B.05.040.a - PER ACCIAIO AISI 304L
 - B.05.040.b - PER ACCIAIO AISI 316L
- B.05.050 RETE ELETTROSALDATA
 - B.05.050.a - RETE ACCIAIO B450C



- B.05.050.b - IN ACCIAIO INOX AISI 316L
 - B.05.050.c - IN ACCIAIO INOX AISI 304L
 - B.05.060 SOVRAPPREZZO ALL'ACCIAIO PER ZINCATURA A CALDO
 - B.05.070 SOVRAPPREZZO PERCENTUALE PER IMPIEGO DI ACCIAIO DI CUI AGLI ARTICOLI B.05.030 - B.05.050
 - B.05.070.a - PER QUANTITATIVI UGUALI O INFERIORI A 200 KG
 - B.05.070.b - PER QUANTITATIVI SUPERIORE A 200 KG ED INFERIORE A 500 KG
- Acciai per precompressione:
- B.05.020 TESTATA D'ANCORAGGIO ATTIVA A TESATURA DI TREFOLI O CAVI PER C.A.P.
 - B.05.020.a - FINO A 7 TREFOLI
 - B.05.020.b - DA 8 FINO A 19 TREFOLI
 - B.05.020.c - OLTRE I 20 TREFOLI
 - B.05.021 TESTATA D'ANCORAGGIO PASSIVA A TESATURA DI TREFOLI O CAVI PER C.A.P.
 - B.05.021.a - FINO A 7 TREFOLI
 - B.05.021.b - DA 8 FINO A 19 TREFOLI
 - B.05.021.c - OLTRE I 20 TREFOLI
 - B.05.022 TESTATA D'ANCORAGGIO DI GIUNZIONE A TESATURA DI TREFOLI O CAVI PER C.A.P.
 - B.05.022.a - FINO A 7 TREFOLI
 - B.05.022.b - DA 8 FINO A 19 TREFOLI
 - B.05.022.c - OLTRE I 20 TREFOLI
 - B.05.055 FILO X PRECOMPRESSO ACCIAIO DIAM 4 - 12 MM TIPO FP(O.2)K 1450 N/mm²
 - B.05.056 TRECCIA X PRECOMPRESSO ACCIAIO QUAL. DIAM. FP(O.2)K 1600 N/mm²
 - B.05.057 TREFOLO PER PRECOMPRESSO IN ACCIAIO FP(1)K 1600 N/mm²
 - B.05.065 ACCIAIO IN BARRE TIPO DIWIDAG X C.A.P. CON FPYK > 835 N/mm²
 - B.05.065.a - BARRE AVENTI FPYK > 835 N/mm² ED FPTK > 1030 N/mm²
 - B.05.065.b - BARRE AVENTI FPYK > 1080 N/mm² ED FPTK > 1230 N/mm²
- Acciai per opere in sotterraneo:
- C.02.005 ACCIAIO IN BARRE TONDE
 - C.02.005.a - TIPO B450C AD ADERENZA MIGLIORATA PER LAVORI IN SOTTERRANEO
 - C.02.014 RETE DI ACCIAIO A MAGLIE ELETTRICAMENTE SALDATE IN SOTTERRANEO



3.1 Caratteristiche tecniche

Le diverse tipologie di **acciaio ordinario per c.a.** ad aderenza migliorata impiegabili, secondo quanto previsto al § 11 del D.M. 14/01/2008, sono:

- **acciaio tipo B450C**
 - barre d'acciaio ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$), rotoli ($6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$);
 - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 16 \text{ mm}$;
 - reti elettrosaldate: $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$;
 - tralicci elettrosaldati $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$

- **acciaio tipo B450A**
 - barre d'acciaio ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$), rotoli ($5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$);
 - prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri $\leq 10 \text{ mm}$;
 - reti elettrosaldate: $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$;
 - tralicci elettrosaldati $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$

Ognuno di questi prodotti deve possedere tutti i requisiti previsti dal D.M. 14/01/2008, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova e le condizioni di prova.

Tabella 5 Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento $f_{y \text{ nom}}$ e rottura $f_{t \text{ nom}}$ degli acciai B450C e B450A

$f_{y \text{ nom}}$	450 N/mm ²
$f_{t \text{ nom}}$	540 N/mm ²



Gli **acciai inossidabili**, se il loro impiego è previsto in progetto, dovranno rispettare tutte le caratteristiche previste al § 11.3.2.9.1 del D.M. 14/01/2008.

Quando previsto in progetto, gli acciai in barre e le reti di acciaio elettrosaldate dovranno essere **zincate** a caldo. Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03 - 0,04%, oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%. Il peso del **rivestimento in zinco**, che non dovrà mai discostarsi di $\pm 10\%$ dalla quantità di 610 g/m^2 di superficie effettivamente rivestita, corrisponderà ad uno spessore di $85 \mu\text{m} \pm 10\%$.

È ammesso esclusivamente l'impiego di **acciai per c.a.p.** qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. 14/01/2008 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del succitato D.M. Gli acciai per c.a.p. possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre). I **fili** possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante. Le **barre** possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

Tabella 6 Proprietà meccaniche, garantite dal produttore degli acciai per c.a.p.

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli	Trefoli a fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura $f_{ptk} \text{ N/mm}^2$	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820	≥ 1900
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua $f_{p(0,1)k} \text{ N/mm}^2$	-----	≥ 1420	-----	-----	-----
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale $f_{p(1)k} \text{ N/mm}^2$	-----	-----	≥ 1670	≥ 1620	≥ 1700
Tensione caratteristiche di snervamento $f_{pyk} \text{ N/mm}^2$	≥ 800	-----	-----	-----	-----
Allungamento sotto carico massimo A_{gt}	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$	$\geq 3,5$



Gli **ancoraggi** terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi alle specifiche di progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio.

4 CASSEFORME

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

Casseforme per opere all'aperto:

- B.04.001 CASSEFORME PIANE ORIZZONTALI O VERTICALI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI
- B.04.002 CASSERATURE CURVE O BOMBATE PER STRUTTURE SPECIALI
- B.04.003 CASSEFORME A PERDERE
- B.04.004 ARMATURA PER CASSERI ORIZZONTALI O SUBORIZZONTALI PER STRUTTURE RETTILINEE
 - B.04.004.a - LUCE DA M 2,01 A 10,00
 - B.04.004.b - LUCE DA M 10,01 A 18,00
 - B.04.004.c - LUCE DA M 18,01 A 27,00
 - B.04.004.d - LUCE DA M 27,01 A 32,00
 - B.04.004.e - LUCE DA M 32,01 A 40,00
 - B.04.004.f - LUCE DA M 40,01 A 45,00
- B.04.005 SOVRAPPREZZO PER ARMATURE DI CASSEFORME ORIZZONTALI CURVE $R < 10$ MT
- B.04.006 MAGGIORAZIONE PER ALTEZZE MEDIE SUPERIORI AI 10 M - PER OGNI 5 M
- B.04.008 SOVRAPPREZZO ALLA VOCE B.04.001 PER ARMATURA DI SOSTEGNO PER CASSERI INCLINATI OLTRE IL 25% SULLA VERTICALE
- Casseforme per opere in sottoterraneo:
- C.02.003 CASSEFORME PER CALCESTRUZZI DI RIVESTIMENTO IN SOTTERRANEO
 - C.02.003.a - PER CALOTTA O PIEDRITTI DI GALLERIA AD UNICO GETTO
 - C.02.003.b - DI PIEDRITTI A SEZIONE CORRENTE IN SOTTOMURAZIONE
 - C.02.003.c - PER POZZI DI AEREAZIONE DI QUALUNQUE PROFONDITÀ
 - C.02.003.d - CASSEFORME DI TESTATE DEI CONCI



4.1 Caratteristiche tecniche

Per le caratteristiche e l'utilizzo delle **casseforme** si farà riferimento a quanto indicato ai §§ 4.1 e 4.2 delle *"Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo"* pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

Nella progettazione e nella esecuzione delle **armature di sostegno** delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed 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, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

È prescritto l'uso di **casseforme metalliche** o di **materiali fibro-compresi** o **compensati**; in ogni caso, esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate, per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di **casseforme in legno**, l'Impresa dovrà 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.

I prodotti **disarmanti** dovranno essere conformi alla normativa vigente (fino a nuova pubblicazione fare riferimento alla UNI 8866, ritirata senza sostituzione).



5 MALTE E CALCESTRUZZI DA RIPRISTINO STRUTTURALE E PROTEZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- B.09.215 MALTE PRECONFEZIONATE ADDITIVATE CON POLIMERI
 - B.09.215.a - SPESSORE MINIMO 2 MM
 - B.09.215.b - SPESSORE DA 3 MM A 6 MM
 - B.09.215.c - SPESSORE DA 7 MM A 10 MM
- B.09.220 MALTE PREMISCELATE
 - B.09.220.1 TIXOTROPICA BICOMPONENTE ADDITIVATA CON POLIMERI
 - B.09.220.1.a - FINO AD UNO SPESSORE MAX DI CM 2
 - B.09.220.1.b - SOVRAPPREZZO PER OGNI CENTIMETRO IN PIÙ
 - B.09.220.2 TIXOTROPICA FIBRORINFORZATA CON FIBRE INORGANICHE
 - B.09.220.2.a - FINO AD UNO SPESSORE MAX DI CM 2
 - B.09.220.2.b - SOVRAPPREZZO PER OGNI CENTIMETRO IN PIÙ
 - B.09.220.3 COLABILE RINFORZATA CON FIBRE INORGANICHE
 - B.09.220.4 COLABILE RINFORZATA CON FIBRE IN ACCIAIO
- B.09.230 UTILIZZO DI BETONCINO
 - B.09.230.a - COLABILE ESPANSIVO PRERMISCELATO
 - B.09.230.b - COLABILE ESPANSIVO PRERMISCELATO RINFORZATO CON FIBRE IN ACCIAIO
 - B.09.230.c - COLABILE ESPANSIVO PRERMISCELATO RINFORZATO CON FIBRE IN ACCIAIO RCK \geq 85 MPA
- B.09.260 CLS A RITIRO COMPENSATO PREMISCELATO, CONSISTENZA S4/S5
 - B.09.260.a - RCK \geq 45 MPA E AGGREGATI
 - B.09.260.b - RCK \geq 65 MPA E AGGREGATI RINFORZATO CON FIBRE SINTETICHE
 - B.09.260.c - RCK \geq 65 MPA E AGGREGATI RINFORZATO CON FIBRE IN ACCIAIO
- B.09.305 COLABILE PREMISCELATO CON FIBRE DI ACCIAIO
 - B.09.305.a - MALTA
 - B.09.305.b - BETONCINO

5.1 Caratteristiche tecniche

Per quanto riguarda gli interventi adeguamento, miglioramento o riparazione ed intervento locale trovano impiego le **malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione**.

Dovendo ripristinare o incrementare la **durabilità** della struttura degradata alle classi di esposizione previste nella UNI EN 206 e UNI 11104, in assenza di rivestimenti impermeabili, i prodotti da ripristino a base cementizia dovranno rispettare, in termini di resistenza meccanica,



quanto previsto da suddette norme. Pertanto, per una durabilità fino a 50 anni, si dovranno garantire **classi di resistenza minime** da 30 a 45 MPa in funzione della **classe di esposizione ambientale**. Per lo **spessore del copriferro** da ripristinare varrà quanto già indicato al successivo par. 2.1.

Nel caso di **prodotti a base cementizia**, uno dei requisiti fondamentali è l'espansione contrastata in aria (vedi successivo par. 13.3.11.6) garantita dall'impiego di agenti espansivi non metallici (vedi successivo par. 13.1.6), solitamente combinati con additivi antiritiro (vedi successivo par. 13.1.5) e microfibre sintetiche (ad esempio: poliacrilonitrile), per contrastare le fessure in fase plastica.

Nel caso di prodotti in cui sia necessario incrementare la resistenza a trazione in fase *post* fessurativa e la duttilità del materiale, si ricorre all'impiego di prodotti fibrorinforzati con macrofibre (tipicamente 20-40 mm), in acciaio o polimeriche, ad elevata resistenza ed alto modulo elastico (es. PVA o poliestere).

Nella seguente Tabella 7 vengono sintetizzate le combinazioni delle varie categorie di prodotto (boiacche, malte, betoncini e calcestruzzi) ed il metodo di messa in opera in funzione dello spessore da ripristinare.

Tabella 7: **Categoria e tecnica di applicazione dei prodotti da ripristino in funzione dello spessore da ripristinare**

		DEGRADO													
		Lieve			Medio				Profondo					Molto profondo	
Spessore ripristino (mm)		1	3	8	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	>100
TECNICHE APPLICAZIONE	Iniezione	Boiacche cementizie e formulati con resine													
	Rasatura	Malte fini tixotropiche													
	Spruzzo o rinzafo				Malte tixotropiche										
	Colaggio				Malte colabili				Betoncini colabili						
													Calcestruzzi (S4)-S5 vibrati o SCC colato		

NOTE alla Tabella 7



Boiacche: solo legante e filler; **Malte fini:** D_{max} fino a 2 mm; **Malte:** D_{max} fino a 4-6 mm

Betoncini: D_{max} fino a 16 mm; **Calcestruzzi:** $D_{max} < \frac{1}{4}$ sp da ripristinare.

Le **malte premiscelate da ripristino e protezione** hanno requisiti prestazionali sintetizzati nelle Tabelle A.10.1 e A.10.2 di cui all'ALLEGATO 10 par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

I **calcestruzzi da ripristino** rientrano nella categoria dei conglomerati non premiscelati con $D_{max} > 6$ mm (betoncini e calcestruzzi) da utilizzare con funzione di ripristino strutturale e della durabilità.

Nel caso di riparazione o adeguamento di strutture esistenti, laddove non sia possibile garantire un **copriferro** adeguato, per spessore e caratteristiche, alla classe di esposizione ambientale ed alla vita utile di servizio dell'opera, è possibile ricorrere all'impiego di **sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione**, in forma di **vernici resinose o boiacche cementizie additivate**, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte.

6 ACCETTAZIONE E CONTROLLI

6.1 Controllo delle certificazioni per materie prime e prodotti

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati per la realizzazione di opere in c.a. e c.a.p. devono rispondere ai requisiti indicati al § 11.1 del D.M. 14/01/2008.

In particolare, per i materiali e **prodotti recanti la Marcatura CE**, sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato, ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea, ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.

Al paragrafo 13.1 sono riportate le tabelle che sintetizzano i requisiti di prodotto richiesti per le varie materie prime utilizzate (cementi, aggiunte minerali, aggregati, acqua, additivi, agenti espansive, fibre)

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.



Per i **prodotti non recanti la Marcatura CE**, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C), rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

6.2 Prequalifica e qualifica

6.2.1 Prequalifica e qualifica dei conglomerati cementizi

In accordo al D.M. 14/01/2008, per la produzione dei conglomerati cementizi si possono configurare due differenti possibilità:

- **calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato;**
- **calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.**

6.2.1.1 *Calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato*

Tale situazione si configura unicamente nella produzione di quantitativi di miscele omogenee inferiori ai 1.500 m³, effettuate direttamente in cantiere mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati.

In tal caso, la produzione deve avvenire sotto la diretta responsabilità dell'Impresa e con la diretta vigilanza della Direzione dei Lavori.

a) Prove di prequalifica

L'Impresa è tenuta ad effettuare la qualificazione iniziale (**prequalifica**) delle miscele per mezzo della "**valutazione preliminare della resistenza**" (§ 11.2.3 del D.M. 14/01/2008) prima dell'inizio della costruzione dell'opera, attraverso idonee prove preliminari atte ad accertare la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che sarà utilizzata per la



costruzione dell'opera (indicata nella tabella di cui al succitato § 14.1 "Allegato 1 CONTROLLI SUL CEMENTO").

La qualificazione iniziale di tutte le miscele utilizzate deve effettuarsi per mezzo di prove certificate da parte dei **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4).

Nella **relazione di prequalifica**, l'Impresa dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- documentazione comprovante la marcatura CE dei materiali costituenti o altra certificazione volontaria del produttore e relative schede tecniche;
- massa volumica reale s.s.a. ed assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI EN 1097;
- diametro nominale massimo degli aggregati e studio granulometrico secondo UNI EN 933/1,2;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- massa volumica del calcestruzzo fresco secondo UNI EN 12350/6 e calcolo della resa;
- classe di esposizione ambientale cui è destinata la miscela secondo UNI EN 206 e UNI 11104;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- contenuto di aria della miscela valutata secondo UNI EN 12350/6;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza del calcestruzzo da asciutta a superfluida valutata secondo UNI EN 12350/1 con i tre metodi delle UNI EN 12350/2,3,4 a seconda del livello di lavorabilità della miscela. Per i calcestruzzi auto-compattanti la consistenza verrà valutata con i metodi previsti nelle UNI EN 12350/9,10,11,12;
- condizioni di stagionatura utilizzate per specifiche verifiche;
- la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo secondo UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2, ovvero altre per specifiche verifiche (es. con temperature analoghe a quelle previste in sito);
- resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni (Rck), secondo UNI EN 12390-3 e UNI EN 12390-4;
- curve di resistenza nel tempo (con misure a 2, 7, 14 e 28 giorni, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione Lavori);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di posa in opera e maturazione dei getti.

NOTA Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione a



28 giorni dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti. Il valor medio dei tre prelievi (ciascuno di tre provini) dovrà soddisfare le seguenti relazioni:

- $R_{i\min} > R_{ck}$
- $R_{cm} > R_{ck} + k$

con k pari al doppio dello scarto atteso in produzione e, quindi, usualmente compreso tra 6 e 12 N/mm^2 (in assenza di previsioni sullo scarto di produzione, si assumerà il valore più alto pari a 12 N/mm^2).

I limiti di accettazione per le varie proprietà sono indicati nella tabella riportata al succitato § 14.9 "Allegato 9 CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ."

La relazione di prequalifica, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura nella tabella di cui al citato Allegato 1, dovrà essere sottoposta all'esame della Direzione dei Lavori almeno 30 giorni prima dell'inizio dei relativi getti.

b) Prove di qualifica presso l'impianto

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato detta relazione di prequalifica e dopo aver effettuato in impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, tre impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla nella tabella riportata nel succitato Allegato 9 al § 14.9 (prove di qualifica).

Anche l'attività di qualifica dovrà essere effettuata per mezzo di prove certificate da parte dei **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4).

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori.

Salvo diversa richiesta della Direzione Lavori, le verifiche previste sulle materie prime nella fase di qualifica sono riportate nelle tabelle dei succitati Allegati da 1 (par. 14.1 a 14.8) , mentre quelle previste sui calcestruzzi sono riportate nella tabella di cui al già citato Allegato 9 (par14.9).

La verifica sarà completa su una miscela, mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali di cui ai successivi punti 1, 2 e 3.

Le miscele verranno autorizzate solo se:



1. la **classe di consistenza** risulti conforme alla classe richiesta per almeno 60' (salvo richieste aggiuntive in relazione ai tempi di trasporto di cui al successivo par.7.2), con una tolleranza di ± 20 mm tra un impasto e l'altro, di consistenza all'interno della classe
2. la **resistenza a compressione** media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata alle stesse stagionature delle prove di prequalifica sui provini prelevati dai tre impasti della prova di qualifica in impianto di confezionamento, non si discosti di $\pm 10\%$ dal valore indicato nella relazione di prequalifica
3. Il valore della **massa volumica** del calcestruzzo fresco non si discosti di più del $\pm 3\%$ da quello nominale impostato a seguito della prequalifica
4. Il **rapporto acqua-cemento** determinato secondo le modalità descritte al precedente par.13.1.4 non si discosti di più 0,03 da quello di prequalifica
5. I valori medi degli altri requisiti aggiuntivi di cui al successivo par. 13.3.11 eventualmente previsti rispettino i limiti di progetto.

I **limiti di accettazione** per le varie proprietà sono indicati nella tabella riportata nel succitato 14.9 "Allegato 9. "

In conformità al § 11.2.3 del D.M. 14/01/2008, si ribadisce che la responsabilità della qualità finale del calcestruzzo, che sarà controllata dalla Direzione Lavori secondo le procedure di cui al successivo par. 6.3.1 , resta comunque in capo all'Impresa.

NOTA Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di prequalifica e verificate in sede di qualifica, non potranno essere modificati in corso d'opera salvo deroghe eccezionali convenute con la Direzione Lavori. Qualora, eccezionalmente, si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

6.2.1.2 Calcestruzzo prodotto con processo industrializzato

Tale situazione è contemplata dal D.M. 14/01/2008 al § 11.2.8, dove si definisce come calcestruzzo prodotto con processo industrializzato il conglomerato realizzato mediante impianti, strutture e tecniche organizzate **sia all'interno del cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.**



Di conseguenza, in questa fattispecie rientrano, a loro volta, due tipologie di produzione del calcestruzzo, vale a dire:

- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati fissi esterni al cantiere (impianti di preconfezionamento o di prefabbricazione);
- calcestruzzo prodotto in impianti industrializzati installati nei cantieri (temporanei)

In questi casi, gli impianti devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Al fine di contribuire a garantire quest'ultimo punto, gli impianti devono essere dotati di un sistema di controllo permanente della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dal D.M. 14/01/2008 e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

NOTA Tale sistema di controllo, chiamato "**controllo della produzione in fabbrica**" (FPC), deve essere riferito a ciascun impianto ed è sostanzialmente differente dall'ordinario sistema di gestione della qualità aziendale al quale, tuttavia, può essere affiancato.

Il sistema di controllo dovrà essere certificato da un organismo terzo indipendente di adeguata competenza e organizzazione, autorizzato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e che operi in coerenza con la UNI EN 45012. Quale riferimento per tale certificazione devono essere prese le Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, allo scopo di ottenere un calcestruzzo di adeguate caratteristiche reologiche, chimiche e meccaniche.

Il sistema di **controllo della produzione in fabbrica** dovrà comprendere le prove di autocontrollo, effettuate a cura del produttore secondo quanto previsto dalle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato. L'organismo di certificazione, nell'ambito dell'ispezione delle singole unità produttive, procederà a verificare anche i laboratori utilizzati per le prove di autocontrollo interno. In virtù di tale verifica e sorveglianza del controllo di produzione, le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

L'Impresa dovrà comunque consegnare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei getti, copia del **dossier di prequalifica** (basato sulle prove di autocontrollo di produzione) della miscela o delle miscele di calcestruzzo che verranno impiegate e dell'attestato di certificazione del sistema di controllo di produzione in fabbrica; qualora le forniture provengano da impianti di preconfezionamento esterni al cantiere ed estranei all'Impresa, quest'ultima sarà tenuta a richiedere copia dei documenti di cui sopra al produttore di calcestruzzo.



La Direzione Lavori verificherà, quindi, che i documenti accompagnatori di ciascuna fornitura in cantiere riportino gli estremi della certificazione del sistema di controllo della produzione.

Salvo specifica deroga da parte della Direzione dei Lavori, è richiesta, in contraddittorio con l'impresa, la **qualifica** delle miscele presso l'impianto di confezionamento con prove già descritte in 6.2.1.1 b) certificate da parte dei **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4).

Oltre alle prove di qualifica, saranno obbligatorie **anche prove di prequalifica** come in 6.2.1.1 a) certificate da laboratorio accreditato.

6.2.1.3 Qualifica dei calcestruzzi speciali

Relativamente a tutti i **calcestruzzi speciali**, di cui al § 2.2.1, anche se prodotti in impianto dotato di certificazione del processo produttivo cui al precedente par. 6.2.1.2, dovranno essere sottoposti a prove di qualifica da parte di **laboratori accreditati** (rif. par. 6.4) verificando, oltre a quanto descritto al precedente par. 6.2.1.1 b), anche i seguenti requisiti aggiuntivi:

- a) Nel caso dei **calcestruzzi a ritiro compensato** - in fase di prequalifica - andrà anche verificata l'efficacia dell'agente espansivo in eventuale combinazione con un agente antiritiro ed alle temperature critiche ipotizzate nel periodo di getto secondo il metodo della UNI 8148 riportato al § 13.1.6. È noto, infatti, che con temperature calde (sopra i 30°C) l'efficacia dell'espansivo viene ridotta, a causa della rapida reazione dello stesso quando il calcestruzzo è ancora in fase plastica mentre, viceversa, con climi molto freddi il ritardo nell'indurimento non permette di sfruttare a pieno il contrasto delle armature. In questi casi, andranno quindi ottimizzati sia il dosaggio dell'agente espansivo sia quello degli additivi regolatore di presa, nonché l'eventuale prolungamento della stagionatura umida del calcestruzzo.

NOTA Si precisa che la UNI 8148 non prevede dei limiti di accettazione, che andranno altresì definiti in base alle specifiche esigenze di progetto. In funzione del sistema espansivo adottato (ad esempio, a base ossido di calcio o solfo alluminato tetra calcico) il dosaggio di prodotto e l'espansione a breve termine andranno verificate in modo da garantire un ritiro nullo a 90 giorni. In via puramente indicativa, possono essere considerati i seguenti **limiti di riferimento**: a 1 giorno $\geq 400 \mu\text{m}/\text{m}$; a 7 giorni $\geq 200 \mu\text{m}/\text{m}$; a 28 giorni $\geq 100 \mu\text{m}/\text{m}$; a 90 giorni $\geq 0 \mu\text{m}/\text{m}$.

- b) Nel caso dei **calcestruzzi fibro-rinforzati** questi dovranno rispondere a quanto riportato nella norma tecnica UNI 11039: "Calcestruzzo rinforzato con fibre d'acciaio; Parte I: Definizioni, classificazione e designazione" ed essere caratterizzati secondo UNI 11039 "Parte II: Metodo di prova per la determinazione della resistenza di prima fessurazione e degli indici di



duttilità", ovvero secondo UNI EN 14651, menzionate al par. 13.3.11.2. Nelle prove di prequalifica e qualifica, dovrà essere determinata la **resistenza a trazione residua per lo stato limite di esercizio** (f_{r1k}) e quella **per lo stato limite ultimo** (f_{r3k}) secondo le norme sopra specificate.

Nel caso in cui il calcestruzzo fibro-rinforzato abbia comportamento a trazione di tipo incrudente, i controlli allo stato indurito si limiteranno alla verifica della resistenza a flessione a trazione secondo UNI EN 12390/7, con rilievo del grafico sforzo-deformazione nella mezzeria.

NOTA Per le tipologie dei **calcestruzzi fibro-rinforzati** rientranti anche nella categoria di calcestruzzi **a ritiro compensato**, vale in aggiunta quanto riportato al precedente punto a)

- c) Per i **calcestruzzi leggeri per uso strutturale e non** relativamente ai requisiti relativi alle altre materie prime, alle classi di durabilità, i controlli di produzione ed in corso d'opera, vale quanto già definito ai capitoli precedenti per i calcestruzzi di peso normale. Tra i requisiti aggiuntivi da verificare (di cui al par. 13.3.11), particolare attenzione meritano quelli legati alla omogeneità e stabilità della miscela allo stato fresco ed alla deformabilità del materiale allo stato indurito (ritiro, deformazione viscosa e modulo elastico).
- d) I **calcestruzzi proiettati** di tipo strutturale permanente (qualsiasi sia la destinazione d'uso) dovranno essere sottoposti, con adeguato anticipo rispetto alla data prevista per l'inizio dei lavori, ad un procedimento di prequalifica e di qualifica, così come di seguito dettagliato.

Il progettista ed il Direttore dei Lavori potranno decidere se richiedere una prequalifica e/o una qualifica preliminari all'impiego di calcestruzzi proiettati, per impieghi di tipo non strutturale o strutturale temporaneo. La fase di qualifica dovrà consistere dalla realizzazione di un campo di prova con l'esecuzione di un simulacro del manufatto da realizzare, impiegando le stesse attrezzature e manodopera e operando in condizioni analoghe a quelle previste per l'applicazione reale.

In occasione della realizzazione del simulacro, verranno verificate l'attitudine della miscela che si intende impiegare ad essere applicata mediante proiezione, l'idoneità dell'attrezzatura che si intende impiegare e le modalità di proiezione; inoltre, verranno verificate le principali prestazioni del conglomerato proiettato misurate sia su pannelli di prova appositamente prodotti come descritto al § 5.4 della UNI EN 14488-1, sia sul simulacro realizzato.

I prelievi dovranno essere eseguiti con le modalità indicate ai § 5.6 e 5.7 della UNI EN 14488-1; in particolare, si procederà a misurare le seguenti grandezze:



- classe di consistenza del calcestruzzo proiettato di riferimento;
- massa volumica e aria inglobata nel del calcestruzzo proiettato di riferimento;
- dosaggio degli additivi impiegati per la proiezione;
- eventuale dosaggio di fibre;
- verifica dello sfrido;
- resistenza meccanica del calcestruzzo giovane mediante i metodi A e B della UNI EN 14488-2 (se richiesto in progetto);
- resistenza meccanica a compressione (secondo UNI EN 12504-1 su carote estratte dal simulacro e dai pannelli di prova);
- massa volumica del calcestruzzo indurito (secondo UNI EN 12350-6 sulle carote estratte dal simulacro e dai pannelli di prova);
- resistenza a flessione di primo picco, ultima e residua secondo UNI EN 14488-3 (se richieste in progetto e applicabili);
- aderenza per trazione diretta secondo UNI EN 14488-4 (se richiesta in progetto e applicabile)
- capacità di assorbimento di energia secondo UNI EN 14488-5 (se richiesta in progetto e applicabile);
- spessore di calcestruzzo sul supporto secondo UNI EN 14488-6;
- contenuto di fibre secondo UNI EN 14488-5 (se applicabile)

I valori ottenuti dovranno essere confrontati con quelli specificati nel progetto, sulla base dei criteri di conformità riportati al § 7.5 della UNI EN 14487-1.

NOTA In particolare, in fase di qualifica si dovrà verificare l'entità della riduzione delle prestazioni meccaniche alle medie e lunghe stagionature del calcestruzzo con additivi acceleranti di presa e di indurimento rispetto ai valori attesi nella miscela di riferimento senza accelerante. proiezione. Anche dopo le riduzioni rispetto al conglomerato di riferimento, la resistenza a compressione a 28 giorni del conglomerato con additivo accelerante dovrà essere conforme alle specifiche di progetto.



NOTA La **non conformità** di un solo dei parametri sopra elencati comporterà l'esecuzione di una nuova qualifica, eseguita su una miscela adeguatamente modificata.

I risultati delle prove di resistenza meccanica sul calcestruzzo giovane e di massa volumica delle carote, inoltre, serviranno come riferimento per valutare i risultati delle stesse prove durante i controlli in corso d'opera.

NOTA L'accettazione di valori in deroga a quelli specificati è subordinata alla dichiarazione di adeguate garanzie di tipo prestazionale, che saranno quindi soggette a verifica da parte della Direzione Lavori.

NOTA La documentazione fornita non esime comunque il fornitore dall'obbligo di eseguire ulteriori prove ed a presentare la relativa documentazione, qualora ANAS le ritenesse necessarie per le esigenze dell'appalto. L'impresa esecutrice, se diversa dal fornitore, resta comunque totalmente responsabile della qualità dell'opera eseguita, anche per quanto possa dipendere dalla effettiva qualità dei materiali stessi.

6.2.2 Qualifica delle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione

Le **malte da ripristino strutturale e protezione** dovranno essere marcate CE secondo la serie di norme UNI EN 1504 - "Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità"; in particolare si farà riferimento alle seguenti norme:

- UNI EN 1504-3: per Prodotti da riparazione strutturale e non;
- UNI EN 1504-2: per prodotti per la protezione superficiale;
- UNI EN 1504-5 per i prodotti da iniezione.

Nelle Tabelle A.10.1 e A.9.2 di cui all'ALLEGATO 10 § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** vengono segnalate le proprietà per le quali si ritiene raccomandabile una verifica in qualifica ed in accettazione della fornitura.



Essendo le **malte premiscelate** in questione prodotti dotati di marcatura CE obbligatoria, le **prove di prequalifica e qualifica** si intendono sostituite dalle prove del controllo del processo produttivo certificato da Ente terzo notificato.

Tuttavia, è facoltà della Direzione Lavori richiedere la verifica sia con prove di laboratorio che con prove applicative in opera, in contraddittorio con l'Impresa, alcune proprietà principali (ad esempio, l'adesione al calcestruzzo del substrato o la stabilità dimensionale della malta), sia in fase qualifica che in fase di controllo di accettazione.

Per i **calcestruzzi da ripristino**, oltre a valere le condizioni di cui ai precedenti paragrafi indicati per i calcestruzzi ordinari, le prove di **prequalifica e di qualifica** dovranno contenere la certificazione di proprietà specifiche, analoghe a quelle richieste nella marcatura CE di malte premiscelate di cui sopra, quali ad esempio l'adesione al substrato, l'espansione contrastata, la penetrazione dei cloruri e dell'anidride carbonica, nonché la resistenza al gelo in base alla classe di esposizione a cui sono destinati.

Nella Tabella A.10.3 di cui al succitato Allegato 10 vengono riportati i controlli aggiuntivi (rispetto a quelli già indicati nella tabella riportata nel già citato Allegato 8) richiesti per questa categoria di calcestruzzi in fase di qualifica.

Relativamente ai **sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione**, in forma di vernici resinose o boiacche cementizie additivate, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte i suddetti prodotti dovranno essere dotati di marcatura CE ai sensi della UNI EN 1504-7.

6.2.3 Qualifica degli acciai

L'**acciaio** deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

NOTA Si precisa che per tutte le **forniture dichiarate non idonee** (e conseguentemente rifiutate) dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese all'allontanamento dal cantiere ed al rimpiazzo con nuove forniture.



6.2.3.1 Acciaio per c.a.

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai saldabili B450C e B450A ad aderenza migliorata qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 14/01/2008 al § 11.3.1.6 e **controllati** con le modalità riportate nei §§ 11.3.2.10 e 11.3.2.11 del citato decreto.

Tutte le forniture di acciaio provenienti dai centri di trasformazione devono essere accompagnate da copia dell'“**Attestato di Qualificazione**”, rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

I **centri di trasformazione** sono impianti esterni alla fabbrica ed al cantiere, fissi o mobili, che ricevono dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confezionano elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere (staffe, ferri piegati, gabbie, ecc.), pronti per la messa in opera o per successive ulteriori lavorazioni. Tali centri devono possedere i **requisiti** ed operare in conformità alle **disposizioni** dei §§ 11.3.1.7 e 11.3.2.10.3 del D.M. 14/01/2008.

Per i prodotti provenienti dai centri di trasformazione, è necessaria la **documentazione** atta ad assicurare che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 14/01/2008.

Inoltre, dovrà essere fornita alla Direzione dei Lavori la seguente **documentazione aggiuntiva**:

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (che può anche essere inserita nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

NOTA Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso, per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati, in aggiunta agli



“Attestati di Qualificazione”, dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Per le **barre in acciaio zincato o inossidabile per c.a.**, relativamente all'accettazione delle forniture, si procederà come per gli acciai ordinari.

Per le **barre in acciaio zincato** il produttore, oltre alla documentazione sopra richiesta, per ogni fornitura, dovrà presentare la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono. La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

La Direzione dei Lavori, prima della messa in opera, provvederà a verificare quanto sopra indicato; in particolare, controllerà la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture saranno rifiutate.

6.2.3.2 Acciaio per c.a.p.

È ammesso esclusivamente l'impiego di **acciai per c.a.p.** qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 del D.M. 14/01/2008 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del succitato D.M.

Tutte le forniture di **fili, barre e trefoli** dovranno essere accompagnate da copia in corso di validità dell'“**Attestato di Qualificazione**” rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale e dovranno essere **munite di un sigillo** sulle legature con il marchio del produttore.

6.3 Controlli in corso d'opera

6.3.1 Controlli in corso d'opera sui conglomerati cementizi



6.3.1.1 *Controlli di accettazione sui conglomerati cementizi*

La Direzione dei Lavori eseguirà i **controlli di accettazione**, secondo le modalità e la frequenza indicate ai §§ 11.2.2, 11.2.4 e 11.2.5 del D.M. 14/01/2008, su miscele omogenee di conglomerato come definite al § 11.2.1 del citato Decreto.

Il **prelievo di calcestruzzo** dovrà essere sempre eseguito alla presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori il quale, prima di accettare la fornitura e di procedere con i prelievi, dovrà:

- verificare, dal documento di consegna, l'ora di carico e di prevista consegna del calcestruzzo ed accertarsi che l'organizzazione data allo scarico ed alla messa in opera consenta il rispetto dei tempi indicati al successivo par. 7.2
- verificare che gli elementi contenuti nel documento di consegna di cui al successivo par.7.2 siano conformi alle prescrizioni richieste e respingere il carico in caso di loro mancata corrispondenza;
- controllare che il tipo ed il diametro massimo dell'aggregato corrispondano a quanto richiesto e, in caso di difformità, respingere il carico;
- controllare che la consistenza del calcestruzzo consegnato sia corrispondente a quanto richiesto e specificato sul documento di consegna, ovvero respingere il carico ove essa risultasse di classe diversa.

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), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nel D.M. 14/01/2008 e nella norma UNI-EN 206.

Il **numero e la tipologia dei controlli di accettazione** relativi alla classe di resistenza sarà conforme alle due tipologie previste al § 11.2.5 del D.M. 14/01/2008, vale a dire:

- **Tipo A** (impiegato soltanto quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea inferiori ai 1500 m³);
- **Tipo B**.



In particolare, i **campioni** di calcestruzzo devono essere preparati con **casseforme** rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati e stagionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale (autorizzato dal Min. dei LL.PP: per prove secondo legge 106 secondo L. 1086/'71 - DPR 380/'01 - circ. 7617/STC '10), secondo la UNI EN 12390-3. 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, ovvero **cilindrica** con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

Sulla superficie dei provini sarà applicata (annegandola nel calcestruzzo) un'**etichetta** di plastica/cartoncino rigido, sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile; l'etichetta sarà siglata dalla Direzione Lavori al momento del confezionamento dei provini.

Inoltre, la superficie dei provini dovrà essere protetta con apposito coperchio o pellicola plastica, per evitare l'evaporazione dell'acqua fino al momento dello scassero e del trasferimento in ambiente con UR > 95%.

L'esecuzione del campionamento deve essere accompagnata dalla stesura di un **verbale di prelievo**, che riporti le seguenti indicazioni:

1. **Identificazione del campione:**

- tipo di calcestruzzo e relative classi di consistenza, durabilità, resistenza, cloruri e Dmax;
- 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 (ad esempio: muro di sostegno, solaio di copertura, soletta di ponte, ecc.)

2. **Identificazione del cantiere e dell'Impresa appaltatrice**

3. **Data e ora di confezionamento dei provini**

4. **Firma della Direzione Lavori**



Al termine del prelievo, si procederà alla **conservazione dei provini** verranno in adeguate strutture predisposte dall'Impresa; gli stessi saranno 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 ore (in ogni caso non oltre i 3 giorni). Trascorso questo termine, i provini dovranno essere consegnati presso il **Laboratorio Ufficiale** incaricato di effettuare 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 ed 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.

Le medesime condizioni dovranno essere garantite dall'impresa nel caso i provini vengano scasserati secondo i tempi sopramenzionati e non inviati immediatamente al laboratorio di prova.

NOTA L'Impresa sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio, nonché del trasporto e della consegna dei provini di calcestruzzo presso detto Laboratorio, unitamente ad una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale allegherà a tale richiesta, copia del verbale di prelievo.

I **certificati emessi dal Laboratorio Ufficiale** dovranno contenere tutte le informazioni richieste al § 11.2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I limiti di accettazione e la frequenza di verifica delle varie proprietà sono riportati nella tabella di cui al già citato Allegato 9 (par. 14.9).

Qualora la Direzione dei Lavori abbia necessita di **prove complementari** (per esigenze legate alla logistica di cantiere, alla rapida messa in servizio di una struttura o di porzioni di essa o alla messa in tensione dei cavi di precompressione) potrà prescrivere l'ottenimento di un determinato valore della resistenza caratteristica in tempi inferiori ai canonici 28 giorni o a temperature di



maturazione diverse dai 20 °C. In questi casi, oltre al numero di provini previsti per ciascun controllo di accettazione, sarà confezionata un'ulteriore coppia di provini con le medesime modalità, fatta eccezione per le regole di conservazione dei campioni: questi, infatti, saranno maturati in adiacenza alla struttura o all'elemento strutturale per il quale è stato richiesto un valore della resistenza caratteristica a tempi e/o temperature diversi da quelli standard.

NOTA Si specifica che tali prove complementari non potranno, in alcun caso, sostituire i "controlli di accettazione" sopra definiti.

6.3.1.2 *Controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera*

Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza ai valori di resistenza prescritti del calcestruzzo già messo in opera, la Direzione Lavori procederà al **controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera** attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive.

NOTA Tali prove, in ogni caso, non devono intendersi sostitutive dei controlli di accettazione (§ 11.2.6 del D.M. 14/01/2008).

Il valor medio (e quello caratteristico) della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è, in genere, inferiore al valor medio (ed a quello caratteristico) della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in laboratorio (definita come resistenza potenziale).

È accettabile un valore caratteristico della **resistenza strutturale** ($R_{ck, STRUTT}$), misurata con le tecniche distruttive e/o non distruttive ritenute più opportune da parte della D.L. e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, **non inferiore all'85% del valore caratteristico definito in fase di progetto** secondo il D.M. 14/01/2008.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si farà riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504-4:2005, nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP e al § C11.2.6 della Circolare esplicativa alle norme tecniche per le costruzioni.

I limiti di accettazione e la frequenza di verifica delle varie proprietà sono sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 9 già precedentemente citato (par. 14.9).



Le **aree di prova**, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove non distruttive, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine.

Le aree ed i punti di prova debbono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi; pertanto, si farà riferimento al giornale dei lavori ed eventualmente al registro di contabilità, per identificare correttamente le strutture o porzioni di esse interessate dalle non conformità.

La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati.

In assenza di altre indicazioni specifiche, per il numero minimo di prove, si potrà far riferimento alla Tabella C8A.1.3a - C8A.1.3b della Appendice C8A delle Circolari esplicative alle norme tecniche delle costruzioni ed alla possibilità, prevista dalla stessa, di sostituire parte delle prove distruttive con metodi non distruttivi opportunamente tarati, come sintetizzato nella tabella di cui all'Allegato 9 già precedentemente citato (par. 14.9).

La definizione e la divisione in regioni di prova, di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente ad una medesima popolazione di calcestruzzo.

Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate, mentre nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto.

Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle specifiche norme di cui sopra, contestualmente alle indicazioni del produttore dello strumento di prova.

In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive sia di evidenti difetti (vespai, vuoti, occlusioni, ecc.) che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse, sia di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ecc.), sia di polvere ed impurità in genere.

L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie non rimosibili deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

L'assenza di armatura in corrispondenza dei punti di prova di cui al precedente dovrà essere verificata mediante preliminare indagine pacometrica (riferimento norma BS 1881).



In relazione alla finalità dell'indagine, i punti di prelievo o di prova devono essere localizzati in modo puntuale, qualora si voglia valutare le proprietà di un elemento oggetto d'indagine, o casuale, per valutare una partita di calcestruzzo indipendentemente dalla posizione.

6.3.1.3 Controlli aggiuntivi sui calcestruzzi speciali

Oltre ai controlli generali uguali per tipo e frequenza a quelli previsti per i calcestruzzi ordinari D.M. 14/01/2008, sui calcestruzzi speciali andranno previsti anche i seguenti controlli aggiuntivi:

- a) Nel caso dei **calcestruzzi a ritiro compensato** le misure dell'espansione andranno eseguite con il metodo B della UNI 8148, come già riportato ai paragrafi 6.2.1.3 e 13.1.6

- b) I **calcestruzzi fibro-rinforzati** dovranno essere sottoposto a prove di accettazione in cantiere, secondo quanto previsto nella Tabella 8.1 delle Istruzioni CNR DT 204/2006, che viene di seguito riportata come Tabella 10 del presente Capitolato.

Tabella 10: **Prove durante la produzione di calcestruzzi fibrorinforzati** (secondo DT 204/2006)

Oggetto	Proprietà	Metodo	Frequenza
FRC fresco	Corretta miscelazione e distribuzione omogenea fibre	UNI EN 206	Ogni giorno di getto di miscela omogenea
FRC fresco	Contenuto delle fibre	Peso dopo separazione fibre-matrice UNI EN 14721 (*)	Ogni 50 m ³ di getto di miscela omogenea o almeno 2 controlli al giorno
FRC indurito	Resistenza di prima fessurazione	Appendice A DT 104 → UNI 11039 o UNI EN 12390/7 a 4 punti per FRC incrudente	Appendice B DT 104
FRC indurito	Resistenze equivalenti	Appendice A DT 104	Appendice B DT 104



NOTE alla Tabella 10

(*) Procedura valida solo per fibre metalliche. Per altro tipo di fibre occorre mettere a punto procedura specifica.

La revisione delle NTC (la cui bozza è ancora all'esame del Cons. Sup. dei LL.PP.) dovrebbe prevedere, al nuovo par. 11.2.12, la possibilità di utilizzare i cls fibro-rinforzati con le riduzioni o in assenza di armatura longitudinale e trasversale convenzionale (solo nel caso di FRC a comportamento incrudente) secondo i metodi di calcolo previsti nel DT 204, non solo per interventi di ripristino (cap.12) ma anche per le nuove costruzioni.

- c) Durante l'applicazione dei **calcestruzzi proiettati**, si procederà ad un controllo sistematico dei parametri riportati nei prospetti 10, 11 e 12 della UNI EN 14487-1, nel rispetto della categoria di ispezione prescritta in progetto. La Direzione Lavori potrà richiedere prove aggiuntive, o frequenze maggiori di controllo rispetto a quelle previste nei suddetti prospetti, in qualsiasi caso ne ravveda la necessità, ovvero in seguito al verificarsi di non conformità. Inoltre, nei controlli in corso di esecuzione, la resistenza a compressione ottenuta dovrà risultare non inferiore al 75% di quella misurata sulle carote ricavate dalla piastra confezionata con il calcestruzzo proiettato di riferimento (non inferiore al 90% per acceleranti di presa non alcalini).

6.3.2 Controlli sulle malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione

Per il controllo di qualità delle **malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione** si farà riferimento a quanto previsto in generale dalla UNI EN 1504-10 "Applicazione in opera di prodotti e sistemi e controllo di qualità dei lavori"; in particolare, per l'applicazione si farà riferimento ai seguenti punti della norma UNI EN 1504-10:

- § 7.2 per la preparazione del substrato in calcestruzzo;
- § 7.3 per la preparazione dell'armatura;
- §§ da 8.2.1 a 8.2.4 per l'applicazione a mano, a spruzzo o per colaggio;
- § 8.2.5 per la stagionatura in accordo con UNI EN 13670-1;



- § 8.2.7 per l'applicazione di eventuali trattamenti superficiali di prodotti conformi a UNI EN 1504-3.

Per le specifiche di controllo qualità verranno considerate le indicazioni riportate al prospetto 4 della UNI EN 1504-10 sintetizzate nelle già citate Tabelle A.10.4 e A.10.5 dell'Allegato 10 par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, relativamente ai soli metodi di rivestimento superficiale, ripristino strutturale e non con malte e calcestruzzo, iniezioni delle fessure.

Per le **malte da ripristino strutturale**, il controllo della resistenza meccanica in cantiere verrà eseguito secondo gli stessi criteri previsti dal D.M. 14/01/2008 per i calcestruzzi ordinari.

Per i **calcestruzzi da ripristino** rientranti anche nella categoria di calcestruzzi a ritiro compensato e/o fibro-rinforzato, vale in aggiunta quanto riportato nel precedente par. 6.2.1.3.

6.3.3 Controlli sugli acciai

La Direzione dei Lavori disporrà all'Impresa di eseguire, a proprie spese e sotto il controllo diretto della stessa D.L., i **controlli** di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere in conformità con le indicazioni contenute:

- per l'**acciaio per c.a.**: nel § 11.3.2.10.4 del D.M. 14/01/2008;
- per l'**acciaio per c.a.p.**: nel § 11.3.3.5 del D.M. 14/01/2008.

Il **campionamento** ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. All'interno di ciascun lotto (formato da **massimo 30 t**) consegnato e per tre differenti diametri delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi agli altri lotti presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un Centro di trasformazione, la Direzione dei Lavori, dopo essersi accertata preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del D.M. 14/01/2008, potrà usufruire del medesimo Centro di trasformazione per effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso, le modalità di controllo sono definite:



- per l'**acciaio per c.a.**: al § 11.3.2.10.4 del D.M. 14/01/2008;
- per l'**acciaio per c.a.p.**: al § 11.3.3.5.3 del D.M. 14/01/2008.

Resta nella discrezionalità della Direzione dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (quali, ad esempio indice di aderenza e saldabilità).

Nel caso di **forniture giudicate non conformi** dalla Direzione Lavori, queste saranno immediatamente allontanate dal cantiere a cura e spese dell'Impresa, alla quale sarà altresì imputato l'onere delle nuove forniture.

NOTA Prima di procedere alla messa in opera dei **sistemi di precompressione a cavi post-tesi**, l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori l'attestazione di deposito presso il Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale della documentazione prescritta al § 11.5 del D.M. 14/01/2008.

Per i controlli delle **barre in acciaio zincato o inossidabile per c.a.**, in cantiere o nel luogo di lavorazione, nonché per le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova si procederà come per gli acciai ordinari.

In particolare, per le **barre in acciaio zincato** le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso max di 25 t. Oltre alle prove previste al precedentemente, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni del successivo par. 13.5. In primo luogo, la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Impresa ad una accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura. In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali, le forniture saranno rifiutate e l'Impresa dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese. Dovrà essere verificato il **peso dello strato di zincatura**, mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo *Aupperle*), secondo la Norma UNI EN ISO 1461:1999.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a $610 \text{ g/m}^2 + 10\%$, la partita sarà accettata. In caso contrario, la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se,



anche per questi ultimi, il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a 610 g/m^2 -10%, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La verifica della **uniformità dello strato di zincatura** sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo *Preece*) secondo la Norma UNI EN ISO 1460:1997. Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: saranno sottoposti a prova 3 campioni. Se, dopo 5 immersioni ed il successivo lavaggio, non si avrà nell'acciaio alcun deposito di rame aderente metallico e brillante, la partita sarà accettata. In caso contrario, la prova sarà estesa agli altri 6 campioni:

- se presenterà depositi di rame uno solo dei campioni prelevati, la partita sarà accettata;
- se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà più di 1, ma comunque non superiore a 3 dei 9 prelevati, la partita sarà accettata, ma verrà applicata una penale al lotto che non possieda i requisiti richiesti; se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà superiore a 3, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

Tutte le prove e le verifiche dovranno essere effettuate a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i **laboratori accreditati** indicati dalla medesima con oneri della certificazione a carico ANAS.

6.4 Laboratori accreditati e autorizzati

Le **prove di qualifica** eseguite in integrazione alla **Marcatura CE**, nonché le **prove di collaudo o verifica** eseguite sui materiali o sui singoli componenti dei sistemi di protezione acustica, dovranno essere effettuate da **laboratori accreditati** secondo la Norma ISO 17025 da Ente ACCREDIA, da Enti equivalenti europei affiliati all'associazione degli organismi di accreditamento europei EA (<http://www.european-accreditation.org>), ovvero dai laboratori del Centro Ricerca di Cesano – ANAS ovvero dai **Laboratori Ufficiali** di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 (autorizzati dal Min. dei LL.PP: per prove secondo legge 106 secondo L. 1086/'71 - DPR 380/'01 - circ. 7617/STC '10).

NOTA : le prove di accettazione principali, complementari o integrative di cui al paragrafo 6.3.1 possono essere eseguite per legge **solo** dai laboratori Ufficiali di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.



7 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per quanto non esplicitamente indicato nella presente sezione e in progetto, in ottemperanza al § 4.1.7 del D.M. 14/01/2008, si farà riferimento alla norma UNI EN 13670-1 "Esecuzione di strutture in calcestruzzo: requisiti comuni" ed alle "Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo" pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

L'Impresa esecutrice è tenuta a presentare, 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;
- impianto di betonaggio di provenienza

Ogni **variazione al programma** deve essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre, l'Impresa esecutrice deve verificare l'esistenza della **documentazione di qualifica**, con particolare riferimento alla rispondenza della miscela prevista per il getto alle condizioni di aggressività dell'ambiente, nonché deve prevedere l'elaborazione di una **specifica di stagionatura** delle opere/parti d'opera da realizzare; tale specifica deve essere trasmessa per informazione ad ANAS.

7.1 Confezionamento dei conglomerati cementizi

Il confezionamento dei conglomerati cementizi prodotti con **processo non industrializzato** dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori,



conformi alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., secondo le procedure di prequalifica e qualifica già descritte nei precedenti par. 6.2.1

Qualora il calcestruzzo sia prodotto con **processo industrializzato**, non occorrerà alcun esame preventivo dell'impianto da parte della Direzione Lavori, la quale, come già precisato al par. 6.2.1.2 si limiterà ad acquisire la documentazione di prequalifica.

NOTA Ove opportuno, la Direzione dei Lavori potrà comunque richiedere, in contraddittorio con l'Impresa, una qualifica della miscela o delle miscele in impianto di preconfezionamento, con prove certificate da parte dei **laboratori accreditati o autorizzati** di cui al par. 6.4 .

7.2 Trasporto dei conglomerati cementizi

Il **trasporto** dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei, al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e, comunque, tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

Per quanto non specificato nel seguito, si farà riferimento alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato, del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Saranno accettate, in funzione della durata e della distanza di trasporto, le **autobetoniere** e le **benne a scarico di fondo** ed, eccezionalmente, i **nastri trasportatori**.

NOTA Ciascuna fornitura di calcestruzzo dovrà essere accompagnata da un documento di trasporto (bolla) conforme alle specifiche del § 7.3 della UNI EN 206, sul quale dovranno essere riportati almeno

- data e ora di produzione;
- data e ora di arrivo in cantiere, di inizio scarico e di fine scarico;
- classe o classi di esposizione ambientale;
- classe di resistenza caratteristica del conglomerato;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;



- dimensione massima nominale dell'aggregato;
- classe di consistenza o valore numerico di riferimento;
- classe di contenuto in cloruri;
- quantità di conglomerato trasportata;
- la struttura o l'elemento strutturale cui il carico è destinato.

L'Impresa dovrà esibire detta documentazione alla Direzione dei Lavori

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

È facoltà della Direzione Lavori rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. 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 possieda i requisiti di lavorabilità e resistenza iniziale prescritti.

7.3 Posa in opera dei conglomerati cementizi

7.3.1 Operazioni preliminari

Le **operazioni di getto** potranno essere avviate solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.



Al momento della messa in opera del conglomerato, è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della Direzione dei Lavori incaricato a norma di legge, oltre che di un responsabile tecnico dell'Impresa.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto.

Nel caso di **getti contro terra, roccia, ecc.**, occorre controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I **distanziatori** utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero.

7.3.2 Getto del calcestruzzo

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Lo **scarico del calcestruzzo** dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo.

L'**altezza di caduta libera** del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, **non deve eccedere i 50-80 centimetri**; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

L'**uso delle pompe** sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Nel caso di **getti verticali ed impiego di pompa**, qualora le condizioni operative lo permettano e soprattutto con i calcestruzzi autocompattanti, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria



sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa.

E' anche raccomandabile che lo **spessore degli starti orizzontali di getto**, misurato dopo vibrazione non sia maggiore di 30 cm.

Per la **compattazione del getto** verranno adoperati **vibratori** a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente per l'intero spessore del getto fresco, per 5-10 cm in quello sottostante se ancora lavorabile e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo, come dettagliato nella seguente Tabella.

Tabella 11: **Relazione tra classe di consistenza e tempo di vibrazione del conglomerato.**

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	<i>Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)</i>

Nel caso di un **calcestruzzo autocompattante senza vibrazione**, è possibile raggiungere una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 metri; tale distanza, comunque, dipende anche dalla densità delle armature.



Il conglomerato cementizio sarà posto in opera ed assestato con ogni cura, in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Dal **giornale lavori** del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la **stagione invernale**, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Deve essere garantita la continuità del funzionamento delle attrezzature, possibilmente anche mediante apparecchiature di riserva, allo scopo di evitare rallentamenti e/o interruzioni delle operazioni di costipamento.

Per la **finitura superficiale di solette e pavimentazioni**, è prescritto l'uso di **piastre vibranti** o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con il metodo descritto nella UNI 11146 - Appendice A, impiegando le seguenti tolleranze:

- ± 10 mm su 2 metri per solette o pavimentazioni semplicemente staggate;
- ± 5 mm su 2 metri per solette o pavimentazioni sottoposte a fratazzatura meccanica

Quando il calcestruzzo deve essere gettato in **presenza d'acqua**, si dovranno adottare tutti gli accorgimenti, approvati dalla Direzione Lavori, necessari ad impedire che l'acqua ne dilavi le superfici e ne pregiudichi la normale maturazione.

NOTA Sarà cura del fornitore 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. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo, sarà l'Impresa unica responsabile della eventuale minore **lavorabilità** rispetto a quella prescritta.

Nel caso di **calcestruzzi speciali per getti massivi** - in ogni caso - il getto dovrà rimanere, per almeno 4 giorni consecutivi, entro casseri ricoperti dall'esterno con materassini termoisolanti che riducano il gradiente termico tra nucleo e periferia del getto. Quando le superfici non cesseranno avranno iniziato la fase di indurimento, occorrerà procedere alla stesa dei materassini anche in



queste zone. Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti (con le modalità di cui al successivo par. 7.5) per ulteriori 3 giorni consecutivi alla rimozione dei casseri.

NOTA Qualora dovessero insorgere esigenze particolari, per sospendere la maturazione di **calcestruzzi speciali per getti massivi** esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione Lavori. Qualora, per particolari esigenze costruttive, si debba procedere con una rapida rimozione delle casseforme (immediatamente dopo le 24 ore dal getto, ma comunque sempre su esplicita autorizzazione della Direzione Lavori), la superficie dei getti dovrà essere prontamente ricoperta con fogli di polietilene e materassini coibenti e tale rimarrà per 7 giorni consecutivi.

7.3.3 Posa in opera in climi freddi

Al momento della consegna dovrà essere verificato, conformemente a quanto indicato al precedente par.6.3.1.2, che la **temperatura dell'aria e del calcestruzzo fresco non siano minore di 5 °C**.

In **condizioni di temperatura ambientale inferiore**, considerando che tra il termine della miscelazione e la messa in opera si deve prevedere un raffreddamento di $2\div 5^{\circ}\text{C}$, il getto potrà essere eseguito solo nel caso vengano rispettate le 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 , ad esempio mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25°C . In alternativa, è possibile utilizzare, sotto la responsabilità dell'Impresa, additivi acceleranti di presa conformi alla UNI EN 934-2 e, se autorizzati dalla D.L., opportuni additivi antigelo;
- per temperature comprese fra -4°C e 0°C , potranno essere eseguiti esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al punto precedente;
- salvo specifiche prescrizioni di progetto, da sottoporre comunque a preventiva approvazione, non si deve procedere all'esecuzione di getti quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4°C .

L'Impresa esecutrice deve inoltre adottare le seguenti **ulteriori precauzioni**:



- eseguire opportune protezioni dei getti, per permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- eseguire una valutazione del tempo necessario al mantenimento delle casseforme in relazione all'effettivo valore di temperatura ambientale (vedi successivo par 7.5.2);
- 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.

NOTA Al fine di poter mettere in atto correttamente e verificare le prescrizioni riguardanti le temperature di getto, occorre che in cantiere sia esposto un termometro in grado di indicare le temperature minime e massime giornaliere.

7.3.4 Posa in opera in climi caldi

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i 33 °C, **la temperatura dell'impasto dovrà essere mantenuta entro i 25 °C**. Per i getti massivi (di cui al precedente § 2.2.1 a) tale limite dovrà essere convenientemente diminuito.

Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo, potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, avendo cura di computarne l'esatta quantità nel calcolo del rapporto a/c (di cui al § 13.3.3) affinché il valore prescritto non subisca alcuna variazione.

La **temperatura delle casseforme metalliche**, se maggiore di 33°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, si potrà procedere al **raffreddamento degli aggregati** stoccati con getti di acqua fredda, prevedendo un adeguato drenaggio per evitarne il ristagno ed un controllo dell'umidità aggiuntivo per asciugatura, oltre a quello effettuabile mediante le sonde.

Per ritardare la presa e garantire il mantenimento della lavorabilità al getto secondo quanto indicato al par. 7.3.2, per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati **additivi ritardanti** di presa conformi alle indicazioni riportate nel par. 13.1.5 e preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.



Per i getti in clima caldo e, soprattutto se asciutto e ventilato, dovranno essere adottate le seguenti **precauzioni**:

- esecuzione dei getti al mattino, alla sera o di notte;
- impiego di cementi a basso calore d'idratazione;
- impiego di additivi superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità;
- proteggere adeguatamente le superfici del getto, per evitare eccessive variazioni termiche tra l'interno e la parte corticale dei getti;
- a fine getto, mantenere umide le superfici del calcestruzzo secondo quanto indicato al successivo par. 7.5.

Nel caso vengano utilizzati **getti di acqua nebulizzata**, la temperatura della stessa non dovrà essere inferiore di oltre 10°C rispetto a quella della superficie del calcestruzzo.

7.3.5 Riprese di getto

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che vengano eseguiti i **getti senza soluzione di continuità**, così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comportasse il protrarsi del lavoro in giornate festive e la conduzione a turni. In nessun caso, l'Impresa potrà avanzare richieste di maggiori compensi.

Qualora debbano essere previste **riprese di getto**, sarà obbligo dell'Impresa procedere ad una preliminare rimozione, mediante scarifica con martello, dello strato corticale di calcestruzzo già parzialmente indurito. Tale superficie, che dovrà possedere elevata rugosità (asperità di circa 5 mm) verrà opportunamente pulita e bagnata per circa due ore prima del getto del nuovo strato di calcestruzzo.

7.3.5.1 *Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo fresco*

L'Impresa dovrà aver verificato, 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.

A tal fine, l'Impresa potrà fare uso di **additivi ritardanti**, in modo da garantire tempi massimi per le interruzioni, senza compromettere le caratteristiche di monoliticità.

7.3.5.2 *Getto di calcestruzzo fresco su calcestruzzo indurito*

L'impresa 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.

Per l'eventuale utilizzo di **prodotti filmogeni** vale quanto riportato al par. 13.1.5

Tra le diverse riprese di getto non dovranno presentarsi distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore. In caso contrario, deve provvedere ad applicare adeguati **trattamenti superficiali** concordati con ANAS.

Qualora alla struttura sia richiesta la **tenuta idraulica**, lungo la superficie scarificata verranno disposti dei giunti tipo "water-stop" in materiale bentonitico idroespansivo. I profili "water-stop" saranno opportunamente fissati e disposti secondo le indicazioni progettuali e della Direzione Lavori, in maniera tale da non interagire con le armature.

7.4 Casseforme

L'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per realizzare i casseri e le relative opere di sostegno, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nel caso di **casseratura a perdere**, inglobata nell'opera occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.



Nel caso di **calcestruzzi autocompattanti**, la maggiore spinta sui casseri andrà valutata secondo quanto specificato al § 4.2 delle già citate LL.GG. 2008.

7.4.1 Pulizia e trattamento delle casseforme

Prima del getto, le casseforme dovranno essere pulite, per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio, ecc.

In ogni caso, l'Impresa avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti **disarmanti** disposti in strati omogenei continui. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato il medesimo prodotto. Qualora sia previsto l'utilizzo di calcestruzzi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore delle superfici.

Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di utilizzo di **casseforme impermeabili**, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà avvenire contemporaneamente al getto.

7.4.2 Predisposizione di fori, tracce e cavità

L'Appaltatore avrà l'obbligo di predisporre, in corso di esecuzione, quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, ecc..

7.5 Stagionatura e disarmo



7.5.1 Prevenzione delle fessure da ritiro plastico sulle superfici non cassate

Le **superfici in calcestruzzo non cassate**, al termine della messa in opera e successiva compattazione, devono essere stagionate e protette dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione).

Per consentire una **corretta stagionatura**, è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'Impresa è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- l'applicazione, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di **additivi stagionanti (agenti di curing)**, conformemente a quanto già specificato al precedente § 13.1.5;
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata, con temperature della stessa non inferiori di oltre 10°C rispetto a quelle della superficie del getto;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido, in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie completamente ricoperta da un costante velo d'acqua.

La costanza della composizione degli **agenti di curing** dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

I **prodotti filmogeni** di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate e/o ricoperte con altri materiali, a meno di non prevedere la loro rimozione prima delle altre applicazioni.

Sarà obbligatorio procedere alla maturazione dei getti per un periodo di tempo non inferiore a quello indicato al prospetto E.1 della UNI EN 13670-1.



Qualora dovessero insorgere esigenze particolari, per sospendere la maturazione esse dovranno essere espressamente autorizzate dalla Direzione dei Lavori.

Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50, la maturazione deve essere curata in modo particolare.

Qualora sulle superfici orizzontali, quali solette di ogni genere o pavimentazioni, si rilevino **fenomeni di ritiro plastico con formazione di fessure** di apertura superiore a quanto indicato al precedente par. 2.1, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla protezione o alla sigillatura delle fessure come indicato al succitato par. 2.1.

Di norma, viene esclusa la **accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici** per i conglomerati gettati in opera. In casi particolari, la Direzione Lavori potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

Resta inteso che, durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

7.5.2 Rimozione dei casseri e maturazione umida

Si potrà procedere alla **rimozione delle casseforme** dai getti quando saranno state raggiunte le resistenze minime prescritte in progetto per eseguire tale operazione. In assenza di specifiche prescrizioni, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).

La rimozione dei casseri e dei relativi puntelli, comunque, dovrà essere effettuata non prima che il calcestruzzo, in funzione della classe di resistenza, del tipo di cemento impiegato e delle condizioni ambientali, del tipo di manufatto, abbia raggiunto una resistenza meccanica adeguata a non subire danni durante e in conseguenza delle operazioni di disarmo.

Normalmente, la permanenza nei casseri a contatto con una superficie in calcestruzzo ne assicura una stagionatura protetta.

Qualora, fatto salvo quanto detto ad inizio del presente §, la rimozione del cassero da una superficie avvenga prima che sia trascorso il tempo minimo di stagionatura definito nel prospetto E.1 della UNI EN 13670-1, dovranno essere predisposte azioni atte a garantire il completamento della stagionatura umida, utilizzando una o più **precauzioni** tra quelle di seguito elencate:



- l'applicazione, sulle superfici scasserate, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di **additivi stagionanti (agenti di curing)**, conformemente a quanto già specificato al precedente § 13.1.5;
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata, assicurandosi che la temperatura della stessa non si discosti di oltre 10°C rispetto a quella della superficie del calcestruzzo;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido, in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità.

Per l'uso degli **agenti di curing**, valgono le stesse limitazioni elencate al precedente par7.5.1.

7.5.3 Maturazione accelerata con trattamenti termici

La **maturazione accelerata** dei conglomerati cementizi con trattamenti termici sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento che si intende adottare.

In particolare, si dovrà verificare che la resistenza meccanica del calcestruzzo soddisfi comunque i requisiti richiesti nella Tabella 2 precedentemente riportata, anche se sottoposto allo specifico ciclo termico adottato; inoltre, dovranno essere rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 ore dall'impasto, non deve superare i 30 °C;
- il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15°C/h e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto ;
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 10 °C;
- la temperatura massima del calcestruzzo non dovrà, in media, superare i 65 °C;



- il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo, sia all'interno che sulla superficie esterna dei manufatti;
- la procedura di controllo di cui al punto precedente dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.

Il concetto di **resistenza caratteristica** è riferito a provini stagionati per 28 giorni a 20°C e UR > 95%.

Pertanto, anche per le opere sottoposte **maturazione accelerata** a temperature diverse da 20°C, è obbligatorio procedere all'esecuzione dei controlli di accettazione del calcestruzzo, nel rispetto di quanto indicato al precedente par. 6.3.1.1

In aggiunta a tali controlli, sarà comunque obbligatorio eseguire prove complementari (vedi precedente par. 6.3.1.1) su provini stagionati nelle stesse condizioni termo-igrometriche dell'opera (sottoposti allo stesso trattamento termico) e testati:

- immediatamente prima del momento previsto per il taglio dei trefoli o per la messa in tiro delle armature post tese;
- alla scadenza dei 28 giorni.

In ogni caso, i provini maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura, prelevati con la stessa frequenza e nelle stesse quantità previste per i controlli di cui al succitato par. 6.3.1.1, dovranno rispettare, a 28 giorni, le prescrizioni contenute nella già citata Tabella 2.

7.5.4 Regolarità delle superfici cassate

Eventuali **irregolarità o sbavature** presenti sulle superfici gettate contro cassero, qualora ritenute non tollerabili dalla Direzione Lavori a suo insindacabile giudizio, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed, i punti incidentalmente difettosi, dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo. Resta inteso, che gli oneri derivanti dalle suddette operazioni ricadranno totalmente a carico dell'Impresa.



Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malta reoplastica a ritiro compensato previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 20 mm.

Eventuali ferri (fili, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura, di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 5 mm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

7.6 Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio

È tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati **giunti di discontinuità** sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse, per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte, tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc.).

I giunti dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto e saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti faccia a vista, secondo linee rette continue o spezzate.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole tipologie di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito **manufatto di tenuta o di copertura**, l'Elenco Prezzi prevede espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti, con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto. I



manufatti di tenuta o di copertura dei giunti possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butadiene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioossipropilene, polioossicloropropilene o da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene).

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di **sigillanti**. I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleo-resinose, bituminose-siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri, che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primer, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

E' tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.). In tali casi, occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto, in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto, con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione dei **manufatti contro terra** il progetto dovrà tenere conto, in numero sufficiente ed in posizione opportuna, dell'esecuzione di appositi **fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione**. Le indicazioni progettuali saranno il riferimento per l'Impresa, salvo indicazioni differenti da parte della Direzione dei Lavori. I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili. Per la formazione dei fori, l'Impresa avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce dell'Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a regola d'arte.

7.7 Armature per c.a.

Nella **posa in opera** delle armature metalliche entro i casseri, è prescritto l'impiego di opportuni **distanziatori** prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico, al fine di garantire gli spessori di copriferro previsti in progetto; lungo le pareti verticali, si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri, dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Le **gabbie di armatura** dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi, saranno eseguite **legature** doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della



gabbia durante il getto. L'Impresa dovrà inoltre adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

Il **diametro di piegatura** deve essere tale da evitare sia fessure nella barra che la rottura del calcestruzzo all'interno della piegatura. Per i valori minimi da adottare, ci si riferisce alle prescrizioni contenute nella UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) al § 8.3

Tabella 12 **Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate.**

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varnothing \leq 16 \text{ mm}$	4 \varnothing
$\varnothing > 16 \text{ mm}$	7 \varnothing

NOTA Alla consegna in cantiere, l'Impresa avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette, con appositi teli, dall'azione dell'aerosol marino.

È a carico dell'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

Per le **barre in acciaio zincato** il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera. Quando la zincatura viene effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bi-componente, dello spessore di 80-100 micron.



7.8 Armature di precompressione

Valgono le prescrizioni contenute nel "CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO – Opere d'Arte Maggiori – Ponti e Viadotti", integrate con quanto indicato nei sub paragrafi di seguito dedicati ai sistemi di precompressione.

L'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive ed, in particolare, per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge, nella posa in opera delle armature di precompressione si precisa che l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di appositi supporti realizzati, ad esempio, con pettini in tondini d'acciaio.

7.8.1 Fili, barre e trefoli

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

I **fili** di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante e non dovranno essere piegati durante l'allestimento dei cavi. Devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento. Le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo dovranno essere realizzati con nastro adesivo ad intervallo di 70 cm.



Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una **spirale** costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80-100 cm.

I filetti delle **barre** e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi.

Se l'**agente antiruggine** è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso.

Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea, si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento. All'atto della posa in opera, gli acciai devono presentarsi privi di saldature, ossidazione, corrosione e difetti superficiali visibili.

I **cavi inguainati monotrefolo** dovranno essere di tipo compatto, costituiti da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, rivestiti con guaina tubolare in polietilene ad alta densità intasata internamente con grasso anticorrosivo ad alta viscosità, stabile ed idoneo all'uso specifico. Le **piastre di ripartizione** dovranno essere in acciaio zincato, a tenuta stagna; i **cappellotti** di protezione terminali dovranno essere zincati e provvisti di guarnizione in gomma antiolio, da calzare sui cilindretti e fissare con viti zincate ai terminali riempiti con grasso dopo la tesatura dei trefoli.

7.8.2 Tesatura delle armature di precompressione

L'Impresa, durante le operazioni di **tesatura** dovrà registrare, su appositi moduli, da consegnare in copia alla Direzione Lavori, i tassi di precompressione e gli allungamenti totali o parziali di ciascun trefolo o cavo della struttura.

Nelle strutture ad armatura pre-tesa, le armature di precompressione dovranno essere ricoperte dal conglomerato cementizio per tutta la loro lunghezza.

7.8.3 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove



Nelle strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con **boiaccia di cemento reoplastica, fluida pompabile ed a ritiro compensato** (è richiesto un leggero effetto espansivo).

Tale boiaccia sarà preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta di acqua, in alternativa potrà essere ottenuta da una miscelazione in sito di cemento, aggiunte minerali, additivi superfluidificanti, eventuali additivi antiritiro, agenti espansivi non metallici e modificatori di viscosità ed acqua nel qual caso le singole materie prime impiegate dovranno rispettare i requisiti indicati nel capitolo 13.1.

Sia le boiacche premiscelate pronte all'uso che quelle prodotte in cantiere, dovranno soddisfare i **requisiti** riportati al § 6 della UNI EN 447, in termini di:

- prova di setacciatura;
- fluidità;
- bleeding;
- cambiamento di volume;
- resistenza meccanica;
- tempo di presa;
- densità.

Le prove verranno eseguite nel rispetto delle modalità riportate nella UNI EN 445.

La **posa in opera della boiaccia** dovrà essere preceduta da una **valutazione dell'idoneità**, con le modalità riportate nel § 6 della UNI EN 446.

Nelle operazioni di iniezione dovranno essere seguite le prescrizioni riportate nella UNI EN 446. In aggiunta, valgono le seguenti ulteriori prescrizioni:

- la misura della **fluidità** delle boiacche di iniezione, eseguita con la prova del cono di Marsh (§ 4.3.1 della UNI EN 445), dovrà rispettare le indicazioni aggiuntive riportate al seguente § 7.8.3.1;
- la misura di fluidità dovrà essere eseguita, per ogni impasto, all'entrata delle guaine e per ogni guaina all'uscita; l'iniezione continuerà finché la fluidità della boiaccia in uscita sarà paragonabile a quella in entrata. Si dovrà provvedere con appositi contenitori, affinché la



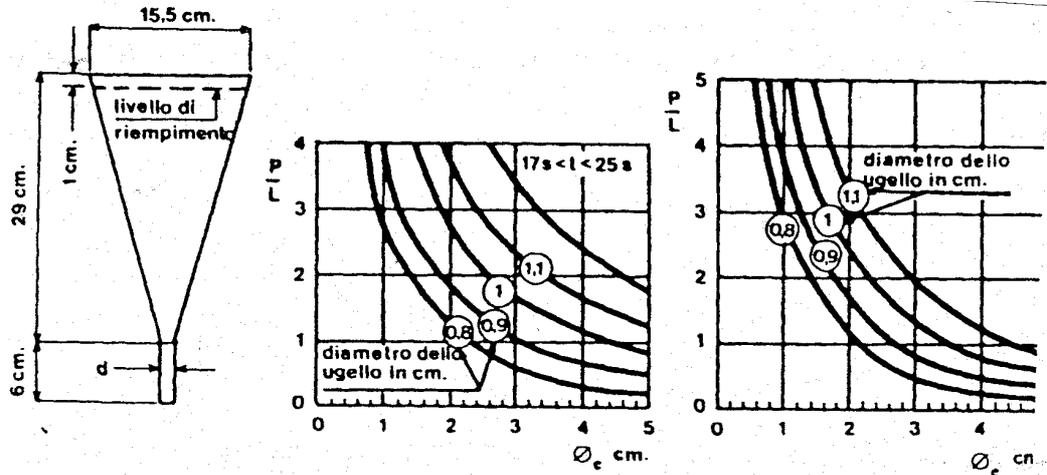
boiaccia di sfrido non venga scaricata senza alcun controllo sull'opera o attorno ad essa. Una più accurata pulizia delle guaine ridurrà l'entità di questi sfridi

- l'**impastatrice** dovrà essere del tipo ad alta velocità, almeno 4000÷5000 giri/min (con velocità tangenziale minima di 14 m/sec). È **proibito l'impasto a mano**, il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta, in base ai valori di fluidità desunti dalla misura al cono di *Marsh*;
- indipendentemente dal soddisfacimento della prova di setacciatura, prima di essere immessa nella pompa, la boiaccia dovrà essere vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato;
- è tassativamente prescritta la disposizione di **tubi di sfiato** in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali. Ugualmente, dovranno esserci tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. All'entrata di ogni guaina dovrà essere posto un rubinetto, valvola o altro dispositivo, atti a mantenere, al termine dell'iniezione, la pressione entro la guaina stessa per un tempo di almeno 5 ore;
- l'**iniezione** dovrà avere carattere di continuità e non potrà venire assolutamente interrotta. In caso di interruzioni dovute a cause di forza maggiore e superiori a 5 minuti, il cavo verrà lavato e l'iniezione andrà ripresa dall'inizio.

7.8.3.1 Misura della fluidità con il cono di *Marsh*

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile ed avere forma e dimensioni riportate nella seguente Figura 10.1, con ugello intercambiabile di diametro variabile da 8 a 11 mm. La fluidità della boiaccia sarà determinata misurando il tempo totale di scolo di 1000 cm³ di boiaccia essendo il cono, inizialmente riempito con 2000 cm³ di prodotto. La scelta del diametro dell'ugello dovrà essere fatta sulla base degli abachi di cui alla Figura di seguito riportata, rispettivamente per cavi a fili e a trefoli.

Figura 10.1: Dimensioni cono di *Marsh* e abachi per scelta ugello di prova.



CONO DI MARSH

A FILI

A TREFOLI

Dove:

P = pressione dell'iniezione (g/cm^2)

L = lunghezza della guaina (cm)

$\phi_e = \sqrt{\phi G^2 - n \cdot \phi^2}$ [diametro equivalente in funzione della guaina (ϕG), del diametro dei fili (ϕf) e del loro numero (n.)].

(2) Misura della essudazione della malta.

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm^3 , $\phi 6\text{ cm}$, con 6 cm di malta). La provetta deve essere tenuta in riposo e al riparo dall'aria. La misura si effettua 3 ore dopo il mescolamento, con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

7.8.4 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti

Le presenti norme regolano l'esecuzione di iniezioni con **miscela a bassa viscosità** delle guaine di cavi di precompressione di strutture in c.a.p. esistenti con grado di riempimento variabile.

A seconda del tipo di guaine da riempire, del loro numero e del loro grado di riempimento, dovrà essere deciso il tipo di materiale da usare (resine epossidiche pure o caricate o boiacche di cemento pronte all'uso) e le modalità d'iniezione (iniezione tradizionale, da più fori oppure iniezioni sotto vuoto).

Nel caso di riempimento di guaine completamente vuote, saranno sempre usati materiali di tipo cementizio.



7.8.4.1 *Requisiti comuni*

I prodotti impiegati per l'esecuzione di iniezioni a bassa viscosità dovranno essere conformi alle specifiche riportate nella UNI EN 1504-5.

In particolare, dovranno essere sempre soddisfatti i requisiti prestazionali riportati nel prospetto 3.a (prodotti per iniezione con capacità di trasmissione di forze).

7.8.4.2 *Sistemi epossidici*

Verranno utilizzati esclusivamente **sistemi epossidici** costituiti da resine bicomponente (A+B), soddisfacenti i requisiti prestazionali di cui al precedente par. 7.8.3 (per i prodotti di tipo P), oltre ai requisiti di identificazione riportati nel prospetto 2.a della UNI EN 1504-5.

La Direzione Lavori, a seconda delle presumibili dimensioni dei vuoti all'interno delle guaine ed in relazione alle circostanze emerse durante il lavoro di iniezione, potrà ordinare l'uso di **cariche** (per esempio cemento) che, comunque, dovranno essere di natura basica o neutra.

Dovranno essere, inoltre, rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- **tempo di presa:** riferito al sistema epossidico puro, dovrà essere compatibile con le esigenze del lavoro e comunque non inferiore a 2 ore. Per particolari condizioni operative, la Direzione Lavori potrà richiedere tempi di presa superiori;
- **POT-LIFE** misurato (secondo SECAM) alla temperatura 23 ± 1 °C e umidità relativa del $65\pm 5\%$ in bicchiere di vetro della capacità di 100 cm^3 su quantità di 50 cm^3 di miscela (media su 5 prove);
- **viscosità:** riferita al sistema epossidico puro, non dovrà essere superiore a 180 cps a 23 ± 1 °C ed umidità relativa di $65\pm 5\%$. La sua determinazione potrà essere fatta mediante misura diretta o con tazza FORD 4 termostata (media su 5 prove);
- **ritiro:** dovrà risultare minore dello 0,19, misurato secondo norma UNI-PLAST 4285 (media su 5 prove);
- **comportamento in presenza d'acqua:** l'eventuale presenza di acqua nelle guaine non dovrà costituire impedimento alla policondensazione della miscela;



- **protezione chimica dei ferri d'armatura:** la miscela dovrà avere pH basico, compreso tra 10,5 e 12,5; tale valore verrà misurato sulla resina miscelata (A + B), nel rapporto di catalisi di fornitura, diluita con acqua distillata, per avere la necessaria bagnabilità del rilevatore.

7.8.4.3 Boiacche cementizie

Le **boiacche cementizie** per iniezioni ad elevata fluidità saranno **di tipo preconfezionato**, pronte all'uso con la semplice aggiunta di acqua, esenti da aggregati metallici, di viscosità molto bassa pur con rapporti acqua/cemento non superiori a 0,38 e soddisfacenti i requisiti di cui al precedente par. par. 7.8.3 per i prodotti di tipo H, nonché i requisiti di identificazione riportati nel prospetto 2.b della UNI EN 1504-5.

Dovranno essere, inoltre, rispettate le seguenti **prescrizioni**:

- **viscosità:** la viscosità verrà valutata con cono di *Marsh*, ugello da 12 mm; il tempo di scolo di 1000 cm³ non dovrà essere superiore a 30 sec nella boiaccia appena confezionata e dovrà mantenersi costante per almeno 30 min;
- **ritiro:** la boiaccia dovrà essere priva di ritiro; è preferibile un comportamento espansivo;
- **essudazione (bleeding):** il materiale dovrà esserne esente;
- **resistenza meccanica:** la resistenza meccanica alla compressione semplice su provini cubici di 7 o 10 cm di lato dovrà risultare non inferiore a 25 MPa dopo 3 giorni, 35 MPa dopo 7 giorni ed a 50 MPa dopo 28 giorni con una massa volumica degli stessi non inferiore a 18,5 kN/m³.

NOTA Le suddette caratteristiche dovranno essere definite per ogni lotto di miscela prodotta.

7.8.5 Modalità di iniezione

7.8.5.1 Iniezioni tradizionali

Preliminarmente, sulle travi nelle quali è stato già individuato il presumibile tracciato dei cavi di precompressione mediante misure geometriche effettuate con riferimento ai disegni di progetto e con l'ausilio di sondaggi eseguiti con apposita apparecchiatura elettromagnetica e/o ad



ultrasuoni, si dovrà procedere alla **localizzazione delle guaine** mediante tasselli effettuati con micro-demolitori (normalmente, con un passo di 3-4 m su ogni cavo, partendo dal centro della trave).

Non tutti i tasselli serviti per localizzare e valutare lo stato delle guaine saranno attrezzati per l'iniezione, ma soltanto quelli più idonei; su di essi si applicheranno i **tubetti d'iniezione** provvisti di apposita cuffia, da sigillare con paste collanti epossidiche, previa accurata pulizia del supporto; qualora la profondità del tassello sia rilevante, la pasta collante sarà stesa in più strati successivi. Le stuccature dovranno essere impermeabili al tipo di materiale usato nell'iniezione e, nel caso di iniezioni sottovuoto, dovranno permettere la formazione di quest'ultimo. Tubetti di iniezione verranno introdotti anche nei fori degli ancoraggi dei cavi, preliminarmente scoperti e puliti, eventualmente riperforati con trapano, quindi stuccati con la pasta di cui sopra.

I tasselli non utilizzati per l'iniezione delle guaine saranno chiusi mediante malta reoplastica fluida non segregabile, tixotropica, a basso calore d'idratazione, priva di ritiro, ad elevata resistenza meccanica ed elevato potere adesivo all'acciaio ed al conglomerato cementizio. La stuccatura verrà rinforzata e supportata con una rete elettrosaldata debitamente ancorata, mediante saldature o legature alle armature esistenti. Si procederà, inoltre, a stuccature e riparazioni di zone di conglomerato cementizio poroso, vespai ecc., in modo da chiudere possibili vie di uscita dei materiali di iniezione. Tali stuccature saranno effettuate con paste a base epossidica e, quando previsto dal progetto, anche rinforzate con reti metalliche.

Dopo almeno 48 ore dall'ultimazione della stuccatura, si procederà alla soffiatura all'interno delle guaine, per eliminare eventuali sacche d'acqua e per valutare la consistenza dei vuoti nei vari tratti.

Si procederà quindi alla **iniezione della miscela**, scegliendo il punto iniziale in base alle risultanze della soffiatura.

In linea di massima, sarà conveniente partire dai fori di iniezione in mezzera della trave, dove sono in comunicazione gran parte delle guaine e procedere sino alla fuoriuscita (se possibile) della miscela dai primi tubetti posti ai lati del punto di iniezione.

Si inietteranno poi questi ultimi e, successivamente, quelli adiacenti, in successione, fino ad ottenere la fuoriuscita della miscela dalle testate dei cavi.

Naturalmente, i tubi già iniettati dovranno essere man mano sigillati. La **pressione d'iniezione** dovrà essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di ottenere un buon riempimento dei cavi e, comunque, in nessun caso si dovranno superare i 5 bar.



7.8.5.2 Iniezioni sottovuoto

Potranno essere usate tecniche di **iniezione sottovuoto**, cioè provocando con apposita attrezzatura aspirante un vuoto dell'ordine di 1 bar nelle cavità da iniettare ed ammettendo poi il materiale di riempimento.

Le modalità di preparazione di fori di iniezione e la loro ubicazione sono analoghe a quelle descritte per le iniezioni tradizionali, con la variante che sarà necessario, una volta decisi i punti in cui applicare gli iniettori, effettuare una prima valutazione della possibilità di creare il vuoto e dell'entità del volume delle cavità presenti.

La prima valutazione tende ad individuare la necessità o meno di effettuare gli interventi di tenuta e le zone dove dovranno essere eseguite tali stuccature; la seconda a stimare i consumi e, principalmente, a controllare, a iniezione terminata, che tutti i vuoti valutati siano stati riempiti.

A seconda dell'attrezzatura disponibile, la valutazione si effettuerà tramite misura (con contalitri) del volume d'aria ammesso nella cavità, dopo aver effettuato il vuoto, oppure in base alla legge di *Boyle-Mariotte*.

A questo punto, si procederà alle **iniezioni** vere e proprie con il materiale di riempimento prescelto; il materiale introdotto nella cavità per azione del vuoto dovrà, a passaggio terminato, essere posto sotto una pressione di 2-3 bar prima del bloccaggio del tubo d'iniezione.

Occorrerà anche valutare il volume del materiale entrato, in genere misurando il consumo in chilogrammi e passando al volume (V_m) per tramite del peso specifico del materiale stesso, oppure valutando direttamente il volume del materiale iniettato.

Il rapporto $V_m/V_1 \cdot 100$ (grado di riempimento) verrà indicato per ogni singola iniezione.

7.8.6 Prove

Per accertare la rispondenza ai requisiti richiesti, i materiali dovranno essere sottoposti a prove presso un **laboratorio accreditato** di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con la frequenza indicata dalla Direzione Lavori.

7.9 Malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione



Per quanto riguarda le **malte e calcestruzzi da ripristino strutturale e protezione** la preparazione del sottofondo, l'asportazione del calcestruzzo contaminato o degradato dovrà essere eseguita mediante martelletti leggeri, alimentati ad aria compressa o mediante macchine idrodemolitrici (preferibile nel caso degli spessori più elevati). Dopo l'asportazione del calcestruzzo contaminato, la superficie del supporto dovrà essere microscopicamente ruvida con asperità di 5 mm. Nel caso di degrado limitato a pochi mm, la preparazione del supporto potrà avvenire mediante sabbiatura o idrosabbiatura. Per quanto riguarda altre indicazioni sulla posa in opera e la stagionatura, valgono le indicazioni generali sopra riportate e riassunte nelle Tabelle A.10.4 e A.10.5 riportate nell'Allegato 10 al par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Relativamente ai **sistemi di protezione delle armature metalliche contro la corrosione**, in forma di vernici resinose o boiacche cementizie additivate, da applicare sulla superficie delle barre esistenti e/o di quelle aggiunte la loro applicazione dovrà essere eseguita sulla superficie delle armature metalliche previa asportazione preventiva di tutti i depositi ed i prodotti di corrosione mediante spazzolatura meccanica, sabbiatura o idrosabbiatura.

7.10 Tolleranze di esecuzione

La Direzione Lavori procederà sistematicamente, sia in corso d'opera che a struttura ultimata, alla verifica delle quote e delle dimensioni indicate nel progetto esecutivo.

Nelle opere finite, gli **scostamenti ammissibili (tolleranze) "S"** rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

- Fondazioni: plinti, platee, solettoni, ecc.:
 - posizionamento rispetto alle coordinate di progetto: $S = \pm 2,0\text{cm}$
 - dimensioni in pianta: $S = - 3,0\text{ cm o } + 5,0\text{ cm}$
 - dimensioni in altezza (superiore): $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
 - quota altimetrica estradosso: $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri, ecc.:
 - posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto: $S = \pm 2,0\text{ cm}$



- dimensione in pianta (anche per pila piena): $S = - 0,5 \text{ cm o } + 2,0 \text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle: $S = - 0,5 \text{ cm o } + 2,0 \text{ cm}$
- quota altimetrica sommità: $S = \pm 1-5 \text{ cm}$
- verticalità per $H \leq 600 \text{ cm}$: $S = \pm 2-0 \text{ cm}$
- verticalità per $H > 600 \text{ cm}$: $S = \pm H/12$
- Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:
 - spessore: $S = -0,5 \text{ cm o } + 1,0 \text{ cm}$
 - quota altimetrica estradosso: $S = \pm 1,0 \text{ cm}$
- Vani, cassette, inserterie:
 - posizionamento e dimensione vani e cassette: $S = \pm 1,5 \text{ cm}$
 - posizionamenti inserti (piastre, boccole): $S = \pm 1,0 \text{ cm}$

NOTA In ogni caso, gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

Per le tolleranze sopra riportate sono **possibili variazioni** qualora:

- nel progetto esecutivo siano stati indicati valori differenti per gli scostamenti ammessi;
- la Direzione dei Lavori, per motivate necessità, faccia esplicita richiesta di variazione dei valori.

8 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

8.1 Norme generali



Sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i **disegni contabili** delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su **supporto informatico** e - in almeno duplice copia - su **supporto cartaceo**, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica, da effettuare sulla base delle misurazioni eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- i lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;
- i lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto. Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera. A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.



8.2.1 Conglomerati cementizi

I **conglomerati cementizi**, sia di fondazione che di elevazione, armati o semplici, normali o precompressi, saranno computati a volume, con metodi geometrici, secondo i corrispondenti tipi e classi, in base alle prescrizioni di cui alle presenti Norme Tecniche.

Le misurazioni di controllo, che saranno effettuate sul vivo (dedotti i vani o i materiali di diversa natura presenti nei suddetti conglomerati, dovranno essere contabilizzati con i relativi articoli di cui all'Elenco Prezzi.

In ogni caso, non saranno dedotti:

- i volumi del ferro di armatura;
- i volumi dei cavi per la precompressione;
- i vani di volume minore o uguale a $0,20 \text{ m}^3$ ciascuno, intendendosi compreso l'eventuale maggiore magistero richiesto, anche per la formazione di feritoie regolari e disposte regolarmente

Si specifica, inoltre, che gli articoli di Elenco Prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche, con particolare riferimento a:

- la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, acqua, aggiunte minerali, additivi, acceleranti, ritardanti, leganti, ecc.;
- la mano d'opera;
- i ponteggi e le impalcature;
- le attrezzature ed i macchinari per la confezione;
- la sistemazione delle carpenterie e delle armature metalliche;
- l'esecuzione dei getti da realizzare senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa, impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive (ove necessario);
- l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri;
- la vibrazione;



- la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, ecc.;
- il taglio di filo, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento dei casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici nel getto;
- la necessità di coordinare le attività, qualora l'Appaltatore dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate;
- le prove ed i controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme Tecniche, ovvero prescritta dalla Direzione Lavori e, infine, quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte

Non sono compresi negli articoli di cui sopra gli oneri per:

- le casseforme, salvo quanto diversamente specificato nelle voci di elenco Prezzi;
- le centinature e le armature di sostegno delle casseforme, salvo quelle per getti di luce retta inferiore a quanto indicato nei relativi articoli di elenco Prezzi.

I suddetti articoli verranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco Prezzi.

Si prevede, inoltre, che nel caso di **sospensione dei getti** per effetto di un abbassamento della temperatura atmosferica ordinata dalla Direzione Lavori, l'Impresa non avrà diritto ad alcun risarcimento, come pure non potrà richiedere alcun compenso per particolari accorgimenti da adottarsi nel caso di esecuzione dei getti a basse temperature.

8.2.2 Casseforme

Le **casseforme** saranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi; i suddetti articoli comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc.

In particolare, le casseforme saranno computate in base allo sviluppo delle facce interne a contatto del conglomerato cementizio, ad opera finita.



Le **armature di sostegno** verranno contabilizzate a parte, solo per quanto sia esplicitamente indicato negli articoli di Elenco Prezzi, che comprendono tutti gli oneri, le forniture e le prestazioni relative a materiali, mano d'opera, noli, armo, disarmo, sfrido, trasporti, disarmanti, ecc., necessari per la loro esecuzione.

8.2.3 Acciaio per c.a. e c.a.p.

L'**acciaio** in barre per armatura di **conglomerati cementizi normali** sarà computato in base al peso teorico dei vari diametri nominali indicati nei progetti esecutivi, trascurando le quantità superiori alle indicazioni di progetto, le legature, gli eventuali distanziatori e le sovrapposizioni per le giunte non previste o non necessarie, intendendosi come tali anche quelle che collegano barre di lunghezza inferiore a quella commerciale.

Il peso degli acciai sarà determinato con metodo analitico, misurando lo sviluppo teorico di progetto di ogni barra e moltiplicando per la corrispondente massa lineare nominale di progetto.

Relativamente al peso di **trefoli o trecce** di acciaio per le strutture in **conglomerato cementizio precompresso**, questo sarà determinato moltiplicando il loro sviluppo teorico (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di appoggio) per il peso dell'unità di misura determinato mediante pesatura.

Il peso dell'acciaio in barre per calcestruzzi precompressi sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto delle barre (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di ancoraggio) per il peso unitario della barra, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio, pari a 7,85 kg/dm³.

Per quanto concerne, infine, il peso dell'acciaio per le strutture in conglomerato cementizio armato precompresso sia con il sistema a fili aderenti che con il sistema a cavi scorrevoli, questo sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi (compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio) per il numero dei fili ovvero dei fili componenti il cavo per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio, pari a 7,85 kg/dm³.

Si evidenzia, inoltre, come l'articolo di Elenco Prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprenda la fornitura dell'acciaio, nonché la fornitura e la posa in opera dei materiali e dispositivi necessari alla realizzazione dei diversi tipi di sistemi di precompressione sopra citati, nonché tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera in perfetta regola d'arte.



9 **NON CONFORMITÀ E SANZIONI**

9.1 **Conglomerati cementizi**

Il calcestruzzo con **lavorabilità** inferiore, a discrezione della Direzione Lavori, potrà essere:

- respinto (l'onere della nuova fornitura in tal caso resta in capo all'Impresa);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione

Tutti gli oneri derivanti dalla maggior richiesta di compattazione restano a carico dell'Impresa.

In merito alla valutazione della sanzione prevista, qualora la **resistenza caratteristica** riscontrata risultasse minore di non più del 10% rispetto a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato in opera e, successivamente, una verifica della sicurezza.

Qualora tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti richiesti verrà decurtato in misura pari al 15% del suo valore.

Nel caso in cui la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di oltre il 10%, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla demolizione ed al rifacimento dell'opera, oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, per diventare operativi.

Nessun indennizzo sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Le stesse modalità verranno applicate ai manufatti prefabbricati.



Nelle opere in cui venissero richiesti **giunti di dilatazione o contrazione**, ovvero **giunti speciali aperti a cuneo**, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, l'onere relativo all'esecuzione della sede del giunto, compreso quelli di eventuali casseforme, si intende compreso negli articoli di Elenco Prezzi per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

Nel caso di **ripristino di elementi strutturali**, con la frequenza che riterrà opportuna, la Direzione Lavori eseguirà in corso d'opera le prove di controllo dei requisiti.

Qualora, dalle prove eseguite, risultassero valori inferiori di non più del 10% rispetto a quelli indicati nelle presenti Norme Tecniche o previsti in progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il progettista, effettuerà una verifica della sicurezza statica dell'elemento strutturale soggetto a ripristino/adeguamento.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il materiale verrà accettato, ma il valore della lavorazione verrà decurtata del 25% per tutte le superfici ed i volumi su cui si è operato, oltre che per tutti i prezzi e sovrapprezzi con cui è stata compensata.

Qualora i valori risultassero minori di oltre il 10% rispetto a quelli richiesti e, nel caso in cui, sussistano contemporaneamente più difetti, qualunque siano i valori di scostamento riscontrati rispetto alle previsioni progettuali, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla rimozione dei materiali già posti in opera ed al loro ripristino.

Qualora si evidenziassero **microfessure**, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale di interventi, su tali superfici (o volumi) verrà applicata la sanzione del 25% per tutti i prezzi ed i sovrapprezzi con i quali è stato compensato il lavoro non idoneo.

Se l'incidenza delle aree fessurate sarà superiore al suddetto 20%, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura ed alla protezione della superficie con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

Nel caso di **sistemi protettivi filmogeni**, qualora dalle prove eseguite risultassero valori inferiori rispetto a quelli richiesti, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spesa, alla sostituzione dei materiali già posti in opera.

In corso d'opera, la Direzione Lavori effettuerà dei controlli dello **spessore sul film umido** della singola mano applicata, con le seguenti modalità:

- misura dello spessore mediante "pettine" di idonea gradazione, secondo le specifiche dell'ASTM D 4414 (o D 1212);



- per superfici globali da proteggere inferiori a 2.000 m^2 , almeno una serie di 20 misure;
- per superfici globali da proteggere superiori a 2.000 m^2 , almeno una serie di 40 misure;
- la serie di misure, se possibile, dovrà essere omogeneamente distribuita sulla superficie da verificare ed il suo valore medio non dovrà essere minore di quello di progetto; nel caso risulti un valore medio inferiore allo spessore di progetto, a sua cura e spese, l'Impresa provvederà ad integrare lo spessore mancante, mettendo in atto tutti gli accorgimenti necessari per la buona riuscita dell'integrazione

Le **superfici risonanti a vuoto** con il controllo al martello saranno verificate in contraddittorio e, su di esse, verrà applicata la sanzione del 25% per tutti i prezzi ed i sovrapprezzi con cui è stato compensato il lavoro risultato non idoneo, salvo richiesta della Direzione Lavori di far effettuare, a cura e spese dell'Impresa, le asportazioni ed il rifacimento del ripristino delle superfici risonanti.

Qualora dal **controllo della resistenza del calcestruzzo messo in opera**, non risultasse verificata la condizione $R_{ck, STRUTT} \geq 85\% R_{ck}$ si procederà, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme, sulla base del valore caratteristico della resistenza strutturale rilevata sullo stesso ($R_{ck, STRUTT}$).

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una **relazione supplementare**, nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la resistenza è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

NOTA Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori, il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica rilevata in opera.

Viceversa, nel caso in cui la resistenza non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, la Direzione dei Lavori valuterà come procedere in base alle seguenti ipotesi:

- consolidamento dell'opera o delle parti interessate da non conformità, se ritenuto tecnicamente possibile dalla D.L. sentito il progettista, con i tempi e i metodi che questa potrà stabilire anche su proposta dell'Impresa. Resta inteso che la decisione finale sarà in capo alla Direzione Lavori;
- demolizione e rifacimento dell'opera o delle parti interessate da non conformità.



Tutti gli oneri relativi agli accertamenti di cui sopra, compresi gli eventuali consolidamenti, demolizioni e ricostruzioni, restano in capo all'Impresa.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa nel caso in cui il valore caratteristico della resistenza strutturale dovesse risultare maggiore di quella indicata nei calcoli statici, nei disegni di progetto e nella tabella di cui al già citato Allegato 1 al presente Capitolato.

NOTA Si specifica, inoltre, che la conformità nei riguardi della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera; pertanto, qualora non fossero rispettate le richieste di durabilità, la Direzione Lavori potrà ordinare all'Impresa di mettere in atto tutti gli accorgimenti (ad esempio, il ricoprimento delle superfici con guaine, la protezione con vernici o agenti chimici nebulizzati, ecc.) che saranno ritenuti opportuni e sufficienti alla garanzia della vita nominale dell'opera prevista dal progetto.

Tutti gli oneri derivanti dagli interventi anzidetti saranno a carico dell'Impresa.

9.2 Acciaio per c.a. e c.a.p.

Per le barre di acciaio zincato che non soddisfano i requisiti di cui alle UNI EN ISO 1461, relativamente alle caratteristiche delle protezioni anticorrosive e/o ad altre caratteristiche prestazionali, ma che comunque non concorrano a compromettere la resistenza dei dispositivi, si procederà all'applicazione di una sanzione in percentuale sul prezzo pari a quelle di seguito indicate:

- fino al 10% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sanzione del 10%;
- dal 10% al 20% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sanzione del 15%;
- oltre il 20% in meno di protezione anticorrosiva o di altre caratteristiche prestazionali, sostituzione dei materiali in difetto

10 COLLAUDO



Il Collaudatore, alla fine dei lavori di realizzazione delle opere, dovrà procedere al collaudo delle **opere in c.a. ed in c.a.p.**, allo scopo di accertarne la rispondenza alle indicazioni progettuali. Nel dettaglio, le attività di collaudo sono distinte nelle due tipologie di verifiche di seguito riportate, che devono essere attuate in sequenza:

- il **Collaudo tecnico amministrativo**, che consiste nella verifica puntuale della rispondenza tra opere realizzate ed opere progettate, con particolare riferimento alle caratteristiche geometriche e dimensionali delle opere, alle caratteristiche strutturali, a quelle acustiche dei singoli componenti e, quindi, del sistema nel complesso, oltre che della rispondenza dei valori indicati nei Rapporti di Prova e nella Marcatura CE specificati nel progetto;
- la verifica dell'avvenuta mitigazione acustica, da attuare attraverso l'esecuzione di rilevazioni fonometriche in corrispondenza di punti di misura significativi, da individuare congiuntamente con la Direzione Lavori.

NOTA La non rispondenza di una o più delle verifiche di cui al primo punto non consente l'esecuzione delle verifiche di cui al secondo, in quanto, tali non rispondenze sono da imputarsi ad errori di esecuzione e, di conseguenza, rendono non collaudabile e liquidabile il lavoro.

11 MANUTENZIONE

11.1 Contenuti ed articolazione del Piano di Manutenzione

Sulla base di quanto indicato all'art.38 del D.P.R. n.207/2010, che riporta il "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n.163 e s.m.i., recante il «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE», il **Piano di Manutenzione** è costituito dai seguenti **documenti operativi**:

- **Manuale d'uso**, che riporta i metodi di ispezione da utilizzare allo scopo di individuare i possibili guasti che possono influenzare la durabilità del bene, la cui risoluzione consente di garantire l'allungamento della vita utile del sistema antirumore ed il mantenimento del valore patrimoniale dello stesso;
- **Manuale di manutenzione**, che costituisce lo strumento in grado di gestire un contratto di manutenzione ordinaria e l'eventuale ricorso ai centri di assistenza o di servizio;



- **Programma di manutenzione**, che definisce e programma gli interventi necessari a garantire la funzionalità, la durabilità ed il corretto esercizio del manufatto, nonché la frequenza, gli oneri e le strategie di attuazione degli interventi da realizzare nel medio e nel lungo periodo; in particolare, tale programma deve essere definito in funzione delle prestazioni attese (per classe di requisito), dei controlli da eseguire nei successivi momenti del ciclo di vita dell'opera (dinamica delle prestazioni), oltre che dell'organizzazione temporale degli interventi di manutenzione da realizzare.

Si ritiene comunque opportuno evidenziare come, già nelle fasi di esecuzione delle scelte progettuali e costruttive, si dovrà tener conto dell'esigenza di minimizzare la necessità di prevedere interventi di manutenzione sulle opere realizzate.

12 **NORMATIVE E RIFERIMENTI**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, emanate in applicazione all'art. 52 del DPR n° 380 del 06/06/2001.

I lavori e le verifiche saranno eseguiti in accordo alle disposizioni di legge, alle istruzioni ed alle normative tecniche applicabili, nonché a tutte quelle indicate nel presente documento.

In ogni caso, viene considerata valida l'edizione della norma vigente al momento del ritiro dei documenti di gara, nonché gli eventuali aggiornamenti sopravvenuti successivamente, purché concordati tra le parti.

Gli elaborati di progetto dovranno indicare tutte le tipologie di calcestruzzo ed i tipi di acciaio da impiegare.

12.1 **Leggi e normative sugli aspetti strutturali**

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);



- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6 giugno 2001 "Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" (S.O. n. 239 alla G.U. n. 245 del 20-10-2001);
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008) e norme o documenti esplicitamente richiamati dal Decreto Ministeriale;
- Circolare esplicativa al D.M. 14 gennaio 2008, n. 617 del 2 febbraio 2009 (S.O. n. 27 alla G.U. n. 47 del 26-02-2009)
- Decreto Ministeriale 31 luglio 2012, che riporta la "Approvazione delle appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici"
- Norma UNI EN 1990 "Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale"
- Norma UNI EN 1991 "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture" Parti 1-2-3-4-5-6-7
- Norma UNI EN 1997 "Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica" Parti 1-2
- Norma UNI EN 1998-5 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica"

12.2 Leggi e normative inerenti il rilascio della Marcatura CE

- UNI EN ISO 1460
- UNI EN ISO 1461
- UNI EN ISO 9001
- UNI EN ISO 14001
- UNI EN 196-7
- UNI EN 197-1
- UNI EN 206
- UNI EN 445
- UNI EN 446



- UNI EN 450
- UNI EN 447
- UNI EN 480
- UNI EN 933
- UNI EN 934
- UNI EN 1008
- UNI EN 1504
- UNI EN 1097
- UNI EN 1179
- UNI EN 1992 (Eurocodice 2)
- UNI EN 10204
- UNI EN 12620
- UNI EN 12350
- UNI EN 12390
- UNI EN 12504
- UNI EN 13055
- UNI EN 13263
- UNI EN 13670-1
- UNI EN 14487
- UNI EN 14488
- UNI EN 14651
- UNI EN 14721



- UNI EN 14889
- UNI EN 15167
- UNI EN 45012
- UNI CEN/TS 14754
- UNI 6556
- UNI 7122
- UNI 7123
- UNI 8146
- UNI 8148
- UNI 8520
- UNI 8866
- UNI 9606
- UNI 11039
- UNI 11104
- UNI 11146
- UNI 11201
- UNI 11307
- UNI 11417-1
- UNI 11417-2
- UNI 111039
- ASTM C1609
- ASTM D 1212



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

- ASTM D 4414
- BS 1881
- CNR DT 204/2006 Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibro-rinforzato



13 APPENDICE

13.1 Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi

13.1.1 Cemento

13.1.1.1 Considerazioni generali

Il **cemento** deve essere scelto tra quelli considerati più idonei, tenendo in considerazione:

- le condizioni stagionatura influenti sui tempi di presa ed indurimento;
- le dimensioni della struttura ed i relativi gradienti termici derivanti dallo sviluppo di calore di idratazione;
- l'esposizione agli specifici agenti aggressivi;
- la potenziale reattività degli aggregati nel cemento

In particolare, qualora vi sia l'esigenza di eseguire **getti massivi**, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH, contemplati dalla norma UNI EN 197-1.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 o della norma UNI 11104, conseguente ad un'**aggressione di tipo solfatico**, sarà necessario utilizzare **cementi resistenti ai solfati**, in accordo con la UNI EN 197-1 § 6.2.

In caso la classe di esposizione XA sia dovuta al **contatto del conglomerato con acque dilavanti**, è consigliabile l'impiego di **cementi resistenti al dilavamento** secondo UNI 9606.

In caso di **esposizione dell'opera ai cloruri** con le solette da ponte, è raccomandabile l'impiego di **cementi pozzolanici o d'altoforno**, come specificato anche nella UNI 11417-1.



Nel caso di **possibile rischio di reazione alcali-aggregati**, è raccomandabile l'impiego di **cementi con contenuto di alcali ridotto e/o di tipo pozzolanico**, conformemente a quanto indicato nella UNI 11417-2.

La temperatura del cemento al momento del confezionamento del calcestruzzo non dovrà superare il valore di 55°C.

13.1.1.2 Controlli sul cemento

Controllo della documentazione

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento del calcestruzzo, è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al precedente par. 13.1.2.1.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche del cemento.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai Documenti di Trasporto dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare periodicamente quanto sopra indicato; in particolare, la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto per la realizzazione dei calcestruzzi.

Controllo di accettazione

La Direzione dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere; in particolare, nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto da impianto di confezionamento installato all'interno del cantiere stesso e non operante con processo industrializzato (di cui al precedente par. 6.1).

Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna, in conformità alla norma UNI EN 196-7.



L'Impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; il campionamento sarà effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento.

Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5.000 tonnellate di cemento consegnato.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 scelto dalla Direzione dei Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove. Nel caso di specifici requisiti composizionali, potrà essere richiesta la verifica di alcuni parametri, quali ad esempio il contenuto di alcali, il calore d'idratazione, il contenuto di C3A.

13.1.2 Aggiunte minerali

13.1.2.1 Considerazioni generali

Le aggiunte di tipo I (praticamente inerti), sia di origine naturale che artificiale, dovranno essere conformi ai requisiti previsti nella UNI EN 12620 per i filler.

Per le aggiunte di tipo II (pozzolaniche o ad attività idraulica latente), si farà riferimento alla UNI 11104 § 4.2 ed alla UNI EN 206 § 5.1.6 e § 5.2.5.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele di cui al successivo precedente 6 e, in seguito, ogni qualvolta la Direzione dei Lavori ne faccia richiesta.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali delle aggiunte.

Le aggiunte di tipo II indicate nella UNI EN 206 § 5.1.6 possono essere prese in conto nella composizione del calcestruzzo introducendo il coefficiente k , definito al § 5.2.5.1 della UNI-EN 206.

Utilizzando un adeguato valore del coefficiente k , funzione del tipo di aggiunta e del tipo di cemento con il quale essa viene combinata, nella valutazione del rispetto dei limiti composizionali contenuti nel Prospetto F.1 della UNI EN 206 e nel prospetto 4 della UNI 11104, sarà possibile:



- sostituire il rapporto "a/c" del calcestruzzo con il rapporto "a/(c + k × aggiunta)";
- sostituire il dosaggio di cemento del calcestruzzo "c" con la quantità "c + k × aggiunta"

13.1.2.2 Ceneri volanti

Le ceneri volanti (cv) provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi ai requisiti della UNI EN 450/1,2 sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 2 al presente Capitolato (par.14.2) e provviste di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620, possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

Nella seguente Tabella 13 sono riportati i valori del coefficiente k per le ceneri volanti, distinti in funzione del tipo di cemento.

Tabella 13: **Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450** (Prosp. 3, UNI 11104)

Tipo di cemento	Classi di resistenza	Valori di k
CEM I	32.5 N, R	0.2
CEM I	42.5 N, R	0.4
	52.5 N, R	
CEM II/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM III/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	



CEM IV/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM V/A	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	

Valgono le seguenti limitazioni:

- in caso di utilizzo con CEM I, il rapporto in massa cv/c non deve essere superiore a 0,33;
- in caso di utilizzo con CEM II/A, il rapporto in massa cv/c non deve essere superiore a 0,25;
- la quantità $(c + k \times cv)$ non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il rapporto $a/(c + k \times cv)$ non deve essere inferiore al valore massimo del rapporto a/c richiesto per la specifica classe di esposizione

Le normative attualmente in vigore non definiscono un valore limite del rapporto in massa cv/c nel caso di utilizzo in combinazione con cementi diversi dal CEM I e dal CEM II/A.

In attesa di ulteriori sviluppi normativi, si prescrive un valore limite pari a 0,20 del rapporto in massa cv/c nel caso di utilizzo in combinazione con CEM III/A, CEM IV/A e CEM V/A.

Nel caso di utilizzo di quantitativi di cenere superiori a quelli sopra indicati, il quantitativo in eccesso non potrà essere utilizzato nel calcolo della quantità $(c + k \times cv)$ e del rapporto $a/(c + k \times cv)$.

Nel caso vengano impiegate ceneri di classe B o C, con tenore di incombusto > 5%, particolare attenzione dovrà essere posta alla verifica della costanza dei risultati nel raggiungimento della lavorabilità, delle prestazioni meccaniche, del contenuto di aria inglobata e, ove richiesto, anche di aspetti estetici legati alla risalita dell'incombusto in superficie.



13.1.2.3 Fumo di silice

Il **fumo di silice** (fs) proveniente dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, al fine dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunta di tipo II, deve essere conforme ai requisiti della UNI EN 13263 parti 1 e 2 per fumi di silice di classe 1, sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 3 al presente Capitolato (par.14.3) e provvisto di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Il **fumo di silice** può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), addensato in particelle di maggiori dimensioni, o come sospensione liquida (c.d. "slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa, oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice ed additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry, il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

Ai fini del **calcolo del rapporto a/c equivalente e del dosaggio di cemento equivalente**, il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente, che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi, impiegando esclusivamente cementi tipo I e CEM II-A di classe 42, 5N e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto $\leq 0,45$ $k = 2,0$
- per un rapporto acqua/cemento prescritto $> 0,45$ $k = 2,0$ (eccetto $k = 1,0$ in presenza delle classi di esposizione XC e XF)

L'impiego di **fumo di silice** con cementi diversi da quelli sopra menzionati è subordinato all'approvazione preliminare della Direzione dei Lavori.

Valgono le seguenti **limitazioni**:

- la quantità (cemento + $k \times fs$) non deve essere inferiore al dosaggio minimo di cemento richiesto per la specifica classe di esposizione;
- il dosaggio minimo di cemento non deve essere diminuito più di 30 kg/m^3 per calcestruzzi in classi di esposizione per le quali il dosaggio minimo di cemento è $\leq 300 \text{ kg/m}^3$;
- il rapporto $a/(c + k \times fs)$ non deve essere inferiore al valore massimo del rapporto a/c richiesto per la specifica classe di esposizione;
- la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del calcolo della quantità $(c + k \times fs)$ e del rapporto $a/(c + k \times fs)$ deve soddisfare il requisito: $fs/c \leq 0.11$



13.1.2.4 Loppa d'altoforno macinata

La **loppa d'altoforno macinata** (ggb), ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunta di tipo II, deve essere conforme ai requisiti della UNI EN 15167 parti 1 e 2 sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 4 al presente Capitolato (par.14.4) e provvista di marcatura CE, in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Per la **loppa d'altoforno macinata** conformi alla UNI EN 15167, impiegata in combinazione con cementi tipo CEM I e CEM II/A conformi alla UNI EN 197-1, si potrà assumere un valore di $k = 0,60$.

La **quantità massima di loppa d'altoforno macinata** che può essere considerata agli effetti del calcolo della quantità $(c + k \times ggb)$ e del rapporto $a/(c + k \times ggb)$ deve soddisfare il requisito:

- $ggb/c \leq 1$

13.1.2.5 Altri tipi di aggiunta minerale ad attività pozzolanica

Altri tipi di aggiunte minerali ad attività pozzolanica, diversi da quelli sopra menzionati, possono essere impiegati se in possesso di specifico Benestare Tecnico Europeo o di Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego in ambito nazionale rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

In assenza di tali certificazioni, questi tipi di aggiunta potranno essere considerati solo come aggiunte di tipo I con relativo obbligo di conformità ai requisiti previsti nella UNI EN 12620 per i filler.

13.1.3 Aggregati

Gli **aggregati** impiegati per il confezionamento del calcestruzzo potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava; essi dovranno possedere marcatura CE secondo il D.P.R. n. 246/93 e successivi decreti attuativi. Copia della documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione dei Lavori e dall'Impresa. In assenza di tali certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.



L'attestazione di marcatura CE dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori ad ogni eventuale cambiamento di cava.

Gli **aggregati** saranno conformi ai requisiti delle norme UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo (§ 4.8 della UNI 8520-2) sintetizzati nella tabella riportata nell'Allegato 5 al presente Capitolato (par. 14.5).

La **massa volumica media** del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2.300 kg/m^3 . A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché sia dimostrato, mediante adeguato studio sui calcestruzzi da confezionare, che vengano rispettate le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2.300 kg/m^3 .

Per i calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore di C(50/60) dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2.600 kg/m^3 .

È consentito l'uso di **aggregati grossi provenienti da riciclo** anch'essi con obbligo di marcatura CE, nel rispetto delle limitazioni imposte dal § 11.2.9.2 del D.M. 14/01/2008, purché l'utilizzo non pregiudichi alcuna caratteristica del calcestruzzo, né allo stato fresco, né indurito (si veda nota del succitato Allegato 5 par. 14.5).

Per **diametri massimi** fino a 12mm, è consentita la combinazione di sole due classi granulometriche. Oltre tale limite, dovrà essere invece prevista la combinazione di almeno 3 classi.

13.1.4 Acqua di impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003, secondo quanto sintetizzato nella tabella riportata nell'Allegato 6 al presente Capitolato (par.14.6).



13.1.5 Additivi

Gli **additivi** per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono (riduttori d'acqua/ fluidificanti, riduttori d'acqua ad alta efficacia/superfluidificanti, ritardanti, acceleranti, aeranti, modificatori di viscosità, ecc.), ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4 e 5).

I prodotti filmogeni antievaporanti dovranno essere conformi alla norma UNI CEN/TS 14754-1.

Il loro utilizzo deve anche prevedere la verifica che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio, con primer di adesione). In caso contrario, prima di eseguire il successivo getto, si deve procedere a ravvivare la superficie.

Per altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma armonizzata, si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

Ad esempio, nel caso di impiego di additivi riduttori di ritiro (SRA) non rientranti nella UNI EN 934, dovrà essere verificata l'entità di riduzione di ritiro igrometrico secondo UNI 11307:2008, ai dosaggi di impiego previsti, rispetto ad un calcestruzzo di pari composizione, privo dell'additivo.

È onere dell'Impresa verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche, fisiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, è opportuno che vi sia un impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia, per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità delle opere.

La percentuale d'acqua contenuta negli additivi dovrà essere computata nel calcolo del rapporto acqua-cemento, qualora il dosaggio degli additivi superi i 3 litri /m³.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto; in ogni caso, dovrà essere evitata qualsiasi soluzione di continuità degli elementi strutturali (vedi par. 7.3.5).

Nel periodo invernale, al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5 °C, oltre che agli additivi superfluidificanti, si farà ricorso all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri (vedi par. 7.3.3).



Per le strutture sottoposte all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle norme UNI EN 206 e UNI 11104. Particolare attenzione andrà posta, in questo caso, alla stabilità dell'aria sviluppata nella miscelazione durante il trasporto e nel caso di impiego di ceneri volanti. La percentuale di aria inglobata andrà comunque verificata al momento del getto, mediante misura sia della massa volumica allo stato fresco, secondo UNI EN 12350/6, sia del volume di aria inglobata, secondo UNI EN 12350/7.

Nel caso di impiego di calcestruzzi auto compattanti (SCC), potrà essere previsto l'impiego di modificatori della viscosità conformi alla UNI EN 934-2 e caratterizzati secondo la UNI EN 480-15.

Tutte le forniture degli additivi dovranno essere accompagnate dall'attestato di conformità CE o, in assenza di norma armonizzata con obbligo di marcatura CE, da altra certificazione del produttore secondo le norme volontarie in vigore e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti.

La Direzione Lavori, oltre a verificare suddetta documentazione, in fase di accettazione potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche come indicato nella tabella riportata nell'Allegato 7 al presente Capitolato (par. 14.7).

13.1.6 Agenti espansivi non metallici

Per il confezionamento di **calcestruzzi a ritiro compensato** (vedi par. 6.2.1.3) si potrà fare uso di **agenti espansivi non metallici**, per lo più a base di ossido di calcio, conformi alla UNI 8146, come sintetizzato nella tabella riportata nel succitato Allegato 7 (par.14.7); in particolare:

- i tempi di inizio e fine presa misurati secondo UNI 7123 del calcestruzzo contenente l'agente espansivo non devono variare di più di ± 30 min rispetto a quelli del calcestruzzo non additivato di pari classe di consistenza;
- la resistenza a compressione a 28 giorni, misurata secondo UNI EN 12390/3 sul calcestruzzo contenente l'agente espansivo, non deve risultare inferiore a quella del calcestruzzo non additivato di pari classe di consistenza;
- l'espansione contrastata secondo UNI 8148:
 - con metodo A (a 20°C in acqua satura di calce) dovrà essere a 7 giorni $> 200 \mu\text{m/m}$; a 28 giorni non inferiore di quella registrata a 7 giorni;



- con metodo B (a 20°C nei primi 2 gg a UR >95% e con protezione di pellicola plastica, poi all'aria con UR 55+5%), la norma non prevede dei limiti, che andranno concordati con il produttore (si vedano par.13.3.11.6 e par. 6.2.1.3).

La fornitura degli espansivi dovrà essere accompagnata da una certificazione del produttore, che attesti la conformità del prodotto ai requisiti sopraelencati e dalla scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti.

La Direzione Lavori, oltre a verificare suddetta documentazione, in fase di accettazione potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche come indicato nella tabella di cui in Allegato 7 (par. 14.7).

13.2 Fibre

13.2.1 Fibre per uso strutturale

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- Fibre per uso strutturale per opere all'aperto:
- B.05.018 FIBRE DI POLIPROPILENE
- B.05.019 FIBRE IN ACCIAIO PER ARMATURA DI CALCESTRUZZO
- Fibre per uso strutturale per opere in sotterraneo:
- C.02.012 FIBRE IN ACCIAIO PER ARMATURA DI CALCESTRUZZO IN GALLERIA

13.2.1.1 Caratteristiche tecniche

Per il confezionamento di calcestruzzi fibro-rinforzati o di calcestruzzi proiettati si potranno impiegare le seguenti fibre per uso strutturale:



- metalliche conformi alla UNI EN 14889-1;
- polimeriche conformi alla UNI EN 14889-2.

Le fibre metalliche in acciaio presentano un elevato rapporto d'aspetto (definito come il rapporto tra la lunghezza della fibra e il suo diametro equivalente) e per migliorare ulteriormente l'ancoraggio delle fibre al calcestruzzo, le estremità spesso vengono sagomate.

Le fibre polimeriche in polipropilene ad alto modulo elastico oltre a contrastare il fenomeno fessurativo della matrice cementizia garantiscono un aumento della resistenza a trazione del calcestruzzo. Possono avere diverse forme, oltre a quella semplicemente rettilinea

Le fibre per uso strutturale comunemente impiegate nei materiali cementizi, hanno una lunghezza variabile tra 1 e 80 mm e un rapporto d'aspetto compreso tra 50 e 400.

Il dosaggio minimo delle fibre per uso strutturale deve essere \geq allo 0,3% in volume. I dosaggi normalmente impiegati per le fibre in acciaio variano da 25 a 60 kg/m³ cui corrispondono percentuali volumetriche comprese tra 0,30% e 0,75%.

Relativamente alle fibre metalliche e polimeriche la Direzione Lavori, oltre a verificare la presenza dell'attestato di conformità CE e della scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche e prestazionali dei prodotti - in fase di accettazione - potrà richiedere la verifica di alcune caratteristiche, come indicato nella tabella di cui al succitato Allegato 8, par. 14.8, oltre che come riportato anche al successivo par. 2.2.1 per i calcestruzzi fibro-rinforzati.

13.3 Caratteristiche dei conglomerati cementizi

13.3.1 Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Gli aggregati per il confezionamento del calcestruzzo, oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate, dovranno appartenere a non meno di tre classi granulometriche diverse.

La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire la massima densità dell'impasto, garantendo i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui ai punti seguenti.



La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, il pompaggio), quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione nominale massima dell'aggregato (DMAX) è funzione delle dimensioni dei copriferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche delle casseforme, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera. Essa sarà definita dalle prescrizioni di progetto per ciascuna tipologia di calcestruzzo (vedi Tabella 2 riportata nel successivo par. 2.2).

In assenza di altro specifico riferimento, si considerino le seguenti limitazioni:

- $DMAX < \text{copriferro}$
- $DMAX < \text{interferro minimo} - 5 \text{ mm}$
- $DMAX < \frac{1}{4}$ della sezione minima della struttura

13.3.2 Lavorabilità

La **misura della lavorabilità** verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206 e UNI EN 206-9 (Regole complementari per il calcestruzzo autocompattante), dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno $0,3 \text{ m}^3$ di calcestruzzo, ovvero a $1/5$ dello scarico, e sarà effettuata mediante differenti metodologie.

In particolare, la lavorabilità del calcestruzzo dovrà essere definita mediante:

- tempo di vibrazione Vebè (UNI EN 12350-3), in caso di calcestruzzi a consistenza asciutta soprattutto se con comportamento tixotropico;
- il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2), che definisce la classe di consistenza o uno slump numerico di riferimento oggetto di specifica, per abbassamenti fino a 230 mm;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5), per abbassamenti superiori a 230 mm; la ripetizione della misura di spandimento dopo 60' dal confezionamento potrà essere indicata per il controllo della segregazione della miscela;



- per i calcestruzzi autocompattanti (SCC), la misura dello spandimento (slump-flow) e del tempo di spandimento (UNI-EN 12350-8) e della segregazione mediante setacciatura (UNI EN 12350-11). In relazione alla severità delle condizioni di getto (funzione ad esempio della densità delle armature, della geometria della struttura, della distanza di scorrimento), una eventuale caratterizzazione reologica più completa potrà essere richiesta secondo le procedure delle UNI-EN 12350 - 9, 10 e 12

I limiti e le tolleranze per le varie **classi di consistenza** sono quelli definiti nel prospetto 11 della UNI EN 206 e nella UNI EN 206-9 per i calcestruzzi auto compattanti.

Se il conglomerato cementizio viene pompato, il valore della lavorabilità dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa.

13.3.3 Rapporto acqua/cemento

Il **quantitativo di acqua efficace** a_{eff} da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

- (a_{aggr}): quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (cioè del tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);
- (a_{add}): aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/m³) o le aggiunte minerali in forma di slurry;
- (a_m): aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/autobetoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_m + a_{agg} + a_{add}$$

Il **rapporto acqua/cemento** sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente, individuato dall'espressione più generale:

$$\left(\frac{a}{c}\right)_{eq} = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

nella quale vengono considerate le eventuali **aggiunte di tipo II** (vedi precedente par. 13.1.2) all'impasto nell'impianto di betonaggio.



I termini utilizzati nell'espressione precedente sono:

- c : dosaggio di cemento per m^3 di impasto;
- agg_{II} : dosaggio dell'aggiunta minerale di tipo II (ceneri volanti, fumo di silice, loppa d'altoforno o altra sottoposta a benestare tecnico europeo) per m^3 di impasto;
- K_{II} : coefficiente di equivalenza della aggiunta minerale di tipo II desunti dalle norme UNI-EN 206 ed UNI 11104 (vedi precedenti par. 13.1.2.2, par. 13.1.2.3 e par. 13.1.2.4), ovvero da uno specifico benestare tecnico europeo

L'attuale panorama normativo non consente di valutare uno o più coefficienti K_{II} da utilizzare nel caso di uso combinato di più aggiunte minerali di tipo II. In tal caso, sarà pertanto possibile considerare, ai fini del calcolo del rapporto $(a/c)_{eq}$ soltanto una delle aggiunte utilizzate.

La stessa limitazione vale anche per la definizione del dosaggio complessivo di legante, ai fini del confronto con il valore di c_{min} prescritto nel prospetto F della UNI EN 206 e nel prospetto 4 della UNI 11104.

Le **modalità per la verifica del rapporto acqua-cemento** in corso d'opera si articolano in tre fasi:

- in fase di carico della miscela all'impianto di betonaggio, attraverso il controllo della taratura delle sonde di lettura dell'umidità degli aggregati mediante essiccazione diretta degli stessi prima del carico e della verifica dei dosaggi effettivi e della resa dei vari componenti risultanti dai tabulati di carico tenendo conto dell'umidità degli aggregati, del loro assorbimento d'acqua e della misura diretta della massa volumica a fresco;
- in cantiere o all'impianto di betonaggio, attraverso la misura della densità di un campione di calcestruzzo e della sua essiccazione secondo la procedura UNI 11201. Secondo questo metodo di misura l'acqua efficace viene calcolata sottraendo a quella totale direttamente misurata la quantità di acqua assorbita dagli aggregati desunta dalle percentuali calcolate nella rese delle pesate dell'impianto. Anche il rapporto acqua-cemento viene calcolato sulla base del dosaggio di cemento risultante dalla resa volumetrica del calcestruzzo campionato rilevata nella prima fase di verifica;
- in fase di controllo di accettazione della resistenza caratteristica, verificando che il valore della resistenza media corrisponda al valore ottenuto durante la fase di qualifica della miscela e che il valore caratteristico, calcolato secondo il tipo di controllo di accettazione prescelto (vedi successivo par. 5.1), sia comunque superiore al valore minimo prescritto



Il valore del rapporto a/c registrato nelle prove di prequalifica con tutte le tre fasi di verifica non deve discostarsi di ± 0.02 da quello nominale.

Nelle fasi qualifica e di accettazione in cantiere, il rapporto a/c non deve discostarsi di ± 0.03 da quello verificato in fase di prequalifica della miscela.

13.3.4 Massa volumica

La misura della **massa volumica** a fresco dovrà essere misurata secondo UNI EN 12350-6.

I valori rilevati in qualifica non si dovranno discostare di più del 3% da quelli nominali definiti nel dossier di prequalifica.

La massa volumica allo stato indurito dovrà essere misurata secondo UNI EN 12390-7.

Secondo quanto definito al § 5.5.2 della UNI EN 206, per i calcestruzzi di massa volumica ordinaria (non leggeri o pesanti), la massa volumica a secco dovrà essere compresa tra 2.000 kg/m^3 e 2.600 kg/m^3 .

Nelle varie fasi di controllo, la massa volumica dovrà essere misurata su tutti i provini stagionati UR>95% o in acqua sottoposti alle prove meccaniche di cui ai punti successivi.

Il valore rilevato non si dovrà discostare di oltre +50 kg/mc rispetto a valore nominale a fresco definito nel dossier di prequalifica.

13.3.5 Contenuto di aria

Qualora sia prevista una classe di esposizione ambientale di tipo XF (strutture soggette a cicli di gelo/disgelo in presenza o meno di sali disgelanti) e, quindi, sarà impiegato un additivo aerante, contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato, dovrà essere determinato il **contenuto di aria nel calcestruzzo**, in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro.



Il contenuto di aria in ogni miscela prodotta (espresso in percentuale) dovrà essere conforme a quanto prescritto nella succitata Tabella 2 riportata nel successivo par. 2.2, tenendo conto del diametro massimo dell'aggregato (D_{max}) e delle tolleranze ammesse ivi riportate.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla stabilità dello sviluppo dell'aria durante il tempo di trasporto ed alla eventuale riduzione della stessa, con necessità di incrementare il dosaggio di additivo aerante in caso di utilizzo di cenere volante da carbone.

13.3.6 Acqua di bleeding

L'essudazione di acqua dovrà risultare non superiore allo 0,1%, in conformità alla norma UNI 7122, ovvero alla UNI EN 480/4.

13.3.7 Misura della temperatura del calcestruzzo al getto

La **temperatura dell'aria e del calcestruzzo, al momento del getto**, dovranno essere verificate con l'approssimazione di almeno 1°C e dovranno essere rispettare i limiti specificati nei successivi par. 7.3.3 e par. 7.3.4.

13.3.8 Contenuto di cloruri nel calcestruzzo

Il **contenuto di cloruri nel calcestruzzo**, espresso come percentuale sul dosaggio del cemento, dovrà essere verificato sulla base della ricetta nominale e qualificata come sommatoria dei contributi derivanti dai singoli componenti (§ 5.2.7 UNI EN 206).

Il totale dovrà essere conforme ai limiti definiti nel prospetto 10 della UNI EN 206.

13.3.9 Grado di compattazione



Il **grado di compattazione** g_c è il rapporto tra la massa volumica misurata secondo UNI EN 12390/7 su un campione estratto dalla struttura e quello misurato sul provino confezionato conformemente alla UNI 12390/1.

Dovrà essere garantito un $g_c > 0,97$ riferito a campioni di calcestruzzo saturi a superficie asciutta.

13.3.10 Tempo di presa

Qualora richiesto, i tempi di inizio e fine presa verranno valutati su calcestruzzo vagliato a 5 mm con apparecchio proctor, secondo la UNI 7123.

I limiti di accettazione saranno definiti in base alle esigenze di scasso e/o di lavorazioni dello specifico progetto.

13.3.11 Requisiti aggiuntivi

Di seguito sono indicate **ulteriori prove per le miscele di calcestruzzo**, relative a requisiti aggiuntivi eventualmente richiesti da progetto e da verificare durante la fase di qualifica.

Le prove raccomandabili in relazione alle varie tipologie strutturali previste nella già citata Tabella 2 sono quindi riportate nella Tabella 3 di cui al precedente par. 2.2.

13.3.11.1 Resistenza a trazione indiretta

La misura della **resistenza a trazione indiretta** su calcestruzzo verrà eseguita secondo UNI EN 12390/6, su una coppia di provini cilindrici 15×30 cm confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2.

13.3.11.2 Resistenza a flessione



La misura della **resistenza a flessione** su calcestruzzo verrà eseguita secondo UNI EN 12390/7, su una coppia di provini prismatici 15×15×60cm confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2.

In caso di calcestruzzi fibro-rinforzati (vedi precedente par. 6.2.1.3), la prova andrà eseguita anche su una coppia di travi intagliate in mezzera, secondo la procedura UNI 111039 o UNI EN 14651, con relativo calcolo degli indici di duttilità.

13.3.11.3 Modulo elastico statico e dinamico

Le misure del **modulo elastico** vengono eseguite a su provini confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2, fino alla stagionatura oggetto di verifica secondo le indicazioni di progetto.

La misura del **modulo elastico statico** (E_s) su calcestruzzo verrà eseguita secondo la UNI 6556, utilizzando una terna di provini cilindrici 15×30 cm per la misura della resistenza a compressione e altri tre per la misura del modulo elastico attraverso tre cicli di carico e successiva rottura.

La misura **del modulo elastico dinamico** (E_d) è invece effettuata misurando la velocità delle onde ultrasoniche (v) secondo UNI EN 12504/4, mentre la massa volumica (M_v) sul calcestruzzo indurito secondo UNI EN 12390/7 e utilizzando la seguente correlazione:

$$E_d = v^2 \times M_v \times 0,83$$

Di norma, la prova viene eseguita sugli stessi provini del modulo elastico statico come controllo preliminare e per verificare la correlazione E_s/E_d , generalmente compresa tra 0,65 e 0,85, in funzione della classe di resistenza a compressione del calcestruzzo.

13.3.11.4 Deformazione viscosa

La misura della **deformazione viscosa** o creep su provini confezionati e stagionati secondo UNI EN 12390/1,2 fino a 28 giorni (a meno di altra specifica indicazione).

La prova viene eseguita secondo ASTM C1609, su una coppia di provini cilindrici 15×30 cm per la misura della resistenza a compressione, un'altra coppia per la misura della deformazione viscosa e due per il ritiro igrometrico nello stesso ambiente di prova della deformazione viscosa (necessari per il successivo calcolo della creep puro).



13.3.11.5 Ritiro idraulico libero

Il **ritiro igrometrico uniassiale** per calcestruzzi con diametro massimo fino a 30 mm viene misurato secondo la procedura UNI 11307 (metodo A assiale o metodo B superficiale), su una terna di provini prismatici conformi alla UNI EN 12390/1, di lunghezza inferiore a 600 mm (di norma 10×10×50 cm) in condizioni standard di 20°C e UR 50+5%. Differenti tipi di stagionatura potranno essere richiesti per simulare le reali condizioni di esposizione della struttura.

A livello compositivo, la riduzione del ritiro può essere ottenuta sia agendo sui parametri rapporto acqua-cemento e rapporto aggregato-cemento, sia mediante uso di agenti antiritiro ed espansivi.

Il **ritiro idraulico** nelle reali condizioni dovrà essere valutato utilizzando varie formule disponibili in letteratura considerando, oltre al tipo di calcestruzzo caratterizzato dal ritiro standard misurato come sopra indicato, anche la condizione ambientale di getto e di prima stagionatura, la dimensione e la geometria dell'elemento.

I limiti di accettabilità andranno quindi definiti in base alle specifiche esigenze di progetto ed alle reali condizioni costruttive.

13.3.11.6 Espansione contrastata

L'**espansione contrastata** su calcestruzzi a ritiro compensato (vedi precedenti par 6.2.1.3 e par. 6.3.1.3) andrà misurata secondo UNI 8148, metodo B (a 20°C nei primi 2 giorni a UR > 95% e con protezione di pellicola plastica, poi all'aria con UR 55+5%). Con questo metodo, la norma non prevede dei limiti, che andranno definiti in base alle specifiche esigenze di progetto.

In funzione del sistema espansivo adottato (ad es. a base ossido di calcio o solfo alluminato tetra calcico), il dosaggio di prodotto e l'espansione a breve termine andranno verificate in modo da garantire un'espansione residua a 90gg $\geq 0 \mu\text{m/m}$.

13.3.11.7 Permeabilità all'acqua

La **permeabilità all'acqua** viene misurata secondo la UNI EN 12390-8, su provini stagionati in acqua per 28 giorni.

In accordo al §7.1 delle LL.GG. per il calcestruzzo strutturale, un calcestruzzo viene definito impermeabile quando la penetrazione massima dell'acqua è $\leq 50 \text{ mm}$ e quella media $\leq 20 \text{ mm}$.



13.3.11.8 Gradiente e ritiro termico

Nel caso di **calcestruzzi massivi** o, comunque, in tutti i casi si ipotizzino condizioni di elevato gradiente termico (ad esempio, nel caso di getto in clima molto freddo, anche per strutture non propriamente massive), dovrà essere eseguito un controllo termico in grado di rilevare i seguenti parametri:

- misura della temperatura di picco raggiunta nel nucleo del getto (T_{\max} cls);
- misura della differenza tra la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto e la temperatura massima di picco, misurata nel nucleo della struttura ($\delta T_{1\max}$);
- misura della 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 ($\delta T_{2\max}$);
- misura 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 ($\delta T_{3\max}$).

L'Impresa dovrà definire, per ogni condizione di temperatura ambiente, modalità e tempi di cassetta in modo che, fino alla rimozione dei casseri, siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- $T_{\max} \leq 65^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{1\max} < 50^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{2\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$
- $\delta T_{3\max} \leq 20^{\circ}\text{C}$

Eventuali deroghe ai valori di $\delta T_{2\max}$ e $\delta T_{3\max}$, fino ad un massimo di 30°C , potranno essere concesse, previa verifica dell'assenza di fessurazione mediante appositi getti di prova in scala reale.

La determinazione di T_{\max} e dei vari gradienti deve essere effettuata con i seguenti controlli:

- in fase di prequalifica in laboratorio mediante una prova adiabatica o semiadiabatica da concordare con ANAS e/o con la Direzione Lavori su un campione di calcestruzzo tale da poter essere ritenuto rappresentativo per la singola opera in oggetto;



- in sito, in condizioni ambientali più prossime a quelle di prevista fase di getto, mediante la realizzazione di un prototipo da concordare con ANAS e/o con la Direzione Lavori, opportunamente dimensionato e strumentato con termocoppie annegate nel calcestruzzo e posizionate nei punti sopradescritti.

Per la scelta del cemento più idoneo e l'ottimizzazione del suo dosaggio secondo quanto di seguito riportato nel succitato par.2.2.1, a parità di rapporto a/c, si dovrà procedere in fase di qualifica ad una prova di confronto in calcestruzzo, utilizzando diversi tipi di cementi ed eventuali aggiunte minerali di tipo II (es. cenere volante, loppa d'altoforno), con calore di idratazione trascurabile.

Per quanto riguarda le precauzioni relative ai tipi di cassetture ed ai tempi di scasso da adottare per minimizzare i gradienti termici δT_{2max} e δT_{3max} , si rimanda al par.2.2.1.

13.4 Specificazione dei calcestruzzi proiettati

I **calcestruzzi proiettati** dovranno essere specificati come conglomerati a prestazione garantita, con riferimento alla classificazione riportata al precedente par. 2.2.1 ed ai requisiti indicati al § 5 della UNI EN 14487-1.

In ogni caso, dovranno essere prescritti i seguenti parametri:

- classe di consistenza (se si impiega il processo per via umida);
- classe di resistenza;
- classe di esposizione ambientale;
- dimensione massima dell'aggregato;
- classe di contenuto di cloruri;
- resistenza residua e/o capacità di assorbimento di energia (per calcestruzzi fibrerforzati);
- categoria di ispezione (UNI EN 14487-1, §7.2).

La **categoria di ispezione**, in una scala da 1 a 3, definisce il tipo e la frequenza dei controlli che devono essere eseguiti in corso di applicazione del calcestruzzo proiettato.



La scelta della categoria di ispezione deve essere fatta dal progettista, in funzione del tipo e dell'importanza dell'opera, della vita di servizio richiesta e del grado di rischio connesso.

In ogni caso, dovranno essere specificate almeno le categorie di ispezione riportate nella seguente Tabella 14.

Tabella 14: **Calcestruzzi proiettati: categorie minime di ispezione in funzione della tipologia e destinazione d'uso.**

Tipo di intervento	Categoria
Pre-rivestimenti di gallerie secondarie con funzione portante temporanea (se non esiste distinzione tra secondaria e principale, considerare tutto in categoria 3)	2
Pre-rivestimenti di gallerie principali anche con funzione portante temporanea o pre-rivestimenti aventi funzione portante in servizio	3
Stabilizzazione di scavi temporanei	1
Stabilizzazione permanente di pendii di medie dimensioni	2
Stabilizzazione di pendii di grandi dimensioni e/o in presenza di movimenti franosi	3
Consolidamento di elementi portanti e non portanti di ponti viadotti e rivestimenti definitivi di gallerie, ecc.	3

13.5 Acciaio per c.a.: zincatura a caldo per immersione

Il **trattamento preliminare** comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400 - 430 K.

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI EN 1179/05, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%. Il **bagno di zinco** fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710-723°K; in nessun caso, dovrà essere superata la temperatura massima di 730°K.

Il **tempo di immersione** delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m² di superficie effettivamente rivestita, corrispondente ad uno spessore di 85 gm ± 10%.

Seguirà il **trattamento di cromatazione**, se previsto in progetto, per impedire eventuali reazioni tra le barre e il calcestruzzo fresco.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

NOTA Il rivestimento di zinco dovrà presentarsi regolare, uniformemente distribuito, privo di zone scoperte, di bolle, di macchie di flusso, di inclusioni, di scorie, di macchie acide o nere. Dovrà essere aderente alla barra, in modo da non poter venire rimosso da ogni usuale processo di movimentazione, lavorazione e posa in opera.

NOTA Barre eventualmente incollate assieme dopo la zincatura e barre che presentano gocce e/o punte aguzze saranno rifiutate.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

14 **ALLEGATI**



14.1 ALLEGATO 1: CONTROLLI SUL CEMENTO

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLI FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLI FASE ACCETTAZ.**	
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)			
A1	Cemento					
A 1.1	Verifica documentazione:					
A 1.1.1	Verifica attestato conformità CE (compresi valori C3A, K ₂ O e Na ₂ O in caso richiesta cem SR o rischio ASR)	UNI EN 197-1/2011	Attestazione sistema 1+		SI	Ogni fornitura
A 1.1.2	Verifica scheda tecnica produttore				SI	Inizio fornitura
A 1.2	Verifica dei requisiti chimici:					
A 1.2.1	perdita al fuoco(UNI EN 196-2)		per CEM I e CEM III ≤ 5,0%		R	X
A 1.2.2	residuo insolubile (UNI EN 196-2)		per CEM I e CEM III ≤ 5,0%			
A 1.2.3	solfati (UNI EN 196-2)	UNI EN 197/1 Tab4	≤3% (+0,5)	Per CEM I SR, CEM IV/A SR e CEM IV/B SR classi 32.5N, 32.5R e 42.5R	R	X
			≤ 3,5% (+0,5)	per CEM I, CEM II (tranne B-T), CEM IV e CEM V, per le classi 32.5N-32.5R-42.5N Per CEM I SR, CEM IV/A SR e CEM IV/B SR classi 42.5R, 52.5N e 52.5R		
			≤ 4,0% (+0,5)	per CEM I, CEM II (tranne B-T), CEM III (tranne III/C), CEM IV e CEM V, per le classi 42.5R-52.5N-52.5R;		
			≤ 4,5% (+0,5)	per CEM II/B-T e CEM III/C		
A 1.2.4	Cloruri (UNI EN 196-2)		≤ 0,10%	il CEM III può contenere più del 0,10% dichiarando il contenuto effettivo	R	X
A 1.2.5	Pozzolanicità (UNI EN 196-5)		esito positivo prova	per CEM IV tutte le classi (positiva a 8gg in caso di CEM IV SR)		
A 1.2.6	Determinazione del contenuto di C ₃ A(UNI EN 196-2)	UNI EN 197/1 Tab5	verifica solo nel caso di cem resistenti ai solfati =0% CEM I-SR0, ≤3%0 CEM I-SR3, ≤5%0 CEM I-SR5 ≤9% per CEM IV/A SR e CEM IV/B SR Per tutte le classi (+1%)		R solo per cem SR	Solo Inizio fornitura
A 1.3	Verifica dei requisiti fisici e meccanici:					
A 1.3.1	resistenza a compressione iniziale a 2 gg (N/mm ²)		≥10 (-2)	per classe 32.5R-42.5N-52.5L	R	X
			≥ 20 (-2)	per classe 42.5R-52.5N		
			≥ 30 (-2)	per classe 52.5R		
A 1.3.2	resistenza a compressione iniziale a 7 gg (N/mm ²)		≥ 12 (-2)	per classe 32.5L	R	X
			≥ 16 (-2)	per classe 32.5N		
			≥ 16 (-2)	per classe 42.5L		
A 1.3.3	resistenza a compressione normalizzata a 28 gg (N/mm ²)	UNI EN 197/1 Tab 3	≥ 32,5 (-2,5) e ≤ 52,5	per classe 32.5-32.5R	R	X
			≥ 42,5 (-2,5)e ≤ 62,5	per classe 42.5-42.5R		
			≥ 52,5 (-2,5)	per classe 52.5-52.5R		
A 1.3.4	tempo di inizio presa (minuti)		≥ 75 (-15)	per classe 32.5L-32.N-32.5R	R	X
			≥ 60 (-10)	per classe 42.5L-42.5N-42.5R		
			≥ 45 (-5)	per classe 52.5L-52.5N-52.5R		
A 1.3.5	Stabilità (espansione) (mm)		≤10	Per tutti i cementi		
A 1.3.6	Calore idratanz. (41h UNI EN 196/8, 7gg UNI EN 196/9)	§ 7.2.3 UNI EN 197/1	≤270J/g (+30)	Per tutti i cementi		



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove R raccomandabili)**, in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale delle certificazioni CE.

****Frequenza delle prove:** prove ogni **500 ton** o ogni **1500mc cls** in corso d'opera. Ogni **3000 ton** o ogni **10.000mc cls** nel caso di consegna mensile dell'attestato di conformità del cementificio riportante i risultati dei controlli di produzione del mese precedente ed i parametri statistici sugli ultimi 6 mesi di produzione. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.1 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A2	Ceneri volanti				
A 2.1	Verifica documentazione:	UNI EN 450-1/2012			
A 2.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 1+	X	Ogni fornitura
A 2.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			X	Inizio fornitura
A 2.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata	§5.2.5.2.2 UNI EN 206-1/2006 Fpr EN 206/1-2013 +§4.2 UNI 11104	con CEM I: $cv/c \leq 0,33$; $k=0,4$ con CEM II/A, $cv/c \leq 0,25$; $k=0,2$ con CEM III/A, CEM IV/A e CEM V/A $cv/c \leq 0,20$ (indicaz. CSA) $(c + k \times cv) \geq cem \text{ min.}$ Classi esp. UNI 11104 $a/(c + k \times cv) \leq a/c \text{ max.}$ Classi esp. UNI 11104	X	X
A 2.2	Verifica dei requisiti chimici:	§ 5 e 8 EN 450-1			
A 2.2.2	perdita al fuoco (1 ora EN 196-2)		Cat. A $\leq 5\%$ - tolleranza +2% Cat. B $\leq 7\%$ - tolleranza +2% Cat. C $\leq 9\%$ - tolleranza +2%	R	X
A 2.2.3	Cl (cloruri) (UNI EN 196/2)		$\leq 0,1\%$	R	X
A 2.2.4	SO ₃ (anidride solforica) (UNI EN 196/2)		$\leq 3\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.5	ossido di calcio libero (UNI EN 451-1)		$\leq 1,5\%$ tolleranza +0,1% - sono ammessi contenuti > del 1,5% purché le ceneri siano conformi con il requisito di stabilità	R	X
A 2.2.6	Ossido di calcio reattivo (UNI EN 196-2)		$\leq 10\%$ - tolleranza +1%		
A 2.2.7	Ossido di silicio reattivo (UNI EN 197-1)		$\geq 25\%$		
A 2.2.8	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ (UNI EN 196-2)		$\geq 70\%$ - tolleranza -5%		
A 2.2.9	Na ₂ O eq (UNI EN 196-2)		$\leq 5\%$ - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.10	MgO (UNI EN 196-2)		$\leq 4\%$...		
A 2.2.11	P ₂ O ₅ tot ISO 29581-2 e P ₂ O ₅ solubile (Annesso C EN 450-1)		$\leq 5\%$ - tolleranza +0,5% $\leq 100\text{mg/kg}$		
A 2.2.12	stabilità volumetrica 30% cv+70%cem rif. (UNI EN 196-3)		$\leq 10 \text{ mm}$ - tolleranza +1 mm	R	X
A 2.3	Verifica dei requisiti fisici e meccanici:				
A 2.3.1	finezza - trattenuto al vaglio 0,045 mm (EN 451-2 o EN 933-10)	Cat. N $\leq 40\%$ - tolleranza +5% e valore dich. $\pm 10\%$ Cat. S $\leq 12\%$ - tolleranza +1%			
A 2.3.2	massa volumica reale (UNI EN 1097-7)	valore medio dichiarato $\pm 200 \text{ kg/m}^3$, tolleranza $\pm 5\%$	R	X	
A 2.3.3	Tempo inizio presa 25% cv+75% cemrif. (UNI EN 196-3)	≤ 2 volte t.i.presa pasta 100% cem, tolleranza +0,25	R	X	
A 2.3.4	Richiesta d'acqua (annesso B EN 450-1)	< 95% malta 100% cem, toller. +2% solo per cv finezza S:	R	X	
A 2.3.5	indice di attività pozzolanica 25% cv+75%cem rif.(UNI EN 196/1)	a 28gg $\geq 75\%$ - tolleranza -5%	R	X	
		A 90gg $\geq 85\%$ - tolleranza -5%			



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R)**, in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.2.1.

****Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto** in corso d'opera. **Ogni 1000 ton** ovvero **ogni 10000mc cls** qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 450-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.2 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



14.3 ALLEGATO 3: CONTROLLI SUL FUMO DI SILICE

	DESCRIZIONE CONTROLLO	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ**
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A3	Fumo di silice				
A3.1	Verifica documentazione:	UNI EN 13263-1/2009			
A3.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 1+	X	Ogni fornitura
A3.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			X	Inizio fornitura
A3.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata	§5.2.5.2.3 UNI EN 206-1/2006 Fpr EN 206/1-2013 +§4.2 UNI 11104	k=2 con CEM I e CEM II (esclusi cem già contenenti fs) 42.5N o R (=1 per alc >0,45 in cl.esp.XC e XF) fs ≤ 0,11 cem conteggiabile in k × fs (c + k × fs) ≥ cem _{min} . Classi esp. UNI 11104 a/(c + k × fs) ≤ a/c max. Classi esp. UNI 11104 riduzione cem min. clsesposiz. ≤ 30kg/mc	X	X
A 3.2	Verifica requisiti chimici				
A 3.2.1	SiO ₂ (UNI EN 196-2)	§ 5.2 UNI EN 13263-1	≥ 85% per fs classe 1 (-5%) ≥ 80% per fs classe 2 (-5%)		
A 3.2.2	Si elementale(ISO 9286)		≥ 0,4% in massa (+ 0,1%)		
A 3.2.3	CaO libero (UNI EN 451-1)		≤ 1% -	R	
A 3.2.4	Solfati, SO ₄ ⁻ (UNI EN 196-2)		≤ 2%	R	X
A 3.2.5	Alcali tot, Na ₂ O eq (UNI EN 196-2)		Valore dich.	R	X
A 3.2.6	Cloruri, Cl ⁻ (UNI EN 196-2)		se > 0,1 % , valore dichiarato ≤ 0,3%	R	X
A 3.2.7	Perdita al fuoco (1h UNI EN 196-2)		≤ 4,0% (+ 2,0%)	R	
A3.3	Verifica requisiti fisici				
A 3.3.1	superficie specifica (ISO 9277)	§ 5.3 UNI EN 13263-1	Da 15 (-1,5) a 35 m ² /g		
A 3.3.2	Contenuto sostanza secca in prodotto in sospensione acquosa		Valore dich ± 2%	R	X
A 3.3.3	indice di attività pozzolanica malta 10% fs+90%cem rif.(UNI EN 196/1)		A 28gg Rc= 100% Rc malta con solo cem. Rif. (-5%)	R	X

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.3.1.

Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni **1000 ton ovvero ogni **10000 mc di cls** qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 13263-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.3 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



14.4 ALLEGATO 4: CONTROLLI SU LOPPA D'ALTOFORNO GRANULATA MACINATA

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A4	Loppa d'altoforno granulata macinata				
A 2.1	Verifica documentazione:	UNI EN 15167-1/2006			
A 2.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 1+	X	Ogni fornitura
A 2.1.2	Verifica scheda tecnica produttore			X	Inizio fornitura
A 2.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata	§5.2.5.2.4 Fpr EN 206/1-2013	con CEM I e CEM II/A: ggbs/c ≤1; k=0,60 (c + k × ggbs) ≥cem min. Classi esp. UNI 11104 a/(c + k × ggbs) ≤ a/c max. Classi esp. UNI 11104	X	X
A 2.2	Verifica dei requisiti chimici:				
A 2.2.1	perdita al fuoco (1 ora EN 196-2)	§ 5 e 8 EN 450-1	≤ 3% - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.2	Cl ⁻ (cloruri) (UNI EN 196/2)		≤ 0,1% ; se superiore ≤valore dichiarato	R	X
A 2.2.3	SO ₃ (anidride solforica) (UNI EN 196/2)		≤ 2,5% - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.4	Solfiti, H ₂ S (UNI EN 196/2)		≤ 2,0% - tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.5	MgO (UNI EN 196-2)		≤18 % tolleranza +1%		
A 2.2.6	SiO ₂ +MgO+CaO(UNI EN 196-2) Al ₂ O ₃ + comp. minori (UNI EN 196-2)		≥2/3 in massa Rimanente ≤1/3 in massa		
A 2.2.7	(Cao+MgO)/SiO ₂ (UNI EN 196-2)		≥1%	R	X
A 2.2.9	Na ₂ O eq (UNI EN 196-2)		≤valore dich %- tolleranza +0,5%	R	X
A 2.2.9	Umidità (Annesso A UNI EN 15167)		≤ 1%- tolleranza +0,5%	R	X
A 2.3	Verifica dei requisiti fisici e meccanici:				
A 2.3.1	finezza blaine (UNI EN 196-6)		>275 m ² /kg, tolleranza -15 m ² /kg		
A 2.3.2	massa volumica reale (UNI EN 1097-7)		valore medio dichiarato	R	X
A 2.3.3	Tempo inizio presa 50% cv+50% cemrif. (UNI EN 196-3)		≤ 2 volte t.i.presa pasta 100% cem, tolleranza +0,25	R	X
A 2.3.4	indice di attività pozzolanica 50% cv+50%cem rif.(UNI EN 196/1)		a 7gg ≥45% - tolleranza -5% A 28gg ≥70% - tolleranza -5%	R	X

*Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R), in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle materie prime in fase di qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.2.1.

**Frequenza delle prove: Ciascuna fornitura all'impianto in corso d'opera. Ogni 1000 ton ovvero ogni 10000 mc cls qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 450-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. In tal caso si manterrà ad ogni fornitura la verifica documentale di tali risultati rispetto ai limiti riportati in tabella A2. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.2 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



14.5 ALLEGATO 5: CONTROLLI SUGLI AGGREGATI PER CALCESTRUZZO

Esclusi gli aggregati leggeri marcati CE secondo norma UNI EN 13055 (in redazione ALLEGATO 5bis)

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
A5	Aggregati				
A 5.1	Verifica documentazione				
A 5.1.1	Verifica attestato conformità CE	UNI EN 12620/2013 + UNI 8520/2-2005	Attestazione sistema 2+	X	X
A 5.1.2	Verifica documentazione tecnica produttore e classificazione eventuali aggregati riciclo		Categorie Tab 22 EN 12620 e Tab.A.1 Annesso A***	X	X
A 5.2	Verifica requisiti chimici				
A 5.2.1	esame petrografico (UNI EN 932/3)	§4.3 e prosp. 1 UNI 8520-2	assenza di gesso e anidride (vedi limiti p.ti A.5.2.2 e A 5.2.2 3) silice reattiva (se presente obbligo prova A.5.2.5), miche e scisti cristallini, silicati instabili o composti ferro per scorie metallurgiche.	R	X (solo alla prima fornitura)
A 5.2.2	potenziale reattività in presenza di alcali (8520/22)		espansione di prismi di malta: prova accelerata $\leq 0,10\%$; se $>0,10\%$ eseguire prova a lungo termine; prova a lungo termine $\leq 0,05$ a 3 mesi e $\leq 0,10\%$ a 6 mesi	R (in caso di rischi evidenziati da petrografia)	X (in caso di rischi evidenziati da petrografia)
A 5.2.3	contenuti di solfati solubili in acqua (p.to UNI EN 1744/1)	§ 6.4.3 EN 12620	Solo per aggregati riciclati		
A 5.2.4	contenuti di solfati solubili in acido (p.to 12 UNI EN 1744/1)	prosp. 5 e 7 UNI 8520-2	$SO_3 \leq 0,8\%$ per aggregati fini e filler $SO_3 \leq 0,2\%$ per aggregati grossi	R	X
A 5.2.5	contenuto totale di zolfo (nel caso di presenza di solfuri ossidabili) (p.to 11 UNI EN 1744/1)		$S \leq 1\%$ per aggregati naturali e filler $S \leq 2\%$ per loppe altoforno $\leq 0,1\%$		
A 5.2.6	contenuto di cloruri solubili in acqua (p.to 7 UNI EN 1744/1)		$\leq 0,03\%$ (valore raccomandato salvo diversa verifica contenuto totale cloruri nel cls conforme a prosp. 10 UNI EN 206/1)	R	X
A 5.2.7	contenuto di parti leggere e vegetali (p.to 14.2 UNI EN 1744/1)		Aggr. fini $\leq 0,5\%$ Aggr. grossi $\leq 0,1\%$ riduzione del 50% in caso di utilizzo per c a vista	R	X
A 5.2.8	Costituenti che alterano la presa e l'indurimento	prosp. 5 e 7 UNI 8520-2 + § 6.7.1 EN 12620	Per aggregati e filler		
a	contenuto di sostanze organiche (umica) (p.to 15.1 UNI EN 1744/1)		Colore della soluzione non più scuro dello standard di riferimento	R	X
b	contenuto acido fulvico (p.to 15.2 UNI EN 1744/1)		Solo se prova a) non conforme: colore della soluzione non più scuro dello standard di riferimento	R (se prova a) non conforme)	X (se prova a) non conforme)
c	Prova in malta (p.to 15.3 UNI EN 1744/1)		Solo se prova b) non conforme: variazione tempo di presa rispetto malta riferimento $\leq 120'$ Riduzione Rc a 28gg rispetto a malta riferimento $\leq 20\%$		
A 5.2.9	Disintegrazione del silicato di calcio e del ferro (p.to 14.2 UNI EN 1744/1)	§ 6.7.2 EN 12620	Solo per aggregati da loppa d'altoforno: disintegrazione assente	R	X



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
A 5.3	Verifica requisiti fisici				
A 5.3.1	massa volumica media del granulo saturo a superficie asciutta (UNI EN 1097-6)	prosp. 4 e 7 UNI 8520-2	$\geq 2300 \text{ kg/m}^3$ Per filler $\geq 2000 \text{ kg/m}^3$	R	X
A 5.3.2	assorbimento d'acqua (UNI EN 1097-6)	prosp. 4 UNI 8520-2	$\leq 4\%$ (limite capitolato) Se $\geq 1\%$ con classi di esposizione XF deve essere verificata resist. gelo (p.to ...)	R	X
A 5.3.3	Granulometria (UNI EN 933/2)	§ 4 e prosp. 7 UNI 8520-2	categorie prosp. 2,3,5,6 UNI EN 12620 (tolleranze prosp. 3,4,7)	R	X ***
A 5.3.4	Contenuto in polveri: passante al vaglio $63 \mu\text{m}$ (UNI EN 933/2)		Sabbia o misto non frantum. $\leq 3\%$ Sabbia frantum.da depositi alluvion. $\leq 10\%$ Sabbia frantum.da roccia $\leq 16\%$ Aggr. grossi non frantum. $\leq 1,5\%$ Aggr. grossi frantum. $\leq 4\%$	R	X ***
A 5.3.5	Equivalente in sabbia, SE su fraz. $\leq 4\text{mm}$ (EN 933/8)	UNI 8520/2 UNI	Solo in caso di superamento dei limiti del passante a $63 \mu\text{m}$ ≥ 80 per aggregati non frantumati ≥ 70 per aggregati frantumati	R (se pass. $63 \mu\text{m}$ oltre i limiti)	X (se pass. $63 \mu\text{m}$ oltre i limiti)
A 5.3.6	Valore di blu di metilene, MB su fraz. $\leq 2\text{mm}$ (EN 933/9, per i filler appendice A)	UNI 8520/2 UNI EN 933/9	Solo in caso di non conformità ai limiti de SE, MB $\leq 1,2 \text{ g/kg}$, Per i filler $\leq 12 \text{ g/kg}$,	R (se SE oltre i limiti)	X (se SE oltre i limiti)
A 5.3.7	Confronto in calcestruzzo con aggregati noti conformi (UNI 8520/21)	Prosp.6 8520/2	Solo in caso di non conformità ai limiti de SE ed MB $R_c 28\text{gg} \geq 85\% R_c$ con aggregato noto $E_s 28\text{gg} \geq 90\% E_s$ con aggregato noto		
	Prove aggiuntive per particolari utilizzi				
A 5.3.8	Resistenza alla frammentazione aggregati grossi (UNI EN 1097/2)		dichiarata secondo le categorie del prospetto 16 della EN 12620 (per cls $R_{ck} \geq C50/60$, $LA \leq LA_{30}$)	R (per $R_{ck} \geq 50\text{MPa}$)	X
A 5.3.9	resistenza aggregati grossi ai cicli di gelo e disgelo senza (UNI EN 1367/1) e con sali disgelanti (UNI EN 1367/6)	Prosp.6 8520/2	Classe dichiarata secondo le categorie dei prospetti 29 e 30 della EN 12620; Per cls in classe XF perdita massa $\leq 2\%$ ($\leq F_2$ o F_{EC-2})	R (solo per uso in cls in classi XF)	X
A 5.3.10	degradabilità aggregati grossi agli attacchi di soluzioni solfatiche (UNI EN 1367/2)		Classe dichiarata secondo le categorie del prospetto 27 Della EN 12620 Richiesta per cls in classe XF: perdita di massa $\leq 25\%$ ($\leq MS 25$)		
A 5.3.11	indici di forma (SI) e di appiattimento (FI) per aggregati grossi (UNI EN 933/3-4)	§ 4.8 8520/2	valori da dichiarare secondo prospetti 11 e 12 EN 12620 (influenti su lavorabilità cls e resistenza a flessione)		
A 5.3.12	Percentuale particelle frantumate (UNI EN 933/5)		valori da dichiarare secondo prospetti 13 e 14 EN 12620 per (influenti su lavorabilità cls)		
A 5.3.13	Resistenza alla levigabilità e abrasione senza (UNI EN 1097-8) e con pneum. chiodati (UNI EN 1097-9)	n.d.	Solo per aggregati destinati a cls soggetti ad usura superficiale Classe dichiarata secondo le categorie del prospetti 19,20 e 21 della EN 12620		



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

A 5.3.14	Resistenza all'usura Microdeval (UNI EN 1097-21)	n.d.	Solo per aggregati destinati a cls soggetti ad usura superficiale Classe dichiarata secondo le categorie del prospetti 18 della EN 12620		
----------	--	------	---	--	--

**** Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove R raccomandabili),** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, con esclusione degli aggregati riciclati, i controlli sugli aggregati in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitati alla verifica documentale delle certificazioni CE.

**** Frequenza delle prove accettazione:** a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della cava; ogni 10.000 mc di cls gettato; (***) ogni 4000 mc

***** Impiego Aggregati riciclati:** Possono essere utilizzati solo aggregati presenti nella **Tabella A.1** della EN 12620 con positiva esperienza di utilizzo("history of use YES) eventualmente anche con speciali requisiti già contenuti nella EN 12620 ("Special requirements in standards"=YES).

Per quelle tipologie che, ferma restando la positiva esperienza di utilizzo, sia stata rilevata la necessità di verifica di requisiti aggiuntivi rispetto a quelli indicati nella EN 12620 ("Additional requirements identified for inclusion" = YES) la norma è ancora applicabile in maniera provvisoria nell'attesa che vengano definiti metodi di valutazione aggiuntivi eventualmente già previsti dalle norme nel luogo di utilizzo.

Tutti gli aggregati rientranti nel campo di applicazione della EN 12620, andranno marcati CE per i requisiti dell'annesso ZA della EN 12620 e dovranno rientrare nei limiti nazionali della UNI 8520/2. In particolare, per quanto riguarda gli aggregati da demolizione (categorie Rc), valgono gli specifici limiti nazionali riportati nella Tab. 11.2.III delle NTC, DM 14-01-2008. In caso di utilizzo di aggregati riciclati sarà comunque obbligatorio procedere con prove di prequalifica e qualifica sia sugli aggregati che sui calcestruzzi (Allegato 9) anche in impianti dotati di certificazione FPC.



14.6 ALLEGATO 6: CONTROLLI SU ACQUA D'IMPASTO PER CALCESTRUZZO

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLI PR. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
A 6	Acqua d'impasto	UNI EN 1008-2003			
A 6.1	Verifica fonte di approvvigionamento e certificazione	§3 UNI EN 1008-2003	Potabile, di recupero da produzione cls, sotterranea, naturale di superficie, da reflui industriali, salmastra (solo per cls non armato)	X	X
A 6.2	Valutazione preliminare:				
A 6.2.1	Odore (§6.1.1 UNI EN 1008)	Prosp. 1 UNI EN 1008	Come acqua potabile, leggero odore di cemento o di idrogeno solforato	X	X
A 6.2.2	Colore (§6.1.1 UNI EN 1008)		Da incolore a giallo pallido	X	X
A 6.2.3	Presenza detersivi e schiuma (§6.1.1 UNI EN 1008)		Rifiutare in caso di schiuma stabile per oltre 2min dopo agitazione 30sec	X	X
A 6.2.4	osservazione visiva oli, grassi, (§6.1.1 UNI EN 1008)		Solo tracce visibili	X	X
A 6.2.5	Sostanza umica (§6.1.2 UNI EN 1008)		Accettabile colore marrone giallastro o più pallido dopo aggiunta NaOH	X	X
A 6.2.6	PH		≥ 4	X	X
A 6.2.7	Sostanze in sospensione (§6.1.1 UNI EN 1008 o § A.4.4app. A4)	Prosp. 1 UNI EN 1008 + o § A.3 app. A4)	Acque di processo cls: per Mv>1,01 kg/l, materiale solido omogeneamente distribuito ≤ 1% in peso massa totale aggregati; Acqua da altre:fonti sedimento ≤4ml	X	X
A 6.2.8	Massa volumica (§ A.5 App. A4, procedura di misura da specificare in manuale FPC es.)	§ A.4.3 app. A4)	Solo per acque di processo cls: determinata ogni giorno utilizzo su campioni omogeneizzati; per Mv>1,01kg/l vedi p.to A 6.2.7	X	X
A 6.3	Prove chimiche:				X
A 6.3.1	contenuti di solfati (estratti 196-2/2013)	§ 4.3.2 UNI EN 1008	SO ₄ ⁻⁻ ≤ 2000 mg/litro	X	X
A 6.3.2	contenuto di cloruri (estratti 196-2/2013)	Prosp. 2 UNI EN 1008	c.a.pCl ≤ 500 mg/litro c.a. Cl ⁻ ≤ 1000 mg/litro non armato Cl ⁻ ≤ 4500 mg/litro	X	X
A 6.3.3	contenuto alcali (estratti 196-2/2013)	§ 4.3.3 UNI EN 1008	Na ₂ O eq. ≤ 1500 mg/litro	X	X
A 6.3.4	Zuccheri	Prosp. 3 UNI EN 1008	≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.3.5	Fosfati, P ₂ O ₅		≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.3.6	Nitrati, NO ₃ (ISO 7890-1)		≤ 500 mg/litro	X	X
A 6.3.7	Piombo, Pb ²⁺		≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.3.8	Zinco, Zn ²⁺		≤ 100 mg/litro	X	X
A 6.4	Prove fisico meccaniche				
A 6.4.1	Confronto tempo di presa provini pasta con acqua produzione e acqua distillata (UNI EN 196/3)	§ 4.4 e 6.1 UNI EN 1008	1h ≤ t.i.p ≤ 25% t.i.p pasta con acqua distillata t.f.p ≤ 25% t.f.p pasta con acqua distillata e ≤ 12h	Solo in presenza delle sostanze di cui ai punti A.6.3.4- A 6.3.8	Solo in presenza delle sostanze di cui ai punti A.6.3.4- A 6.3.8
A 6.4.2	Confronto Rc 3 provini malta con acqua produzione e acqua distillata (UNI EN 196/1)		Rc > 90% Rccls o malta con acqua distillata		
A 6.4.3	Confronto Rc 3 provini cls con acqua produzione e acqua				



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

	distillata (UNI EN 12390-2,3)				
--	-------------------------------	--	--	--	--

***Frequenza delle prove in prequalifica e qualifica:** nessuna in caso di utilizzo di acqua potabile. In caso contrario, alla prequalifica e/o alla qualifica della miscela di calcestruzzo.

** **Frequenza delle prove in fase di accettazione:** nessuna in caso di utilizzo di acqua potabile; . In caso contrario, ogni mese.



14.7 ALLEGATO 7: CONTROLLI SU ADDITIVI ED AGENTI ESPANSIVI

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLI PR EQUAL. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (toleranze singoli valori)		
A 7a	Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione: per calcestruzzi per malte iniezioni cavi precomp. Per cls proiettato	UNI EN 934/1 '08 requisiti comuni 934/2 '12 *** 934/4 '09 934/5 '08			
A 7a.1	Verifica documenti				
A 7a.1.1	Verifica attestato conformità CE		Attestazione sistema 2+secondoapp. ZA norme riferimento con le frequenze indicate in: prospetto 13 UNI EN 934/2 prospetto 2 UNI EN 934/4 prospetto 5 UNI EN 934/5	X	Ogni fornitura
A 7a.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7a.1.3	Verifica dosaggi previsti in ricette		Verifica corrispondenza a dosaggi raccomandati in scheda tecnica	X	Inizio fornitura
A 7a.2	Verifica requisiti generali				
A 7a.2.1	Esame visivo omogeneità e colore		Omogeneo, assenza separazioni, colore uniforme e simile alla descrizione del produttore	R	
A 7a.2.2	Componente effettivo da spettro IR (UNI EN 480/6)		Nessuna variazione significativa rispetto a spettro certificazione prodotto	R	
A 7a.2.3	Massa volumica assoluta, solo per additivi liquidi (ISO 758 o alternativo)	Prosp. 1 UNI EN 934/1	$D \pm 0,03$ se $D > 1,1$ kg/l $D \pm 0,02$ se $D \leq 1,1$ kg/l con D, valore dichiarato da produttore	R	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito
A 7a.2.4	Contenuto di secco convenzionale (UNI EN 480/8)		$0,95T \leq X \leq 1,05T$ se $T \geq 20\%$ $0,90T \leq X \leq 1,10T$ se $T \leq 20\%$ con T, valore dichiarato da produttore	R	
A 7a.2.5	PH, solo per additivi liquidi (ISO 4316)		valore entro intervallo dichiarato da produttore		
A 7a.2.6	Cloruri solubili in acqua (UNI EN 480/8)		$\leq 0,1\%$ in massa (prodotto "senza cloruri") o \leq valore dichiarato produttore		
A 7a.2.7	Alcali Na_2O eq. (UNI EN 480/8)		\leq % in massa dichiarata da produttore		
A 7b	Agenti espansivi non metallici: per malte e calcestruzzi	UNI 8146, UNI 8147 UNI 8148			
A 7b.1	Verifica documenti			X	X
A 7b.1.1	Verifica eventuale certificazione volontaria secondo UNI 8148		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7b.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7b.1.3	Verifica dosaggi previsti in ricette		Verifica corrispondenza a dosaggi indicati in scheda tecnica	X	Inizio fornitura
A 7b.2	Verifica requisiti prestazionali				
A 7b.2.1	Tempi di inizio e fine presa (UNI 7123)	UNI 8146 § 2.7 NTC sez. 2 - CSA	t.p. cls con espansivo = t.p. cls senza espansivo $\pm 30'$	X	
A 7b.2.2	Resistenza a compressione a 28gg (UNI EN 12390/8)		Rccls con espansivo \geq Rccls senza espansivo pari consistenza	X	
A 7b.2.3	Espansione contrastata (UNI 8148 metodo A, in acqua satura di calce)		a 7gg $\geq 200 \mu\text{m}/\text{m}$; a 28gg \geq esp. 7gg	X	
	(UNI 8148 metodo B, UR > 95% con pellicola plastica per 2gg, poi a UR $55 \pm 5\%$)		Salvo diverse specifiche di progetto: a 1gg $\geq 400 \mu\text{m}/\text{m}$; a 7gg $\geq 200 \mu\text{m}/\text{m}$; a 28gg $\geq 100 \mu\text{m}/\text{m}$; a 90gg $\geq 0 \mu\text{m}/\text{m}$	X	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	RIFERIMENTI		CONTROLLI REQUAL. E QUALIFICA*	CONTROLLO FASE ACCETTAZ.**
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI (tolleranze singoli valori)		
A 7c	Agenti riduttori di ritiro SRA	n.d.		X	X
A 7c1	Verifica documenti				
A 7c.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica limiti dosaggi e condizioni utilizzo	X	Inizio fornitura
A 7c.2	Verifica requisiti prestazionali				
A 7c.2.1	Tempi di inizio e fine presa (UNI 7123)		Verifica variazioni t.p. rispetto a cls senza SRA	se rilevante per il tipo di applicazione	
A 7c.2.2	Resistenza a compressione a 1 o 2g e 28gg (UNI EN 12390/8)		Verifica variazioni R _c rispetto a cls senza SRA	X	
A 7c.2.3	Ritiro idraulico libero (UNI)		Verifica riduzioni rispetto a cls senza SRA Salvo diverse specifiche di progetto: a 60gg ≤400µm/m; a 90gg ≤500µm/m	X	Inizio fornitura e ogni 10000mc cls fornito

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera (vedi prove raccomandate R)**, in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sugli additivi con obbligo di marcatura CE in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitati alla verifica documentale di cui in A.7a.1. Non sono previste verifiche sulle proprietà specifiche degli additivi (riduzione d'acqua, aumento e mantenimento consistenza, aria inglobata, acqua essudata, tempi di presa, resistenza a compressione, impermeabilità) per le quali si rimanda direttamente alle verifiche delle proprietà dei calcestruzzi additivati riportate in Allegato 9 o al §7.5 delle NTC del CSA per i calcestruzzi proiettati ovvero al § 9.9 per le malte da iniezione dei cavi da precompressione.

****Frequenza delle prove:** come indicato in tabella nel caso ogni fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma UNI EN 934/2,4,5 corredato dai risultati delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime, le verifiche in cantiere segnalate in tabella saranno eseguite. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.7 in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.

***** la UNI EN 934-2 regola la produzione di** riduttori di acqua/fludificanti (Prosp. 2), riduttori di acqua ad alta efficacia/superfludificanti (prosp. 3.1-3.2), ritardanti d'acqua (prosp. 4), aeranti (prosp. 5), acceleranti di presa (prosp. 6), acceleranti di indurimento (prosp. 7), ritardanti di presa (prosp. 8), resistenti all'acqua (prosp. 9), riduttori di acqua/fludificanti +ritardanti di presa (Prosp. 10), riduttori di acqua/fludificanti +acceleranti di presa (Prosp. 12), riduttori di acqua ad alta efficacia/superfludificanti +ritardanti di presa (Prosp. 11.1 e 11.2),



14.8 ALLEGATO 8: CONTROLLI SULLE FIBRE

	DESCRIZIONE CONTROLLO	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA *	CONTROLLO FASE ACCETTAZ **
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A8a	Fibre metalliche per calcestruzzo				
A8a.1	Verifica documentazione:				
A 8a.1.1	Verifica attestato conformità CE	UNI EN 14889-1 (metalliche)	Attestazione sistema 1 per malte e cls strutturali; 3 per altri impieghi	X	Ogni fornitura
A 8a.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica dosaggi raccomandati per raggiungere prestazione p.to A 8.3.2	X	Inizio fornitura
A 8a.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata		Verifica conformità ai dosaggi minimi raccomandati dal produttore	X	Inizio fornitura
A8a.2	Verifica requisiti identificazione				
A 8a.2.1	Classificazione gruppo in base tipologia produzione e forma	(§ 5.1. UNI EN 14889-1)	Gruppi da I a V		
A 8a.2.2	Lunghezza (§ 5.2.2 UNI EN 14889-1)	Prosp. 1 UNI EN 14889-1	Da norma :valore dichiarato. Raccomandato : 20 - 40 mm	R	
A 8a.2.3	Diametro eq. o spessore (§ 5.2.3 UNI EN 14889-1)		Da norma :valore dichiarato.	R	
A 8a.2.4	rapporto d'aspetto (l/D _{eq})		Da norma: valore dichiarato. Raccomandato: 50 - 80	R	
A 8a.2.5	Massa volumica lineare	§5.2.3.3 UNI EN 14889-1	Nominale acciaio: 7850 kg/mc Nominale acciaio Inox 7950 kg/mc		
A 8a.2.6	Resistenza a trazione (EN 10002-1 + §5.3 EN 14889-1)	§5.3 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8a.2.7	modulo elastico (EN 10002-1 + §5.3 EN 14889-1)	§5.4 UNI EN 14889-1	Da norma: valore dichiarato Circa 200000 MPa per acciaio; Circa 170000 MPa per acciaio inox		
A8a.3	Verifica requisiti prestazionali in calcestruzzo				
A 8a.3.1	Effetto sulla consistenza rispetto a clsriferimento senza fibre (UNI EN 12350-3 Vebè test)	§5.7 UNI EN 14889-1	Variazione dichiarata della lavorabilità rispetto a cls di riferimento EN 14845-1 con un dosaggio di fibre in grado di garantire la prestazione A8a.3.2 ed eventuali aggiunte di superfluidificanti	Vedi verifiche Allegato 9	
A 8a.3.2	Effetto sulla resistenza a flessione residua su travi intagliate e caricate in mezzera (EN 14845-2, EN 14651)	§ 5.8 UNI EN 14889-1	Dosaggio di fibre dichiarato necessario a raggiungere R _f = 1,5MPa con CMOD =0,5mm e R _f =1,0MPa per CMOD=3,5mm su cls di riferimento EN 14845-1	Vedi verifiche Allegato 9	

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera:** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle fibre in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitate alla verifica documentale e alle sole prove R (raccomandate). Non sono richieste verifiche dei requisiti prestazionali rispetto al calcestruzzo di riferimento UNI EN 14845-1 rimandando direttamente al IE verifiche dei calcestruzzi fibrorinforzati da progetto definite in Allego 9 ai punti A.9.2.5 e A.9.4.3.

****Frequenza delle prove:** Solo documentale ad inizio fornitura qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma Uni EN 14889-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.8a in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



	DESCRIZIONE CONTROLLO	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQ. E QUALIFICA *	CONTROLLO FASE ACCETTAZ **
		NORMA	VALORE CARATTERISTICO (tolleranza su singolo valore)		
A8b	Fibre polimeriche per calcestruzzo				
A 8b.1	Verifica documentazione:				
A 8b.1.1	Verifica attestato conformità CE	UNI EN 14889-2 (polimer.)	Attestazione sistema 1 per malte e cls strutturali; 3 per altri impieghi	X	Ogni fornitura
A 8b.1.2	Verifica scheda tecnica produttore		Verifica dosaggi raccomandati per raggiungere prestazione p.to A 8.3.2	X	Inizio fornitura
A 8b.1.3	Verifica dosaggio previsto nella ricetta qualificata		Verifica conformità ai dosaggi minimi raccomandati dal produttore	X	Inizio fornitura
A 8b.2	Verifica requisiti identificazione				
A 8a.2.1	Classificazione e forma	§5.1 UNI EN 14889-2	Classi Ia microfibre monofilamento Classi Ib microfibre fibrillate Classe II macrofibre per incremento della resistenza residua a flessione		
A 8b.2.2	Lunghezza	Prosp. 1 UNI EN 14889-2	Da norma :valore dichiarato. Raccomandato in CSA: 20 - 40 mm per macrofibre Classe II per incremento resistenza a flessione residua		
A 8b.2.3	diametro o spessore		Da norma :valore dichiarato. >0,30mm per macrofibre classe II per incremento resistenza a flessione residua ≤0,30mm per microfibre Classe I a monofilamento o fibrillate		
A 8b.2.4	rapporto d'aspetto (l/D _{eq})		Da norma: valore dichiarato. Raccomandato in CSA: 50 - 80 per macrofibrecls II		
A 8a.2.5	Massa volumica lineare (EN 13392)		Valore dichiarato		
A 8b.2.6	Resistenza a trazione (ISO 2062 , EN 10002-1)	§5.4 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8a.2.7	modulo elastico (EN 10002-1 +§5.3 EN 14889-1)	§5.5 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8b.2.8	Punto di fusione e combustione (ISO 11357-3)	§5.6 UNI EN 14889-1	Valore dichiarato		
A 8b.3	Verifica requisiti prestazionali in calcestruzzo				
A 8b.3.1	Effetto sulla consistenza rispetto a cls senza fibre (UNI EN 12350-3 Vebè test)		Variatione dichiarata della lavorabilità rispetto a cls di riferimento EN 14845-1 con un dosaggio di fibre in grado di garantire la prestazione A 3.3.1 ed eventuali aggiunte di superfluidificanti	Vedi verifiche Allegato 9	
A 8b.3.2	Effetto sulla resistenza a flessione residua su travi intagliate e caricate in mezzera (EN 14845-2, EN 14651)		Dosaggio di fibre dichiarato necessario a raggiungere R _f = 1,5MPa con CMOD =0,47mm e R _f =1,0MPa per CMOD=3,5mm su cls di riferimento EN 14845-1	Vedi verifiche Allegato 9	



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

***Salvo specifiche richieste del DL legate a particolari criticità dell'opera:** in caso di impianto di produzione del calcestruzzo con certificazione FPC, i controlli sulle fibre in fase di prequalifica e qualifica possono essere limitate alla verifica documentale e alle sole prove R (raccomandate). Non sono richieste verifiche dei requisiti prestazionali rispetto al calcestruzzo di riferimento UNI EN 14845-1 rimandando direttamente alle verifiche dei calcestruzzi fibrorinforzati da progetto definite in Allego 9 ai punti A.9.2.5 e A.9.4.3.

****Frequenza delle prove:** Solo documentale ad inizio fornitura qualora ciascuna fornitura all'impianto sia accompagnata dall'attestato di conformità secondo la norma Uni EN 14889-1 corredato dai risultati completi delle prove eseguite dal produttore secondo le frequenze indicate nelle norme medesime. Rimane facoltà del DL richiedere ulteriori verifiche e diverse frequenze rispetto a quelle indicate in Tabella A.8b in caso di particolari criticità della fornitura e dell'opera.



14.9 ALLEGATO 9: CONTROLLI SULLE MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A9	Calcestruzzo	MISCELE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO				
A 9.1	Verifica documenti					
A 9.1.1	Certificazione impianto			X	X	Prima fornitura
A 9.1.2	Disponibilità dossier prequalifica e/o qualifica			X	X	Prima fornitura
A 9.2	Verifiche composizionali					
A.9.2.1	Combinazione granulometria degli aggregati (UNI EN 932/1)	CSA; § 4.4.UNI 8520-2	La miscela deve essere costituita da almeno tre classi granulometriche diverse o due classi in caso di $D_{max} \leq 10\text{mm}$	X	X	
A.9.2.2	D_{max} aggregato (UNI EN 932/1)	§ 3.1 CSA;	Verifica rispetto limiti di progetto correlati a copriferro, interferro e sezione minima struttura	X	X	X
A.9.2.3	Dosaggio cemento, acqua totale ed efficace, a/c, a/(c + k x aggiunta)					
a	Valori dichiarati in ricetta nominale (§ 5.3, §5.2.5UNI EN 206-1)	CSA; prosp 4. UNI 11104	Verifica conformità a classe esposizione di progetto	X	X	Prima fornitura
b	Verifica con report pesate, misura umidità aggregati e rese impianti (§ 5.4.2 UNI EN 206-1)	CSA	Verifica conformità a classe esposizione di progetto e a valori nominali dichiarati	X (a/c = a/c nomin. $\pm 0,02\%$)	X (a/c = a/c prequal. $\pm 0,03\%$)	
c	Verifica con misura acqua totale per bruciatura cls (UNI 11201)	§ 3.4 NTC sez. 2 -CSA		X (a/c = a/c nomin. $\pm 0,02\%$)	X (a/c = a/c prequal. $\pm 0,03\%$)	Prima fornitura e ogni 1500 mc di cls fornito (a/c = a/c qualifica $\pm 0,03\%$)
A.9.2.4	Contenuto di cloruri (§5.2.7 UNI EN 206-1: calcolo somma contributi dei vari componenti)	§ 3.3 NTC sez. 2 -CSA § prosp. 10 UNI EN 206-1	% rispetto a dosaggio cemento: $\leq 1\%$ per cls normale (non armato) $\leq 0,4\%$ per c.a. ($\leq 0,2\%$ se richiesto) $\leq 0,2\%$ per c.a.p. ($\leq 0,1\%$ se richiesto)	X	X	riverifica nel caso di rilevato aumento del contenuto di cloruri nei materiali componenti



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A.9.3	Verifiche prestazioni principali					
A.9.3.1	Campionamento (UNI EN 12350/1)				X	
A.9.3.2	Temperatura aria e cls (§ 3.4 NTC sez. 2 -CSA, precisione $\geq 1^\circ\text{C}$)	§ 8.4.1 e 8.4.2 NTC sez. 2 -CSA	Climi freddi: Aria e cls $\geq 5^\circ\text{C}$ Se aria $0-5^\circ\text{C}$, riscaldam. cls $\geq 10^\circ\text{C}$ se aria $-4-0^\circ\text{C}$, solo getti fondaz.e riscaldam. cls $\geq 10^\circ\text{C}$ se aria $< -4^\circ\text{C}$ sospensione getti Climi caldi: Aria e cassaforme $\leq 33^\circ\text{C}$ Se aria $> 33^\circ\text{C}$ ° raffreddamento cls $\leq 25^\circ\text{C}$	X	X	
A.9.3.3	Classe di consistenza per cls da asciutti a superfluidi (UNI EN 12350 /2 slump /3 tempo Vebè /5 spandimento)	§ 4.2.1 UNI EN 206-1 (§ Tab 6-9 Fpr EN 206 lug 2013) § 3.3 e Tab II NTC sez. 2 -CSA; (salvo specifiche indicazioni di progetto, previste classi consistenza $\geq S4$ con mantenimento per 60')	Prosp. 3 UNI EN 206-1: S1: 1-4 cm S2: 5-9 cm S3: 10-15 cm S4: 16-20 cm S5: 21-25 cm (oltre i 25cm passare a misura spandimento)	Prosp. 6 UNI EN 206-1: FB1: ≤ 34 cm FB2: 35-41 cm FB3: 42-48 cm FB4: 49-55 cm FB5: 56-62 cm FB6: ≥ 63 cm	X (verifiche a fine miscelazione a 0'-30'-60', se previsto 90' e 120')	alla prima betoniera e poi alla stessa frequenza dei controlli di accettazione della Rc: ogni 100 mc/ogni giorno (prelievo del campione a 1/5 e 4/5 dello scarico)
A.9.3.4	Classe di consistenza e reologia SCC (EN 12350/8 Prova di spandimento e del tempo di spandimento)	UNI EN 206-9 (§ 4.2.1 e Tab 6-9 Fpr EN 206 lug 2013)	Slump-flow ($D_{\max} \leq 40\text{mm}$): SF1: 550-650mm ($\pm 50\text{mm}$) SF2: 660-750mm ($\pm 50\text{mm}$) SF3: 750-850mm ($\pm 50\text{mm}$) Tempo spandimento 500mm VS1: < 2 sec; VS2: ≥ 2 sec ($\pm 1\text{sec}$)			
	(EN 12350/9 Prova del tempo di efflusso-V Funnel)	§ 3.3 e Tab II NTC sez. 2 -CSA	Tempo svuotamento ($D_{\max} \leq 22,4\text{mm}$): VF1: $< 9(\pm 3)$ sec; VF2: 9-25 (± 5)sec	se previsto in specifico progetto	se previsto in specifico progetto	
	(EN 12350/10 Prova di scorrimento confinato mediante scatola ad L)		H _{finale} / H _{iniziale} : PL1 $\geq 0,80$ con 2 barre; PL2 $\geq 0,80$ con 3 barre			Se previsto, alla prima betoniera quindi con frequenze definite in specifico progetto



Coordinamento Territoriale/Direzione
 CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
 Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
 IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
 Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

	(EN 12350/12 Prova di scorrimento confinato mediante anello a J)		Diff. abbassamento cls dentro e fuori J ring: ($D_{max} \leq 40mm$): $PJ1 \leq 10mm$ con 12 barre $PJ2 \leq 10mm$ con 16 barre			
--	--	--	---	--	--	--

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A.9.3.5	Omogeneità e segregabilità, (S5: UNI EN 12350/5) (SCC:UNI EN 12350/8)	§ 3.3 NTC sez. 2 -CSA	confronto spandimento 0' e 60' (oltre se richiesto); valutazione visiva assenza segregazione (frazione grossa al centro e boiaccia lungo perimetro)	X	X (solo su una miscela delle tre)	Alla prima e ogni 1500mc di cls fornito
	(UNI EN 12350/11) Non applicabile in presenza di fibre o aggregati leggeri		Per cls S5, differenza trattenuti a setaccio 4 o 5mm a 0' (P ₁) e 60' (P ₂): (P ₁ -P ₂) ≤ 0,15 (P ₁ +P ₂)/2 Per SCC passante a 5mm: SR1 ≤ 20%; SR2 ≤ 15%;		X (solo su una miscela delle tre)	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito
A.9.3.6	Acqua essudata (UNI EN 480/4)	§ 3.7 NTC sez. 2 -CSA	≤ 0,1% rispetto al volume iniziale della miscela	X	X (solo su una miscela delle tre)	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito
A.9.3.6	Tempi di presa (UNI 7123)	§ 3.11 NTC sez. 2 -CSA	Conformità a limiti di progetto funzione tempi di scassero e lavorazioni		Se richiesto (solo su una miscela delle tre)	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls fornito
A.9.3.7	Massa volumica a fresco (UNI EN 12350/6)	§ 3.5 NTC sez. 2 -CSA	± 3% rispetto a valore nominale definito nel dossier di prequalifica	X	X	Alla prima fornitura e ogni 1500mc di cls prodotto; per cls aerati, stessa frequenza misura aria
A.9.3.8	Aria inglobata (UNI EN 12350-7)	§ 3.6 NTC sez. 2 -CSA	≤ 2,5% per cls ordinari Per cls resistenti ai cicli di gelo-disgelo: 8% ± 1% per D _{max} fino a 10 mm 6% ± 1% per D _{max} tra 10 e 20 mm 5% ± 1% per D _{max} oltre 20 mm	X	X (solo su una miscela delle tre)	per cls aerati: al primo impasto o carico di ogni giorno di produzione
A.9.3.9	Massa volumica su cls indurito (UNI EN 12390/6)	§ 5.5.2 UNI EN 206-1 § 3.5 NTC sez. 2 -CSA	2000 kg/mc ≤ Mv secco ≤ 2600 kg/mc Mv provini stagionati UR>95% o in acqua: ±50kg/mc rispetto a valore a fresco	X	X	su tutti i provini delle prove meccaniche previste
A.9.3.10	Resistenza a compressione (UNI EN 12390/3) su cubi lato 15cm (20cm per D _{max} > 40mm)	§ 4.3.1, § 8.2.1, App. A UNI EN 206-1 § da 11.2.1 a 11.2.6 DM 14-01-2008 § 3.2, §5, §6 NTC sez. 2 -CSA	Variabile con la fase di controllo			
	R _{cm} 2-7-14gg o altre su specifica richiesta per curva resistenza nel tempo			X	R _{cm} = R _{cm} preq. ±10% (solo su una miscela delle tre)	Se previste, secondo frequenze specifico progetto



	R _{ck} a 28gg			$R_{\min} \geq R_{ck}$ $R_{cm} \geq R_{ck} + k$ (k= 2*s _{qm} = 6-12, 12 se n.d.)	$R_{cm} = R_{cm\text{req}} \pm 10\%$	Prove e frequenze secondo DM 14/01/01 (vedi nota ***) Per cls non strutturale 1 prelievo (2 cubetti)/500 mc di getto
--	------------------------	--	--	---	--------------------------------------	---

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A 9.4	Verifiche prestazioni aggiuntive § 3.12 NTC sez. 2 –CSA	Tab. III e cap. 7 NTC sez. 2 –CSA	Prove raccomandabili a seconda delle varie tipologie di cls indicate in Tab. III o al cap. 7 cls speciali delle NTC sez. 2 –CSA o per specifiche prescrizioni di progetto			
A 9.4.1	Resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12390/6)	§ 3.12.1 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.2	Resistenza a flessione (UNI EN 12390/7)	§ 3.12.2 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.3	Resistenza a flessione e duttilità clsfibrorinforzati (UNI EN 12390/7, UNI 111039, UNI EN 14641)	§ 3.12.2 e §7.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		(sempre per clsfibrorinforzati §7.3)	Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.4	Modulo elastico dinamico e statico (UNI EN 12504/4, UNI 6556)	§ 3.12.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.5	Deformazione viscosa (UNI EN 12390/6)	§ 3.12.4 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.6	Ritiro idraulico libero (UNI 11307)	§ 3.12.5 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		(sempre per cls a ritiro ridotto con SRA)	Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.7	Ritiro idraulico/espansione contrastata (UNI 8148 met. B)	§ 3.12.6 NTC sez. 2 –CSA	A seconda del sistema espansivo utilizzato, dosaggi e valori a breve termine da verificare in modo da ottenere un'espansione residua a 90gg $\geq 0 \mu\text{m/m}$		(sempre per cls a ritiro compens. §7.2)	Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.8	Permeabilità all'acqua: (UNI EN 12390/8)	§ 3.12.7 NTC sez. 2 –CSA §7.1 LL.GG. cls strutturale	Per le varie classi esp.: valore max $\leq 50 \text{ mm}$ valore medio $\leq 20 \text{ mm}$			Secondo prescrizioni specifico progetto
A 9.4.9	Gradiente termico (§ 3.12.8 NTC sez. 2 –CSA)	§ 3.12.8 e § 7.1 NTC sez. 2 –CSA	Per calcestruzzi destinati a getti massivi § 7.1 NTC sez. 2 CSA o in condizioni ambientali con elevato gradiente termico			Secondo prescrizioni specifico progetto con termocoppie posizionate su elementi strutturali critici
A 9.4.10	Resistenza ai cicli di gelo disgelo (UNI CEN/TS 12390-9)	Nota a) prosp. F1 UNI EN 206-e prosp. 4 UNI 11104	Per calcestruzzi in classi XF: prova non necessaria qualora vengano soddisfatti i requisiti di aria inglobata di cui al			



			p.to A.9.3.8.			
--	--	--	---------------	--	--	--

	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A.9.5	Verifiche calcestruzzo in opera	§ 6.3 NTC sez. 2 -CSA § 11.2.6 NTC DM 14-1-'08 e § C.11.2.6 Circ. esplic. n° 617 del 2/2/09			In casi specifici possono essere prescritte delle verifiche su getti di prova che simulino le reali condizioni di getto	Nel caso in cui uno o più controlli di accettazione non dovessero risultare soddisfatti, in caso di dubbio sulla efficacia della compattazione e stagionatura adottata o in generale in caso di dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo messo in opera ai valori di resistenza prescritti
A.9.4.1	Grado di compattazione cls in opera (UNI EN 12390/6)	§ 3.10 NTC sez. 2 -CSA	valutato su media 2 di carote s.s.a. rispetto a media provini stagionati UR>95% o in acqua del corrispondente getto. Mv cls in opera/ Mv provini $\geq 0,97$			Con frequenza previste da progetto o in caso di dubbio
A.9.4.2	Misura Rc su carote (UNI EN 12504/1 UNI EN 12390/3)	§ 11.2.6 NTC DM 14-1-'08 e § C.11.2.6 Circ. esplic. n° 617 del 2/2/09 LL. GG.STC per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive UNI EN 13791	Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$			Almeno 3 carote ogni 300mq per piano e per tipo di calcestruzzo Con N° carote ≥ 15 , $f_{ckstrutt} = \min$ tra $f_{cmstrutt-4}$ e $f_{cmstrutt+1,48}$ s.q.m. Per N° carote < 15 , $f_{ckstrutt} = \min$ tra $f_{cmstrutt-4}$ e $f_{cmstrutt+K}$ con K=5 per 10-14 carote K=6 per 7-9 carote K=7 per 3-6 carote Per passare dai valori cilindrici di f_{ck} (h/2=2) a quelli cubici di R_{ck} (h/d=1), i valori delle formule sopra riportati vanno divisi per 0,83. Per raggiungere il numero di minimo di risultati necessari per l'applicazione delle varie formule, possono essere sostituite al massimo la metà dei carotaggi con almeno
A.9.4.3	Indagini ultrasoniche (UNI EN 12504/4)		Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$ (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio e preferibilmente in combinazione con misura ultrasoniche secondo metodo SON-REB)			
A.9.4.4	Indagini sclerometriche (UNI EN 12504/4)					
A.9.4.4	Estrazione tasselli post-inseriti, Pull-out (UNI EN 12504/3)			Valutazione comparativa disomogeneità calcestruzzo; Valutazione $R_{ckstrutt.} \geq 0,85 R_{ckprog.}$ (solo previa taratura della prova su almeno 3 punti di carotaggio)		



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

						il triplo delle misure non distruttive tarate sulle rimanenti misure dirette (non meno di 3 in ogni caso)
--	--	--	--	--	--	---

*Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione alle varie stagionature previste (media di 3 provini su ogni stagionatura) dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti.

Nel caso di impianti di calcestruzzo in possesso di certificazione FPC , le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La certificazione da parte di questi ultimi laboratori rimane comunque obbligatoria nel caso di utilizzo di aggregati riciclati o di produzione di calcestruzzi speciali di cui al §7 se non rientranti nell'ordinaria produzione dell'impianto. In ogni caso dovrà essere fornito un Dossier di prequalifica contenente le informazioni di cui al § 5.1.1 del CSA..

**Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 sulla ripetizione di tre miscele consecutive. La verifica sarà completa su una miscela mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali segnalate in tabella.

*** Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. La verifica della classe di resistenza a compressione a 28gg sarà eseguita secondo il numero e la tipologia dei controlli conforme alle due tipologie previste al § 11.2.5 del DM 14-01-2008:

- **tipo A** (solo per getti di miscela omogenea inferiori ai 1500 m³) su serie di 3 prelievi di coppie di provini (6 provini): $R_{cm} \geq R_{ckprog} + 3.5 (N/mm^2)$; $R_{cmin} \geq R_{ckprog} - 3.5 (N/mm^2)$
- **tipo B** su serie di 15 prelievi di coppie di provini (30 provini): $R_{cm} \geq R_{ckprog} + 1,48 * s.q.m.$; $R_{cmin} \geq R_{ckprog} - 3.5 (N/mm^2)$.

Per entrambi i tipi di controlli, oltre al numero minimo di prelievi, comunque un prelievo ogni 100mc e ogni giorno di getto della stessa ricetta di cls.

Nel caso di numero di prelievi superiori a 3 o 15 rispettivamente per il controllo di tipo A e di tipo B, il controllo di accettazione si intende eseguito sull'ultima serie consecutiva di 3 o 15 prelievi.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

14.10 ALLEGATO 10

TABELLA A10.1: Sintesi requisiti prestazionali per prodotti di riparazione strutturali (Classi R3 ed R4 UNI EN 1504/3)

VEDI:

Capitolato Speciale d'Appalto

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

Ripristino Ponti e Viadotti

i



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

Tabella A10.2: Sintesi requisiti prestazionali per prodotti rivestimento superficiale (UNI EN 1504-2, tipo rivestimento con requisiti di protezione contro i rischi di penetrazione prosp. ZA.1d) (1/2)

VEDI:

Capitolato Speciale d'Appalto

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

Ripristino Ponti e Viadotti

Tabella A10.3: Sintesi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto a prospetto A9 per calcestruzzi da ripristino strutturale con prove qualifica certificate

(1/2)



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A10.3	Calcestruzzo per ripristini strutturali					
A 10.3.1	Verifica documenti					
.1	Certificazione impianto			X	X	Prima fornitura
.2	Disponibilità dossier prequalifica e/o qualifica			X	X	Prima fornitura
A 10.3.2	Verifiche composizionali	Uguale a serie A.9. 2 in Allegato 9 per cls ordinari				
A 10.3.3	Verifiche prestazioni principali	Uguale a serie A.9.3 in Allegato 9 per cls ordinari				
A 10.3.4	Verifiche prestazioni aggiuntive	cap. 8.2 NTC sez. 2 –CSA				
.1	Resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12390/6)	§ 3.12.1 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.2	Resistenza a flessione (UNI EN 12390/7)	§ 3.12.2 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.3	Resistenza a flessione e duttilità cls fibrorinforzati (UNI EN 12390/7, UNI 111039, UNI EN 14641)	§ 3.12.2 e §7.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		X (per cls fibrorinforzati §7.3)	Secondo prescrizioni specifico progetto
.4	Modulo elastico dinamico e statico (UNI EN 12504/4, UNI 6556)	§ 3.12.3 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista		X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.5	Ritiro idraulico libero (UNI 11307)	§ 3.12.5 NTC sez. 2 –CSA	Valori da verificare con quanto previsto dal progettista	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.6	Ritiro idraulico/espansione contrastata (UNI 8148 met. B)	§ 3.12.6 NTC sez. 2 –CSA	A seconda del sistema espansivo utilizzato, dosaggi e valori a breve termine da verificare in modo da ottenere un'espansione residua a 90gg $\geq 0 \mu\text{m/m}$	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto

Tabella A10.3: Sintesi requisiti prestazionali aggiuntivi rispetto a prospetto A9 per calcestruzzi da ripristino strutturale con prove qualifica certificate



	DESCRIZIONE CONTROLLO (norma)	LIMITI DI ACCETTABILITA'		CONTROLLO FASE PREQUALIF.*	CONTROLLO FASE QUALIFICA**	CONTROLLO FASE ACCETTAZIONE***
		NORMA	VALORI CARATTERISTICI			
A 10.3.4	Verifiche prestazioni aggiuntive	cap. 8.2 NTC sez. 2 –CSA				
.7	Permeabilità all'acqua: (UNI EN 12390/8)	§ 3.12.7 NTC sez. 2 –CSA §7.1 LL.GG. cls strutturale	Per classi esp. con $\alpha/c \leq 0,55$: valore max ≤ 50 mm valore medio ≤ 20 mm	X	X	Secondo prescrizioni specifico progetto
.8	Resistenza ai cicli di gelo disgelo (UNI CEN/TS 12390-9)	Nota a) prosp. F1 UNI EN 206-e prosp. 4 UNI 11104	Per calcestruzzi in classi XF: Rc dopo cicli Rc resistenza cicli Prova non necessaria qualora vengano soddisfatti i requisiti di aria inglobata. 8% \pm 1% per D_{max} fino a 10 mm 6% \pm 1% per D_{max} tra 10 e 20 mm 5% \pm 1% per D_{max} oltre 20 mm			
.9	Resistenza alla carbonatazione (UNI EN 13295) su provini 10x10x10cm di cls da certificare e di cls di riferimento tipo MC (0,45) EN 1766		$d_k \leq c_{ls}$ di controllo MC(0.45)			
.10	Permeabilità ai cloruri: Coefficiente diffusione in regime non stazionario (Dss) su provini esposti 90gg in soluzione NaCl (UNI CEN/TS 12390-11)		Solo per cls in classe esp XS o XD : D_{ss} (m^2/s^{-1}); limite raccomandato da definire in base alla vita utile di progetto (t) e al copriferro (x) previsto secondo l'equazione $x = \sqrt{D_{ss} t}$			

* Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001. Seguendo le indicazioni previste nell'appendice A dalla UNI EN 206/1 relativamente alle prove iniziali, la valutazione della classe di consistenza e della resistenza media a compressione alle varie stagionature previste (media di 3 provini su ogni stagionatura) dovrà essere ripetuta su tre diversi impasti.

Nel caso di impianti di calcestruzzo in possesso di certificazione FPC , le prove di autocontrollo della produzione sono sostitutive di quelle di prequalifica effettuate presso i laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La certificazione da parte di questi ultimi laboratori rimane comunque obbligatoria nel caso di utilizzo di aggregati riciclati o di



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.16 - Rev.1.0
Calcestruzzi e acciai per CA e CAP

produzione di calcestruzzi speciali di cui al corrispondente non compresi nella produzione ordinaria dell'impianto. In ogni caso dovrà essere fornito un Dossier di prequalifica contenente le informazioni di cui al § 5.1.1 del CSA..

****** Prove certificate da parte dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001 sulla ripetizione di tre miscele consecutive. La verifica sarà completa su una miscela mentre sulle altre due ripetizioni sarà limitata solo alla verifica delle proprietà principali segnalate in tabella.



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (1/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-3/A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Verifica delle condizioni del supporto prima e /o dopo la preparazione					
Delaminazione superficie substrato	Sondaggio con martello		Una volta prima dell'applicazione	SI	
Resistenza a trazione superficiale del supporto	Prova di trazione diretta (Pull-off)	EN 1542	Prima dell'applicazione: esame dei risultati di precedenti indagini diagnostiche -conoscitive o definizione di un piano d'indagine da concordare con ANAS con localizzazione della posizione e del numero dei punti di verifica	SI	
Profondità carbonatazione	Prova alla fenoltaleina su carota o carbotest	EN 14630		SI	
Profondità penetrazione cloruri	Campionamento a varie profondità ed analisi in laboratorio	EN 14629		In caso di ambiente XS, XS, XF2/4, XA	
Penetrazione di altri contaminanti	Campionamento a varie profondità ed analisi in laboratorio	Da definire in base al tipo di contaminante		In caso di ambiente XA	
Pulizia substrato	Osservazione visiva di asciugamento		Dopo la preparazione e immediatamente prima dell'applicazione	SI	
Irregolarità superficie	Ispezione visiva e misure con squadra acciaio		Prima dell'applicazione	Solo per metodo rivestimento superf.	
Ruvidità	Ispezione visiva o metodo superf. Sabbia o profilometro	§ 7.2 EN 1766 EN ISO 3274 EN ISO 4288	Prima dell'applicazione	SI	
Tenore di umidità del supporto	Ispezione visiva		Prima e durante l'applicazione	SI	
	campionamento in opera ed essiccazione in laboratorio o prove resistività o sonde umidità o igrometro a carburo	UNI 10329 §6.2 UNI 10329 §6.1		Solo rivestimenti superficiali che richiedano umidità inferiori ad un certo limite	
Temperatura supporto	Misura con termometro da superf. accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	5°C-30°C
Vibrazioni	Misura con accelerometro		Prima e durante l'applicazione dell'applicazione	SI	Inferiori ai carichi dinamici accettati dai prodotti



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (2/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-§A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 EN 1504-10
Accettazione dei prodotti e dei sistemi					
Identità dei prodotti applicati	Verifica certificazione di prodotto o di prove qualifica, schede tecniche e DDT	EN 1504/8 per malte prem. § 5.1.2 e Tab. A10.2 per cls (acqua EN 1008)	A ogni fornitura prima dell'utilizzo	SI	
Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione					
Temperatura ambiente	Termometro accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	
Umidità ambiente e punto di rugiada	Igrometro e termometro accuratezza 0,5°C (vedi tabella §A.92 EN 1504/10)	ISO 4677-1,2	Per tutta la durata dell'applicazione	Solo per metodo rivestimento superf. se il tipo di prodotto lo richiede	Dipende da materiale ma preferibile evitare applicazioni a temperature minore di 3°C sopra punto di rugiada
Precipitazioni	Ispezione visiva		Quotidiana	SI	Assenti
Resistenza al vento	Anemometro		Prima dell'utilizzo	Solo per metodo rivestimento superf.	Minore 8 m/s
Spessore del rivestimento umido	ispezione visiva Calibro a pettine o a ruota (solo per rivestimenti superficiali ancora umidi)	ISO 2808	Subito dopo l'applicazione	SI	
Contenuto d'aria nella miscela fresca	Metodo porosimetro a pressione	EN 1015-7 (malta) EN 12350/7 (cls)	Quotidiana o per ogni lotto	Solo per malte o cls in classe di esp. XF additivati con aeranti	



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità second UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (3/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-3A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione					
Consistenza della malta	Scorrimento (malte colabili) Spandimento tavola a scosse (malte tixotropiche)	EN 13395-3 EN 13395-2	Quotidiana o per ogni lotto	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malte	
Consistenza del calcestruzzo	Tempo Vebè Abbassamento cono Abrams Spandimento tavola a scosse Diametro e tempo Spandimento SCC Eventuali altre prove SCC definite in qualifica	EN 12350/3 EN 12350/2 EN 12350/5 EN 12350/8 EN 12350/9-12	Quotidiana o per ogni lotto	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con calcestruzzo	
Condizioni e requisiti dopo l'indurimento					
Copertura del rivestimento e spessore del rivestimento asciutto o indurito	Ispezione visiva Intaglio a cuneo e misura con calibro (malta) carotaggio(per cls)	ISO 2808 EN 12504/1	Una volta per tipo di elemento	SI	
Fessurazione da ritiro plastico ed igrometrico	Ispezione visiva con bagnatura superficie ed eventuale misura fessure con calibro		Quotidiana o per ogni lotto	SI	< 0,1mm
Colore e tessitura delle superfici finite	Esame visivo		Quotidiana o per ogni lotto	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	



Tabella A10.4: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di malte e calcestruzzi per rivestimento (UNI EN 1504-2) o ripristino strutturale e non (UNI EN 1504-3) (4/4)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5/A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Condizioni e requisiti dopo l'indurimento					
Presenza vuoti dentro e dietro il materiale	Misura con ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio	EN 12504-4 EN 12504/1	Una volta per valutare l'efficienza e in caso di dubbio	SI	
Massa volumica s.s.a. conglomerato indurito	Misura su carote	EN 12504/1 EN 12390/7	Una volta per tipo di elemento	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	$\geq 0,97$ massa volumica misurata su provini delle certificazioni in laboratorio dei corrispondenti getti
Resistenza a compressione a 28gg (altre stag. se da progetto)	Su prismi 4x4x16 per malte su cubi 15x15x15 per betoncini o cls	UNI EN 12190 EN 12390/3	<i>frequenze controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02</i>	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	Come da controllo tipo A o B § 11.2.3 DM 14-01-02
Resistenza a compressione del materiale messo in opera	Prova di compressione su carote h/d=1	EN 12504/1 EN 12390/3	Una volta per tipo di elemento	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	Come da § 11.2.6 DM 14-01-02: R_{ck} in sito $\geq 0,85 R_{ck}$ progetto
Resistenza a flessione a 28gg	Su terna prismi 4x4x16cm per malte su terna travi 15x15x60cm per betoncini o cls	EN 12390/7	Una volta per tipo di elemento	Solo per ripristino o consolidamento strutturale con malta o calcestruzzo	\geq valore caratteristico dichiarato
Aderenza in sito	Trazione diretta	EN 1542	Una volta per tipo di superficie o di elemento	SI	\leq resist trazione supporto; per malte e cls ripristini strutturali: 1,2-1,5MPa; non strutturali: $\geq 0,7$ MPa
Permeabilità all'acqua	Prova in sito di Karsten carotaggio e prova di penetrazione dell'acqua	NF P84-402 o NF T 30-801 EN 12390-8	Una volta per valutare l'efficienza	SI	Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni Max ≤ 50 mm; Media ≤ 20 mm



Tabella A10.5: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di prodotti per iniezioni dei calcestruzzi (UNI EN 1504-5) (1/2)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti SA9 EN 1504-10
Verifica delle condizioni del supporto prima e /o dopo la preparazione					
Pulizia substrato	Osservazione visiva di asciugamento		Dopo la preparazione e immediatamente prima dell'applicazione	SI	
Larghezza e profondità delle fessure	Misura con calibri o sonde ottiche da superficie, prova ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio	ISO 8047 EN 12504-4 EN 12504-1	Prima dell'applicazione	SI	Accuratezza > 0,10mm
Movimento delle fessure	Calibri meccanici o elettrici o sonde ottiche da superficie o estensimetri o vetrini		Prima dell'applicazione	SI.	Accuratezza > 0,10mm
Tenore di umidità del supporto	Ispezione visiva		Prima e durante l'applicazione	SI	
	campionamento in opera ed essiccazione in laboratorio o prove resistività o sonde umidità o igrometro a carburo	UNI 10329 §6.2 UNI 10329 §6.1		Solo rivestimenti superficiali che richiedano umidità inferiori ad un certo limite	
Temperatura supporto	Misura con termometro da superf. accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	5°C-30°C
Contaminazione delle fessure	Campionamento con carotaggio o perforazione a varie profondità ed analisi in laboratorio	EN 12504-1 EN 14629 altre da definire in base al tipo di contaminante	Prima dell'applicazione: esame dei risultati di precedenti indagini diagnostiche- conoscitive o definizione di un piano d'indagine da concordare con ANAS con localizzazione della posizione e del numero dei punti di verifica	SI	



Tabella A10.5: Sintesi delle prove e delle osservazioni per il controllo di qualità secondo UNI EN 1504-10 di prodotti per iniezioni dei calcestruzzi (UNI EN 1504-5) (2/2)

Caratteristica	Metodo misura (descriz. in A9 EN 1504-5A9 EN 1504-10)	Norma riferimento	Frequenza prova o osservazione	Esecuzione controllo	Limiti §A9 EN 1504-10
Accettazione dei prodotti e dei sistemi					
Identità dei prodotti applicati	Verifica certificazione di prodotto o di prove qualifica, schede tecniche e DDT	EN 1504/8 (acqua EN 1008)	A ogni fornitura prima dell'utilizzo	SI	
Condizioni e requisiti prima e/o durante l'applicazione					
Temperatura ambiente	Termometro accuratezza 1°C		Per tutta la durata dell'applicazione	SI	
Umidità ambiente e punto di rugiada	Igrometro e termometro accuratezza 0,5°C (vedi tabella §A.92EN 1504/10)	ISO 4677-1,2	Per tutta la durata dell'applicazione	Solo per metodo rivestimento superf. se il tipo di prodotto lo richiede	Dipende da materiale ma preferibile evitare applicazioni a temperature minore di 3°C sopra punto di rugiada
Precipitazioni	Ispezione visiva		Quotidiana	SI	Assenti
Condizioni e requisiti dopo l'indurimento					
Grado di riempimento delle fessure	sonde ottiche da superficie prova ultrasuoni o eventuale esame visivo dopo carotaggio	ISO 8047 EN 12504-4 EN 12504-1	Una volta per valutare l'efficienza	SI	≥80%
Permeabilità all'acqua	Prova in sito di Karsten carotaggio e prova di penetrazione dell'acqua	NF P84-402 o NFT 30-801 EN 12390-8	Una volta per valutare l'efficienza	SI	<i>Prova in sito da correlare con EN 12390/8 i cui limiti sono penetrazioni Max ≤ 50mm; Media ≤ 20mm</i>



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.17 - Rev. 1.0

Opere d'arte maggiori

Ponti e viadotti

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016



Sommario

1	OPERE IN CARPENTERIA METALLICA	7
1.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
1.1.1	Resilienza dei componenti saldati	8
1.1.2	Protezioni superficiali	9
1.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE	9
1.2.1	Progetto d'officina	9
1.2.2	Montaggio di prova	11
1.2.3	Identificazione e rintracciabilità dei materiali	11
1.2.4	Prescrizioni integrative per i collegamenti bullonati	12
1.3	PROVE E CONTROLLI	13
1.3.1	Controlli documentali	13
1.3.2	Controlli sui prodotti e sui materiali	13
1.3.3	Controlli sulla esecuzione	13
1.3.4	Controlli geometrici e dimensionali sui manufatti	13
1.3.5	Controlli sulle saldature	14
1.3.6	Controlli sulle unioni bullonate	15
1.4	PROVE DI CARICO E COLLAUDO	16
1.5	MANUTENZIONE	16
1.6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	18
1.7	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	18
1.7.1	Norme generali	18
1.7.2	Criteri di misura	19
2	ELEMENTI PREFABBRICATI	20
2.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	20
2.1.1	Caratteristiche superficiali dei manufatti	20
2.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE	21
2.2.1	Documenti di accompagnamento	21
2.3	PROVE E CONTROLLI	22
2.3.1	Controlli documentali	22
2.3.2	Controlli sui prodotti e sui materiali	22
2.3.3	Controlli sulla produzione e sul montaggio	22



2.3.4	Controlli geometrici e dimensionali sui manufatti	22
2.4	PROVE DI CARICO E COLLAUDO	23
2.5	MANUTENZIONE	23
2.6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	24
2.7	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	24
3	OPERE IN C.A.P. A CAVI O BARRE POST TESI	25
3.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	25
3.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE	26
3.2.1	Progetto costruttivo	26
3.2.2	Identificazione e rintracciabilità dei materiali	29
3.2.3	Prescrizioni particolari per l'esecuzione	29
3.3	PROVE E CONTROLLI	30
3.4	PROVE DI CARICO E COLLAUDO	31
3.5	MANUTENZIONE	31
3.6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	32
3.7	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	32
4	APPOGGI E DISPOSITIVI ANTISISMICI	34
4.1	CARATTERISTICHE	34
4.1.1	Temperature di esercizio	34
4.1.2	Protezioni anti polvere e anti corrosiva	34
4.1.3	Preregolazione	35
4.1.4	Collegamento alle strutture	35
4.1.5	Sostituzione	36
4.2	MODALITÀ DI INSTALLAZIONE	36
4.2.1	Progetto costruttivo	37
4.3	PROVE E CONTROLLI	37
4.3.1	Controlli documentali	38
4.3.2	Prove di accettazione	38
4.3.3	Controlli sulla esecuzione	38
4.4	PROVE DI CARICO E COLLAUDO	38
4.5	MANUTENZIONE	39
4.6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	39
4.7	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	39
5	GIUNTI DI ESPANSIONE	40



5.1	CARATTERISTICHE	40
5.1.1	Temperature di esercizio	40
5.1.2	Vita Utile	40
5.1.3	Prerogolazione	40
5.1.4	Sollevamento differenziale delle testate del varco	41
5.1.5	Aggressività ambientale	41
5.1.6	Dimensione dei varchi	41
5.1.7	Scossalina	42
5.1.8	Giunti sui cordoli e sui marciapiedi di servizio	42
5.2	MODALITÀ DI INSTALLAZIONE	42
5.2.1	Progetto costruttivo	42
5.3	PROVE E CONTROLLI	43
5.3.1	Controlli documentali	43
5.3.2	Prove dopo l'installazione	43
5.4	MANUTENZIONE	43
5.5	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	44
5.6	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	44
6	IMPERMEABILIZZAZIONI DELLA SOLETTA	45
6.1	CAPPA DI ASFALTO SINTETICO	45
6.1.1	Caratteristiche dei materiali	45
6.1.2	Modalità di applicazione	46
6.1.3	Prove e Controlli	47
6.2	MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO	48
6.2.1	Caratteristiche dei materiali	48
6.2.2	Modalità di applicazione	49
6.2.3	Prove e Controlli	50
6.3	MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON GUAINES BITUMINOSE PREFORMATE ED ARMATE	50
6.3.1	Caratteristiche dei materiali	51
6.3.2	Modalità di applicazione	52
6.3.3	Prove e Controlli	55
6.4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	56



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

6.5	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	56
7	SISTEMI DI RACCOLTA ACQUA DI PIATTAFORMA	57
7.1	CARATTERISTICHE	57
7.2	PROVE E CONTROLLI	59
7.3	MANUTENZIONE	59
7.4	MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE	60
8	APPENDICE A – TEMPERATURE MASSIME E MINIME PER LA PROGETTAZIONE DEI PONTI	61



1 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

Il presente capitolato si applica a tutte le strutture in acciaio, comprese le carpenterie metalliche delle sezioni miste acciaio-calcestruzzo- destinate alla realizzazione di ponti, viadotti, cavalcavia. Per l'acciaio impiegato in galleria si rimanda la capitolato specifico.

Il presente capitolato è di riferimento inoltre, alle opere minori realizzate in carpenteria metallica quali, ad esempio, passerelle, portali, coperture, ecc.. Diversamente, non si applica alle lamiere grecate e ai profilati a freddo.

L'Appaltatore dovrà fornire ad ANAS il nominativo del costruttore delle carpenterie metalliche, ovvero il nominativo del centro di trasformazione ed il nominativo dell'officina di produzione della carpenteria metallica, unitamente alla documentazione richiesta per essi dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC).

Il costruttore o l'officina di produzione della carpenteria metallica dovranno essere in possesso di tutti i requisiti richiesti dalle NTC per i centri di trasformazione delle carpenterie metalliche.

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato e nella norma UNI EN 1090-2 (laddove questa non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato) e nelle norme da queste richiamate, tenendo conto delle seguenti indicazioni:

- Ai sensi del par. 11.3.4.5 e della tabella 11.3.XI delle NTC le opere in parola sono strutture soggette a fatica corrispondenti al livello D della citata tabella.
- Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 la classe di esecuzione sarà la EXC3.
- Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 il grado di preparazione delle superfici sarà, salvo diversa disposizione della Direzione Lavori, P2.
- Ai sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 la classe delle tolleranze geometriche funzionali sarà la "classe 1".

1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere conformi al par. 11.3.4.1 (marcatura CE) delle NTC. Si potranno utilizzare anche materiali innovativi per i quali il produttore e/o il Centro di Trasformazione potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Best Practice Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di



Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale (rif. caso "C)" del par. 11.1 delle NTC).

I materiali impiegati saranno conformi alle vigenti NTC e a quanto indicato nel progetto esecutivo, integrato dalle prescrizioni del c.a.p. 5 della UNI EN 1090-2 e da quanto segue.

Per i piatti non sono richieste condizioni più rigorose di quanto indicato al primo capoverso del par. 5.3.3 della UNI EN 1090-2 e la tolleranza sullo spessore dovrà essere, con rif. al par. 5.3.3 della UNI EN 1090-2, di classe A.

Tutti i bulloni dovranno essere forniti da un unico produttore per l'intero appalto e avere coefficiente K-class pari a 2 (per bulloneria ad attrito).

I pioli tipo Nelson l'acciaio sarà di qualità S235J2G3 + C450 secondo EN 10025, norma di riferimento UNI-EN-ISO 13918 ed avrà le seguenti caratteristiche:

- $f_y \geq 350 \text{ N/mm}^2$;
- $f_u \geq 450 \text{ N/mm}^2$;
- Strizione 50%
- Altre caratteristiche secondo NTC.

1.1.1 RESILIENZA DEI COMPONENTI SALDATI

Le tipologie di acciaio da impiegare nelle strutture saldate dovrà corrispondere al seguente schema (rif. norma UNI-EN-10025) tipologico:

- S275 JO/J2G1;
- S355 JO/J2G1/K2G1/K2G1.

Dove i primi 4 codici alfanumerici indicano la destinazione d'uso dell'acciaio (S=strutturale) e la resistenza caratteristica allo snervamento ($275/355 \text{ N/mm}^2$), calcolata per spessori fino a 16mm), mentre i rimanenti codici rappresentano la qualità degli acciai in relazione alla saldabilità e ai valori di resilienza secondo quanto riportato nelle NTC e nella UNI EN 10025.

La scelta della qualità degli acciai in relazione alla saldabilità e ai valori di resilienza è indicata nel progetto esecutivo o, laddove mancante, verrà determinata sulla base della temperatura di minima impiego della opera $T_i = T_{min} - 5^\circ\text{C}$. La temperatura T_i andrà chiaramente indicata nelle relazioni del progetto d'officina.

La temperatura T_{min} è definita come temperatura minima invernale dell'aria nel sito della costruzione con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{min} dovrà essere calcolata in base alle espressioni riportate nell'Appendice A del presente Capitolato.



Sulla base del valore T_i ottenuto, verrà determinata la resilienza secondo quanto riportato in UNI EN 10025.

In mancanza delle suddette valutazioni sul valore di T_i , le qualità degli acciai non dovranno essere inferiori alla seguente tabella, valida per profili composti saldati:

	$sp \leq 20$ [mm]	20 [mm] $< sp \leq 40$ [mm]	$sp > 40$ [mm]
S275	JO	J2	K2
S355	JO	J2	K2

Per profili laminati e per piastrame non saldato, si potranno utilizzare materiali di grado JO.

In alternativa agli acciai sopra citati, è ammesso l'impiego di materiale autoprotetto, in funzione dello spessore, del tipo S355JOW, S355J2G1W, S355K2G1W, aventi caratteristiche meccaniche equivalenti a quelle dell'acciaio S355JO, S355J2G1 e S355K2G1 UNI-EN 10025.

1.1.2 PROTEZIONI SUPERFICIALI

Tutte le strutture in acciaio non autopatinabile dovranno essere protette contro la corrosione in accordo alle prescrizioni del progetto esecutivo e alle specifiche di cui alla sezione "Verniciature" delle presenti Norme Tecniche e, laddove non in contrasto con i precedenti documenti, al c.a.p. 10 e all'appendice F della UNI EN 1090-2.

Il colore di finitura sarà definito dai documenti di progetto esecutivo o, in mancanza di indicazioni specifiche, l'Appaltatore dovrà chiedere istruzioni alla Direzione Lavori.

1.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per l'esecuzione dell'opera l'Appaltatore si atterrà ai capitoli da 6 a 9 della norma UNI EN 1090-2.

1.2.1 PROGETTO D'OFFICINA

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina delle opere, ovvero:

- elaborati costruttivi;
- una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.



In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- specifiche di esecuzione, che saranno redatte sensi del paragrafo 4 della UNI EN 1090-2 e conterranno solo le informazioni di cui ai punti da “a)” ad “e)” del par. 4.1.1.
- specifiche di saldatura basate su qualifiche di procedimento in conformità alle UNI-EN ISO 15614, UNI-EN ISO 15614, UNI-EN ISO 15609 e UNI-EN ISO 17635;
- i disegni di officina con evidenza di tipi e qualità degli acciai impiegati; tipi e qualità dei bulloni impiegati; i diametri e la disposizione dei bulloni, nonché dei fori relativi; pre-carico dei bulloni ad alta resistenza e relative coppie di serraggio; tolleranze; le modalità di trattamento protettivo (laddove previsto) e le finiture superficiali degli elementi metallici nel sito di montaggio; gli schemi di montaggio; le controfrecce di officina;
- la relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio;
- relazioni di calcolo dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi;
- relazione di calcolo delle opere, qualora modificate rispetto al progetto esecutivo;
- quanto richiesto nei par. 9.3.1, 9.3.2 e 9.6.1 della UNI EN 1090-2.

La relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio conterrà la descrizione del funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi, riportando, per ogni fase quanto segue: calcoli statici; i parametri geometrici da controllare, riportando, per ognuno di essi, un range di valori entro il quale i dati rilevati siano da ritenersi coerenti con le previsioni progettuali. La suddetta relazione, dovrà inoltre contenere le procedure correttive da adottare qualora i risultati ottenuti non fossero coerenti con le previsioni progettuali. La suddetta relazione, dovrà infine contenere una procedura di posa in opera e controllo del sistema apparecchi di appoggio, cunei di compenso e strutture metalliche, da condividere con il fornitore degli apparecchi di appoggio.

Per quanto concerne le specifiche di saldatura, è fatto obbligo all'Appaltatore di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o altro Ente terzo equivalente, il quale dovrà tenere in conto anche delle indicazioni contenute nel presente capitolato. Le specifiche di saldatura dovranno contenere almeno indicazioni e prescrizioni su:

- materiali.
- caratteristiche e dimensioni del materiale d'apporto.
- geometrie e le tolleranze ammesse.
- finiture e preparazioni superficiali.
- sostegni temporanei.
- assemblaggi temporanei



- protezione dalle intemperie.
- procedimento e sequenza di saldatura.
- posizione della saldatura.
- tecnica della saldatura.
- parametri elettrici.
- parametri termici e caratteristiche e modalità di esecuzione dell'eventuale trattamento termico.
- specifiche delle prove e dei controlli (estensione, quantità, tipologia, normativa di riferimento, criteri di ammissibilità dei difetti) da effettuare prima, durante e dopo la saldatura.
- modalità di riparazione delle saldature non ammissibili.
- specifiche delle prove e dei controlli delle saldature riparate.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed 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, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di montaggio potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

1.2.2 MONTAGGIO DI PROVA

È facoltà della Direzione Lavori disporre montaggi di prova di parti della struttura o dell'intera costruzione senza che l'Appaltatore possa opporsi o chiedere compensi di sorta.

1.2.3 IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI MATERIALI

L'Appaltatore sarà tenuto a garantire l'identificazione e rintracciabilità dei materiali ai sensi dei par. 11.3.1.4, 11.3.1.5, 11.3.1.7, 11.3.4.11.2 delle NTC.

All'atto della ricezione delle lamiere presso lo stabilimento e comunque prima dell'inizio della fabbricazione delle strutture metalliche, le stesse verranno marchiate mediante punzonatura o vernici indelebili che associano la lamiera ad un codice alfanumerico identificante univocamente la placca e la colata madre dalle quali è stata ricavata.



A corredo dei disegni d'officina, dopo l'approvvigionamento dei materiali, saranno quindi fornite alla Direzione Lavori le distinte dei materiali, contenenti almeno i seguenti dati:

- posizioni e marche d'officina;
- Numero della commessa
- Dimensioni dei pezzi da ricavare
- Quantità
- Tolleranze di lavorazione
- Qualità del materiale richiesto
- Dimensione del materiale da lavorare
- Estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo.
- Note

L'Appaltatore dovrà, inoltre, far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

1.2.4 PRESCRIZIONI INTEGRATIVE PER I COLLEGAMENTI BULLONATI

Vengono di seguito riportate le prescrizioni integrative alla norma UNI EN 1090-2.

1.2.4.1 Criteri generali

Per i giunti ad attrito saranno impiegati bulloni precaricati a serraggio controllato.

Nelle unioni non ad attrito che potranno essere soggette a vibrazioni o ad inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi.

1.2.4.2 Forature

I fori per i bulloni devono essere eseguiti col trapano con assoluto divieto dell'uso della fiamma.

Nei collegamenti bullonati si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino entro i limiti di tolleranza foro-bullone.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore o, in alternativa, l'Appaltatore dell'opera dovrà presentare una propria proposta di modifica del giunto da sottoporre alla verifica ed alla successiva approvazione della Direzione Lavori.

1.2.4.3 Montaggio

Per il serraggio dei bulloni, si dovranno usare chiavi equipaggiate con un meccanismo limitatore della coppia applicata.



È ammesso il serraggio dei bulloni anche con chiave pneumatica purché questa venga controllata con chiave dinamometrica, la cui taratura eseguita con l'eventuale moltiplicatore dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio ufficiale.

L'utilizzo effettivo della chiave dinamometrica dovrà essere registrato in un apposito libretto; ne sarà consentito un uso massimo di 180 giorni dalla data di taratura.

Tutti i meccanismi di serraggio dovranno garantire una precisione non minore del $\pm 4\%$.

I bulloni di classe 10.9 dovranno essere montati in opera almeno con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) e una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado). I bulloni di classe 8.8 dovranno essere montati in opera almeno con una rosetta sotto il dado.

I giunti da serrare dovranno essere montati nella posizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine" in grado di irrigidire convenientemente il giunto e consentire la perfetta corrispondenza dei fori. L'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione.

Si procederà quindi a serrare i bulloni di un estremo dell'elemento da collegare, con una coppia pari a circa il 60% di quella prescritta, il serraggio dovrà iniziare dal centro del giunto procedendo gradualmente verso l'esterno.

1.3 PROVE E CONTROLLI

Laddove possibile le prove ed i controlli saranno effettuati prima del montaggio finale dell'opera.

Tutte le prove ed i controlli saranno eseguiti a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

1.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nei par. 11.3.1.4, 11.3.1.5, 11.3.1.7, 11.3.4.11.2 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

1.3.2 CONTROLLI SUI PRODOTTI E SUI MATERIALI

Controlli previsti nei par. 11.3.1.4, 11.3.1.5, 11.3.1.7, 11.3.4.11.2 e 11.3.4.11.3 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

1.3.3 CONTROLLI SULLA ESECUZIONE

La Direzione Lavori verificherà che l'esecuzione dell'opera avvenga secondo le indicazioni e le previsioni del progetto d'officina, integrato dalle prescrizioni contenute nel presente capitolato e dai capitoli da 6 a 10 della norma UNI EN 1090-2.

1.3.4 CONTROLLI GEOMETRICI E DIMENSIONALI SUI MANUFATTI



La Direzione Lavori potrà effettuare controlli geometrici e dimensionali ai sensi del capitolo 11 e del par. 12.3 della norma UNI EN 1090-2. A tal riguardo si specifica che la classe di tolleranza ammessa è pari alla classe 1.

1.3.5 CONTROLLI SULLE SALDATURE

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dalle NTC e tenendo conto delle specifiche di saldatura. Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori.

Per i controlli e le ispezioni delle saldature l'Appaltatore metterà a disposizione personale in possesso di idoneo certificato rilasciato dall'I.I.S. o da altro Ente terzo equivalente. Il personale dovrà avere esperienza documentata nello specifico campo della realizzazione di strutture metalliche per ponti e viadotti. Detto personale dovrà inoltre essere in possesso di certificato di livello 2 secondo UNI EN 473 ed opererà in accordo alle specifiche tecniche del progetto specifico.

I controlli radiografici, laddove previsti, devono essere contromarcati con punzonature sui pezzi, in modo da consentire la loro successiva identificazione.

La distribuzione dei controlli non distruttivi da effettuare su ogni tipologia di saldatura sarà non meno di quanto di seguito indicato.

1.3.5.1 Giunti a T con cordoni d'angolo e giunti a parziale penetrazione

Esame visivo: 100% delle saldature;

Esame magnetoscopico: 20% delle saldature anima-piattabanda delle travi;

Esame ultrasonoro: 10% delle saldature rimanenti.

1.3.5.2 Giunti testa a testa a piena penetrazione

Esame visivo: 100% delle saldature;

Esame magnetoscopico :20% delle saldature;

Esame ultrasonoro: 100% dei giunti tesi;

50% dei giunti compressi;

25% dei giunti longitudinali di anima e fondo.

1.3.5.3 Giunti testa a testa di lamiera non previsti a disegno

I giunti testa a testa di lamiera non previsti a disegno verranno controllati al 100% con esame visivo, magnetoscopico e ultrasonoro e verranno riportati sui disegni "as built". Come criterio di accettabilità, tali giunti dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN 25817 classe di qualità B.

1.3.5.4 Pioli connettori



Esame visivo:100% delle saldature;

Prova di piegamento a 30°:5% dei pioli (a colpi di mazza)

Eventuali discontinuità risultanti dall'esame visivo saranno ripristinate con elettrodi rivestiti. Non è ammessa la presenza di cricche nelle saldature dei pioli.

In caso di rottura di almeno il 5% dei pioli testati tutti i pioli della stessa membratura saranno sottoposti alla medesima prova.

1.3.5.5 Criteri di ammissibilità dei difetti

I criteri di ammissibilità dei difetti sono indicati nel par. 7.6 della norma UNI EN 1090-2.

Nel caso di esito negativo, i controlli sulle saldature saranno estesi per 1 m da ogni lato del difetto o, nel caso di giunti corti (inferiori a 1 m) a due giunti adiacenti. Nel caso di ulteriori difetti i controlli saranno estesi al 100% del giunto difettoso. Il ritorno alle percentuali di controllo stabilite dalla specifica sarà deciso dalla Direzione Lavori in funzione dell'esito dei successivi controlli.

1.3.6 CONTROLLI SULLE UNIONI BULLONATE

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

I controlli sulle unioni bullonate dovranno interessare sia le superfici (controllo del trattamento superficiale finalizzato all'attrito) e sia il serraggio dei bulloni.

Per tali controlli si farà riferimento ai par. 12.5 della norma UNI EN 1090-2 o, in alternativa, a quanto di seguito specificato (da attuare per ogni unione).

Per ogni unione sarà effettuato un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso non meno di quattro.

Il controllo avverrà con le seguenti modalità:

- si marcherà dado e vite del bullone serrato per identificare la loro posizione rispetto al coprigiunto;
- si allenterà il dado con una rotazione di almeno 60°;
- si rinserrerà il dado verificando che l'applicazione della coppia prescritta lo riporti nella posizione originaria;
- si verificherà con la procedura sopra descritta che la coppia di serraggio di almeno il 5% dei bulloni del giunto sia corretta (con un minimo di quattro bulloni per unione bullonata), scegliendo i bulloni da verificare in modo da interessare in maniera regolare tutta l'estensione del giunto stesso.

Nel caso in cui anche un solo bullone testato risulti mal serrato si dovrà procedere a ricontrollare tutti i bulloni del giunto interessato.



1.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Prima delle prove di carico la Direzione Lavori potrà ordinare la ripresa delle coppie di serraggio per tutti i bulloni della struttura.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

1.5 MANUTENZIONE

Laddove non previsti in progetto, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di eventuale infiltrazione.

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione.
- Ispezione e pulizia delle cosiddette trappole di corrosione, ovvero zone dove si possono formare accumuli di acqua, di guano, di terriccio, ecc. In tali zone la velocità di corrosione delle strutture (sia quelle autoprotette e sia quelle protette da idonea vernice) aumenta sensibilmente.
- Ispezione delle asolature dotate di griglie o reti antipassero.
- Ispezione e controlli dei giunti bullonati.
- Ispezione e controlli delle saldature.
- Le modalità di sollevamento degli impalcati per la sostituzione degli appoggi. In tal senso si dovranno fornire le seguenti informazioni: ubicazione dei martinetti; portata dei martinetti; entità del sollevamento (attenzione si dovrà porre al valore massimo consentito nelle strutture iperstatiche senza superare gli Stati Limite di Esercizio previsti in progetto); eventuali limitazioni all'esercizio stradale; eventuali conseguenze sui giunti; azioni caratteristiche, sia orizzontali (vento, eventuale frenatura) e sia verticali, agenti sui vincoli provvisori o sui martinetti durante le operazioni in parola. Per travate continue andrà indicata la possibilità di effettuare il sollevamento su una o più pile contemporaneamente e fornita l'entità del sollevamento per ogni pila interessata.



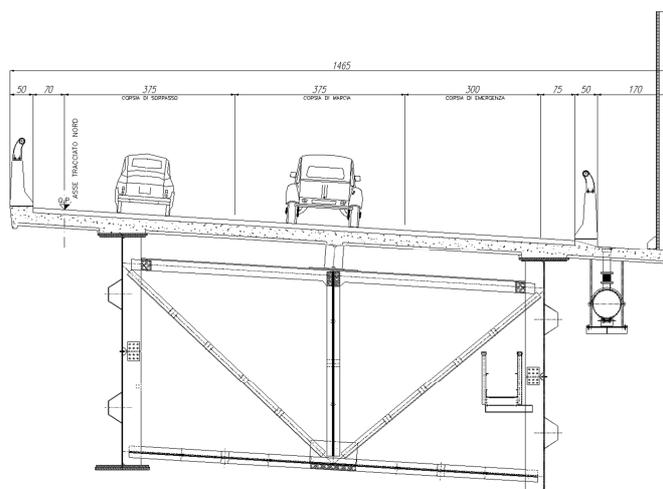
Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

Con particolare riferimento alle saldature non si dovranno indicare riferimenti generici, ma si dovranno individuare in maniera univoca sulla struttura, sulla base degli elaborati progettuali, le saldature maggiormente sollecitate sia a fatica e sia per carichi statici. In particolare si richiede che per le unioni saldate:

- le cui conseguenze della possibile crisi a fatica siano significative (ovvero travi principali, saldature trasversali delle piastre ortotrope) e per i quali si sia adottato un coefficiente di sicurezza compreso tra 1.35 e 1.15;
- le cui conseguenze della possibile crisi a fatica siano moderate (ovvero sistemi di controvento, sistemi di irrigidimento, traversi, saldature degli irrigidimenti delle piastre ortotrope) e per i quali si sia adottato un coefficiente di sicurezza compreso tra 1.15 e 1.00;

sarà necessario indicare nel Piano di Manutenzione dell'Opera la circostanza di effettuare un controllo dopo un periodo di tempo dall'avvio dell'esercizio stradale pari a $0.5 \times V_n$ (V_n è la vita nominale). I controlli saranno descritti nel Piano di Manutenzione dell'Opera e dovranno essere uguali a quelli effettuati durante la costruzione per i dettagli in parola.

Laddove previsti i percorsi di ispezione, questi saranno preferibilmente collocati in prossimità della corsia lenta/emergenza e costituiti da idonee passerelle collegate alla struttura principale, come rappresentato nella immagine seguente.





Per le zone di saldatura considerate critiche è necessario che il dettaglio stesso sia studiato in maniera tale da poter essere ispezionato. In particolare si riporta, a titolo esemplificativo, il dettaglio relativo alla giunzione bullonata tra le travi principali: i coprigiunti devono avere una geometria tale da permettere la visibilità della saldatura di composizione anima/piattabanda e permettere il relativo eventuale intervento di riparazione.

***N.B.:** al fine di poter ispezionare il cordone di saldatura la distanza "d" dovrà comunque essere almeno di 20 mm.*

1.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 1090-2

1.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

1.7.1 NORME GENERALI

Resta stabilito che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da predisporre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori



- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

Si precisa che il prezzo dedicato alla modalità di varo "di punta" deve essere applicato nel caso in cui il varo sia realizzato anche con l'ausilio di attrezzatura metallica costituita da derrik, ovvero avambecco e retrobecco, ovvero macchine per la spinta/trazione longitudinale dell'impalcato.

1.7.2 CRITERI DI MISURA

Per la misurazione di quanto realizzato, oltre a fare riferimento a quanto descritto nelle relative voci di Elenco Prezzi, si fa presente che i manufatti d'acciaio, di qualsiasi genere e per ogni utilizzo, composti da lamiera, lamiera ondulata, profilati, tubi, barre, getti di fusione, ecc., saranno contabilizzati a corpo secondo i relativi articoli d'Elenco Prezzi e misurati in base al loro peso. Potranno essere effettuate delle verifiche a campione, mediante pesature in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Impresa, con stesura d'apposito verbale controfirmato dalle parti.

Ogni operazione di pesatura dovrà riferirsi a parti di uno stesso manufatto. E' pertanto esclusa la pesatura cumulativa d'elementi appartenenti a manufatti diversi, anche quando si tratta di controventi, piastre, bullonerie, rosette, ecc..

I relativi articoli d'Elenco Prezzi comprendono: la fornitura di tutti i materiali; la lavorazione secondo i disegni costruttivi; la posa ed il fissaggio in opera.

Si intendono comunque compresi nei relativi articoli di Elenco Prezzi gli oneri per le lavorazioni quali, le forature, le saldature, le bullonerie, le piastre, i relativi sfridi.

Infine potrà essere valutata la quantità attraverso lo sviluppo geometrico dei vari elementi che compongono la struttura, suddivisi per tipologia di profilato, dimensione, spessore nel caso di lamiera, moltiplicati per il peso unitario determinato in base alle dimensioni ed al peso specifico di 7,85 Kg/dmc indicato nel D.M. 14 gennaio 2008.



2 ELEMENTI PREFABBRICATI

Il presente Capitolato si applica a tutte le strutture in c.a. e c.a.p. prefabbricate destinate alla realizzazione di ponti, viadotti, cavalcavia e sottovia. Le indicazioni riportate nei paragrafi seguenti possono costituire utile riferimento per altri elementi prefabbricati quali: gallerie artificiali; manufatti idraulici; ecc.

Gli elementi prefabbricati tipicamente utilizzati nella costruzione dei ponti sono: travi; pre dalles (o lastre secondo la norma UNI EN 15050), pulvini, elementi delle pile, elevazioni delle spalle o dei muri d'ala o dei muri andatori.

Il presente capitolato si applica agli elementi di cui al cap. 11.8 dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC).

Ai sensi delle suddetta normativa gli elementi prefabbricati da ponte e i muri dovranno recare la marcatura CE.

L'Appaltatore dovrà comunicare ad ANAS il nominativo del produttore dei manufatti, unitamente alla documentazione richiesta per essi dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC).

È richiesto che il produttore dei manufatti abbia un sistema di controllo della produzione ai sensi del par. 11.8.3 delle NTC e che lo stabilimento di produzione sia qualificato ai sensi del par. 11.8.4.1 delle NTC.

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato e nelle norme seguenti:(laddove queste non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato):

- UNI EN 13369 (regole comuni per prodotti prefabbricati in calcestruzzo).
- UNI EN 15050 (prodotti prefabbricati in calcestruzzo – elementi da ponte).
- UNI EN 15258 (prodotti prefabbricati in calcestruzzo - elementi per muri di sostegno).

Si rappresenta che i manufatti in parola costituiscono, usualmente, una produzione occasionale.

2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le parti inerenti i materiali costituenti gli elementi prefabbricati in cls (cls, acciai, malte, resine) si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

2.1.1 CARATTERISTICHE SUPERFICIALI DEI MANUFATTI

In sede di costruzione si dovrà fornire particolare attenzione a realizzare il livello di rugosità (o scabrezza) previsto dal Progettista nelle zone di interfaccia tra il manufatto ed il getto in opera.



2.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per la costruzione, trasporto e posa in opera l'Appaltatore si atterrà alle norme UNI EN 13369, UNI EN 15258 e UNI EN 15050 (laddove queste non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato) e nelle norme da queste richiamate.

2.2.1 DOCUMENTI DI ACCOMPAGNAMENTO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. la documentazione prevista nei par. 11.1 e 11.8.5 delle NTC. Tale documentazione sarà integrata da:

- una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo;
- relazione di calcolo e disegni delle opere, qualora le opere siano state modificate rispetto al progetto esecutivo;
- il Certificato di Origine, di cui al punto e) del par. 11.8.5 delle NTC, completo delle parti non interessate al deposito presso il Servizio Tecnico Centrale del MIT.

I materiali richiesti per le unioni (malte, resine, betoncini, ecc.) dovranno essere debitamente specificati nella relazione di cui al punto b) del par. 11.8.5 delle NTC, tenendo conto delle seguenti indicazioni:

1. per le resine o malte di incollaggio tra elementi prefabbricati si dovrà porre particolare attenzione alle temperature previste in cantiere e alla loro compatibilità con i prodotti previsti.
2. particolare attenzione sarà data alla protezione delle estremità dei trefoli in testata, che sarà effettuata mediante stuccatura e rasatura con malte cementizie fibrorinforzate a ritiro compensato.
3. Particolare attenzione sarà data nel riempire le asolature resesi eventualmente necessarie per le operazioni di sollevamento o di deviazione dei trefoli; il riempimento sarà effettuato con malte cementizie fibrorinforzate o con betoncini fibrorinforzati a ritiro compensato. Nessun inserto metallico dovrà comunque avere un copriferro inferiore di quello minimo previsto per l'armatura lenta.

Le istruzioni e le specifiche di montaggio (previste al par. 11.8.5 delle NTC) dovranno contenere una procedura di posa in opera e controllo del sistema apparecchi di appoggio, cunei di compenso e sottostrutture, da condividere con il fornitore degli apparecchi di appoggio.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed 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, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di montaggio potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

2.3 PROVE E CONTROLLI

Laddove possibile le prove ed i controlli sui manufatti saranno effettuati in stabilimento.

La Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

2.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nei par. 11.1, 11.8.2 e 11.8.4 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

2.3.2 CONTROLLI SUI PRODOTTI E SUI MATERIALI

Si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

2.3.3 CONTROLLI SULLA PRODUZIONE E SUL MONTAGGIO

Controlli previsti nei par. 11.8.3 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

La Direzione Lavori potrà altresì verificare che la costruzione ed il montaggio dell'opera avvengano secondo le indicazioni di progetto, integrato dalle prescrizioni contenute nel presente capitolato e nelle norme UNI EN 13369, UNI EN 15258 e UNI EN 15050 (laddove queste non sia in contrasto con le NTC o con le indicazioni riportate nel presente capitolato) e nelle norme da queste richiamate.

2.3.4 CONTROLLI GEOMETRICI E DIMENSIONALI SUI MANUFATTI

La Direzione Lavori potrà effettuare controlli geometrici e dimensionali secondo quanto previsto nelle norme UNI EN 13369, UNI EN 15258 e UNI EN 15050.

Particolare attenzione deve essere posta alla "monta" delle travi presollecitate in stabilimento: tale deformazione, misurata prima del montaggio in opera, deve essere compatibile con la geometria della struttura stessa in relazione alle esigenze di montaggio (compatibilità con il requisito di planarità delle superfici orizzontali degli appoggi; monta differenziale tra travi della stessa campata, che può portare uno scorretto posizionamento delle dalles o dei trasversi; ecc.) e alle esigenze



dell'esercizio stradale (eccessiva ondulazione del piano carrabile; scorretto deflusso longitudinale dell'acqua di piattaforma).

2.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le strutture per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

2.5 MANUTENZIONE

Laddove non previsti in progetto, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di eventuale infiltrazione.

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione. Gli elementi chiusi e privi di idoneo "passo d'uomo" (quali, ad esempio, le travi con sezione ad U o ad Omega) dovranno essere dotati di apposite aperture che consentano l'introduzione e la movimentazione di telecamere, secondo modalità e procedure descritte "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti".
- Ispezione delle asolature dotate di griglie o reti antipassero.
- Le modalità di sollevamento degli impalcati per la sostituzione degli appoggi. In tal senso si dovranno fornire le seguenti informazioni: ubicazione dei martinetti; portata dei martinetti; entità del sollevamento (attenzione si dovrà porre al valore massimo consentito nelle strutture iperstatiche senza superare gli Stati Limite di Esercizio previsti in progetto); eventuali limitazioni all'esercizio stradale; eventuali conseguenze sui giunti; azioni caratteristiche, sia orizzontali (vento, eventuale frenatura) e sia verticali, agenti sui vincoli provvisori o sui martinetti durante le operazioni in parola. Per travate continue andrà indicata la possibilità di effettuare il sollevamento su una o più pile contemporaneamente e fornita l'entità del sollevamento per ogni pila interessata.



Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

2.6 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 13369
- UNI EN 15050
- UNI EN 15258

2.7 **MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE**

Le travi di impalcato saranno computate a metro lineare e contabilizzate con gli articoli previsti dall'Elenco Prezzi ANAS.

I manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio armato, normale o precompresso saranno contabilizzate secondo la relativa voce dell'Elenco Prezzi.

Quando, nell'esecuzione di impalcati, sono impiegate travi costruite fuori opera in c.a. o in c.a.p., di luce superiore a 2 m, il loro sollevamento, trasporto e collegamento in opera a qualsiasi altezza, sarà contabilizzato con i relativi articoli dell'Elenco Prezzi.

Se, in una stessa opera d'arte, sono impiegate travi di luci diverse, gli aumenti o le detrazioni per variazioni del numero delle travi, saranno applicate separatamente per gruppi di travi rientranti nella stessa classe di luci.

Per luci inferiori a 2 m, l'onere di sollevamento, trasporto e collocamento in opera è compreso negli articoli dell'Elenco prezzi relativi ai conglomerati cementizi.

L'armatura di sostegno di casseforme per getti in opera, a qualsiasi altezza, di solette su travi varate in c.a., c.a.p. o acciaio, anche per le parti a sbalzo, sarà computata in base alla superficie determinata misurando in larghezza, normalmente all'asse delle travi, la distanza tra i bordi delle travi o tra il bordo della trave ed il filo esterno dello sbalzo ed in lunghezza la distanza fra le testate della soletta misurata parallelamente all'asse delle travi. L'articolo di cui sopra comprende anche l'onere per la fornitura e messa in opera dell'armatura di sostegno delle casseforme per il getto dei traversi.

L'armatura di sostegno per le dalle impiegate come casseforme a perdere sarà contabilizzata con l'articolo dell'Elenco prezzi relativo alle armature di sostegno di casseforme per getto in opera di solette e traversi su travi varate.



3 OPERE IN C.A.P. A CAVI O BARRE POST TESI

Il presente Capitolato si applica a tutte le strutture in c.a.p. (sia prefabbricate e sia gettate in opera) post tese destinate alla realizzazione di ponti, viadotti, cavalcavia e sottovia. Per le strutture prefabbricate e post tese si applicano anche le disposizioni contenute nel capitolo dedicato agli elementi prefabbricati. Per i materiali di cui al Capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p. si rimanda alle indicazioni ivi contenute. Per l'esecuzione ed i controlli delle parti gettate in opera si applicano le norme UNI EN 13670, con riferimento ad una Classe di esecuzione pari a 3 e una Classe di tolleranza pari a 1.

Il sistema di precompressione è l'insieme dei componenti (ancoraggi, deviatori, armature di frettaggio, guaine con relativi sistemi di unione e collegamento, pasta di iniezione delle guaine, sistemi di sfiato e di iniezione delle guaine, accoppiatori ed accessori speciali) e delle attrezzature (pompe, martinetti, spingitrefoli, ecc.) che consentono l'installazione, tesatura e protezione di cavi scorrevoli composti da trefoli, fili o barre di acciaio per la presollecitazione di elementi strutturali.

L'Appaltatore dovrà impiegare sistemi di precompressione conformi al par. 11.5.1 delle Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC), **forniti da un unico produttore per l'intero appalto**. Nel caso di sistemi di precompressione a barre la fornitura del sistema di precompressione includerà anche le barre. L'installazione (posa in opera, messa in tensione e iniezione delle guaine) di tali sistemi dovrà essere effettuata da personale specializzato e dotato di una specifica esperienza e capacità per l'installazione di sistemi di post tensione. Detto personale dovrà avere i requisiti indicati nello ETA (European Technical Approval) del sistema di precompressione prescelto.

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC e nel presente capitolato.

3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali impiegati nella costruzione di strutture post tese (boiacche o paste di iniezione delle guaine, acciai da precompressione, malte e calcestruzzo) dovranno essere conformi ai requisiti richiesti dalle NTC e dal progetto esecutivo.

Per le caratteristiche delle boiacche o paste e per le relative procedure di iniezione delle guaine e di prova si farà riferimento alla norma UNI EN 445, UNI EN 446, UNI EN 447.

Per le caratteristiche delle guaine e per le relative procedure di prova si farà riferimento alle norme UNI EN 523 e UNI EN 524.



Per il calcestruzzo, in aggiunta a quanto indicato nella relativa sezione del presente capitolato dedicata ai calcestruzzi, saranno anche effettuate prove preliminari finalizzate alla determinazione del mix design adatto a soddisfare i requisiti previsti dal progetto esecutivo in termini di:

- evoluzione temporale della resistenza;
- evoluzione temporale della deformabilità;
- evoluzione temporale della creep;
- evoluzione temporale della ritiro.

3.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Le operazioni di montaggio/varo potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata ed 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, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo

3.2.1 PROGETTO COSTRUTTIVO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e dei prodotti, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto costruttivo delle opere, ovvero:

- c) elaborati costruttivi;
- d) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- specifiche di esecuzione;
- disegni costruttivi;
- relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio/varo;
- piano di monitoraggio topografico (laddove richiesto dalla Direzione Lavori);
- relazioni di calcolo dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi;



- relazione di calcolo delle opere, qualora modificate rispetto al progetto esecutivo.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

3.2.1.1 Specifiche di esecuzione

Le specifiche di esecuzione saranno redatte nel rispetto di quanto previsto nel progetto esecutivo e delle istruzioni fornite dal fornitore del sistema di precompressione. Le specifiche di esecuzione conterranno le eventuali prove, i criteri di valutazione delle non conformità e gli interventi necessari alla loro risoluzione.

Le specifiche richieste sono:

- La specifica sui materiali e prodotti impiegati, finalizzata alla definizione delle caratteristiche individuate per il progetto in parola e alle procedure di imballo, trasporto, magazzino, manipolazione e protezione temporanea.
- La specifica per il getto e la maturazione dei cls, tenendo in conto una Classe di maturazione pari a 4 (ai sensi della citata norma UNI EN 13670).
- La specifica di identificazione e rintracciabilità dei materiali e dei componenti.
- La specifica di montaggio del sistema di precompressione (che comprende: guaine, manicotti per guaine, attacchi per l'iniezione, sfiati, collegamenti per gli sfiati, drenaggi, raccordi agli ancoraggi e cappucci degli ancoraggi, sistema di sostegno della guaina durante il getto, ecc.).
- La specifica di controllo delle guaine, da effettuare prima dell'installazione dei trefoli.
- La specifica di tesatura dei cavi e controllo degli allungamenti, con relativa scheda di tesatura, con le tolleranze ammesse e la risoluzione delle eventuali non conformità attese in sito.
- La specifica di pulizia ed iniezione delle guaine, con relativa scheda di iniezione e disegni di posizionamento dei punti di iniezione e di sfiato.
- La specifica di protezione dei trefoli dopo la messa in tensione e prima dell'iniezione delle guaine.
- La specifica di sigillatura e protezione delle testate di ancoraggio dalla corrosione.
- La specifica di trasferimento di carico dai vincoli provvisori ai vincoli definitivi.
- La specifica per la messa in sicurezza delle strutture in condizioni speciali (es. venti eccezionali o cadute accidentali di alcuni elementi costruttivi) occorrenti durante il montaggio/varo.



3.2.1.2 Disegni costruttivi

I disegni costruttivi (carpenterie, armature, posizione e tracciato delle armature di precompressione, ecc.) costituiscono l'adattamento del progetto esecutivo al sistema di precompressione prescelto, alle modalità di montaggio/varo da impiegare e alla geometria dei vari elementi costruttivi, così come modificata dalle eventuali "contro frecce" costruttive. I disegni costruttivi includono anche i disegni dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi (derrick, carrivaro, ecc.) durante il montaggio/varo.

3.2.1.3 Relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio

La relazione tecnica e di calcolo della struttura durante il montaggio conterrà la descrizione del funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi, riportando, per ogni fase quanto segue:

- sequenza e tempistica di attuazione delle operazioni;
- posizionamento dei manufatti provvisori necessari alla movimentazione e al sostegno dei componenti costruttivi in relazione alle fasi di avanzamento della costruzione;
- sequenza delle tesature dei cavi di precompressione e calcoli degli allungamenti teorici;
- calcoli statici;
- resistenze dei cls attese per le diverse fasi della costruzione;
- attuazione delle eventuali distorsioni da indurre nella struttura;

3.2.1.4 Piano di monitoraggio topografico

Il piano di monitoraggio topografico è finalizzato al controllo topografico della struttura in corso di costruzione. Il piano di monitoraggio topografico sarà basato sulle deformazioni calcolate in sede di progettazione e dovrà riportare:

- la geometria attesa della deformata della struttura, con indicazione di un range di valori entro il quale i dati rilevati siano da ritenersi coerenti con le previsioni progettuali;
- le specifiche di controllo topografico della struttura e di controllo della temperatura nei punti significativi della struttura;
- le procedure correttive da adottare qualora i risultati ottenuti non fossero coerenti con le previsioni progettuali.

3.2.1.5 Relazione di calcolo delle opere modificate rispetto al progetto esecutivo

Tale relazione si rende necessaria qualora l'adattamento del progetto esecutivo al sistema di precompressione prescelto (es: attrito delle guaine, tracciato dei cavi, rientro dei cunei di bloccaggio, ecc.) e alle modalità di montaggio/varo da impiegare (es: sequenza e tempistica di costruzione, geometria degli elementi costruttivi, ecc.) e ai materiali (essenzialmente al cls) effettivamente previsti per la costruzione comporti una variazione dei parametri assunti alla base della progettazione



3.2.2 IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI MATERIALI

Per le strutture prefabbricate e post tese si applicano anche le disposizioni contenute nel capitolo dedicato agli elementi prefabbricati. Per i materiali di cui al Capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p. si rimanda alle indicazioni ivi contenute. Per gli altri materiali si rimanda alla "Specificazione di identificazione e rintracciabilità dei materiali e dei componenti" contenuta nel progetto costruttivo.

3.2.3 PRESCRIZIONI PARTICOLARI PER L'ESECUZIONE

3.2.3.1 Attrezzatura per la messa in tensione

Il sistema di misura dei martinetti dev'essere tarato. Il certificato di taratura (non anteriore di 6 mesi) deve comprendere una curva di taratura che stabilisca la correlazione fra i valori dati dal sistema di misura (manometro, trasduttore di forza o altro) ed il carico applicato dai martinetti. La tolleranza dei valori misurati dev'essere stabilita per tutta la gamma di taratura e non deve essere maggiore del 2% dei corrispondenti carichi applicati.

La taratura deve essere fornita da un laboratorio qualificato in conformità alle normative di legge vigenti (DPR 6 giugno 2001 n. 380 Art. 59).

Tutte le attrezzature devono subire la manutenzione ad intervalli regolari.

Solo in particolari esigenze costruttive, laddove non si possa utilizzare un martinetto multiplo, sarà ammesso, dietro preventiva approvazione della Direzione Lavori, l'utilizzo di martinetti di tipo monotrefolo.

3.2.3.2 Installazione dei cavi

Il tipo, la classe e le informazioni di rintracciabilità degli elementi di tensione dovranno essere registrati per ogni cavo.

I cavi di postensione dovranno essere messi in opera e legati all'armatura lenta e ai supporti in maniera tale che mantengano la loro posizione entro le tolleranze permesse (vedi 7.2.6 (1) e 10.6 EN 13670-1). I loro supporti dovranno essere progettati e posizionati in modo da evitare qualsiasi danno alle guaine e per limitare l'effetto di ondeggiamento seguendo le indicazioni fornite dal titolare dello ETA del sistema di precompressione; in assenza di tali indicazioni il posizionamento del cavo sarà assicurato ogni 50cm.

Durante la costruzione, i cavi dovranno essere adeguatamente sigillati contro la penetrazione di umidità.

3.2.3.3 Tesatura

La tesatura dovrà essere conforme ad un programma predisposto sulla base del progetto costruttivo. Il programma dovrà includere almeno:



- l'identificazione delle fasi di costruzione in cui si deve effettuare la tesatura del cavo;
- all'interno di ogni fase interessata, l'ordine in cui i cavi successivi devono essere tesati e, se necessario, i requisiti per le prove di attrito e le fasi di tesatura di ogni singolo cavo;
- per ogni cavo, la forza iniziale e l'allungamento corrispondente previsto;
- le tolleranze sulle forze iniziali e sugli allungamenti, in accordo alle norme vigenti o alle specifiche del progetto.

L'applicazione e/o il trasferimento della postensione ad una struttura dovrà essere fatto progressivamente ed è ammesso soltanto quando la resistenza del calcestruzzo è uguale o maggiore della resistenza minima a compressione specificata in relazione al sistema di postensione prescelto.

L'allungamento totale di ciascun cavo misurato in sito dovrà situarsi all'interno delle tolleranze indicate nello ETA del sistema di precompressione. In assenza di indicazioni è ammessa una tolleranza compresa tra +/- 15% dell'allungamento teorico calcolato. Scostamenti che eccedono i limiti indicati saranno tempestivamente sottoposti all'attenzione del Progettista. Nel caso di deviazione dalle prestazioni specificate durante la tesatura, non sono permessi il taglio delle estremità del cavo o l'iniezione. Non dovranno essere effettuate altre lavorazioni che possano ostacolare la ritessatura; queste saranno posticipate sino all'approvazione del rapporto con la revisione dei dati di tesatura.

Salvo diversamente indicato nelle specifiche di esecuzione, si raccomanda di non effettuare la tesatura con temperature ambiente inferiori a -10°C . La tesatura non dovrà comunque essere mai effettuata quando la temperatura della struttura è al disotto di $+5^{\circ}\text{C}$. Questa restrizione è legata alle difficoltà che si potrebbero incontrare in queste condizioni con il riempimento delle guaine, operazione che deve essere effettuata entro un breve tempo dalla tesatura.

Entro 7 giorni dalla tesatura i cavi dovranno essere iniettati, salvo diversamente indicato nelle specifiche di esecuzione.

3.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

La Direzione Lavori dovrà almeno effettuare i controlli previsti:

- nel Capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p. per i materiali ivi trattati.
- nella sezione del presente Capitolato dedicata alle strutture prefabbricate.
- nel cap. 11.5.1 delle NTC per i sistemi di precompressione.
- nel progetto costruttivo.



- Nella norma UNI EN 13670 per gli elementi gettati in opera.

Le operazioni di tesatura e di iniezione non potranno effettuarsi in assenza della Direzione Lavori.

3.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.

3.5 MANUTENZIONE

Laddove non previsti in progetto, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di eventuale infiltrazione.

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- Ispezione delle asolature dotate di griglie o reti antipassero.
- Le modalità di sollevamento degli impalcati per la sostituzione degli appoggi. In tal senso si dovranno fornire le seguenti informazioni: ubicazione dei martinetti; portata dei martinetti; entità del sollevamento (attenzione si dovrà porre al valore massimo consentito nelle strutture iperstatiche senza superare gli Stati Limite di Esercizio previsti in progetto); eventuali limitazioni all'esercizio stradale; eventuali conseguenze sui giunti; azioni caratteristiche, sia orizzontali (vento, eventuale frenatura) e sia verticali, agenti sui vincoli provvisori o sui martinetti durante le operazioni in parola. Per travate continue andrà indicata la possibilità di effettuare il sollevamento su una o più pile contemporaneamente e fornita l'entità del sollevamento per ogni pila interessata.
- Il richiamo alle parti del progetto costruttivo qualora sia stata eventualmente prevista la possibilità di installare precompressione aggiuntiva esterna successivamente all'entrata in esercizio dell'opera.

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.



3.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 13670
- UNI EN 445
- UNI EN 446
- UNI EN 447
- UNI EN 523
- UNI EN 524
- ETAG 013 – Linee Guida di Benestare Tecnico Europeo per i componenti di sistemi di postensione

3.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Il peso dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con il sistema a cavi scorrevoli sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto dei cavi, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di bloccaggio, per il numero dei fili componenti il cavo e per il peso unitario dei fili stessi, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm³.

Il peso dell'acciaio in barre per calcestruzzi precompressi sarà determinato moltiplicando lo sviluppo teorico di progetto delle barre, compreso tra le facce esterne degli apparecchi di ancoraggio, per il peso unitario della barra, calcolato in funzione del diametro nominale e della massa volumica dell'acciaio di 7,85 kg/dm³.

L'articolo di Elenco prezzi dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato precompresso comprende la fornitura dell'acciaio, tutti gli oneri necessari per dare l'acciaio in opera a perfetta regola d'arte ed inoltre:

- a) per il sistema a cavi scorrevoli e per il sistema a barre:

la fornitura e posa in opera delle guaine, comprese le relative giunzioni; la fornitura e posa in opera dei ferri distanziatori dei cavi e dei sistemi di stabilizzazione delle guaine durante il getto; le legature delle guaine costituenti ciascun cavo ad intervalli di 50 cm; le iniezioni delle guaine dei cavi; le teste e le piastre di ancoraggio; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali per la messa in tensione di cavi e per il bloccaggio dei dispositivi; gli accoppiatori;

- b) per il sistema a fili aderenti:

la fornitura e posa in opera dei dispositivi di posizionamento dei fili all'interno della struttura, degli annessi metallici ed accessori di ogni tipo; la mano d'opera, i mezzi ed i materiali neces-



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

sari per la messa in tensione dei fili, per il bloccaggio degli stessi e per il taglio a stagionatura avvenuta della struttura, delle estremità dei fili non annegate nel conglomerato cementizio; la perfetta sigillatura delle sbrecciature nell'intorno dei fili tagliati sulla superficie delle testate della struttura;



4 APPOGGI E DISPOSITIVI ANTISISMICI

Il presente capitolato si applica agli appoggi strutturali (in seguito definiti semplicemente appoggi) di cui al cap. 11.6 dalle vigenti Norme Tecniche per le costruzioni (di seguito semplicemente chiamate NTC) e ai dispositivi antisismici (in seguito definiti semplicemente dispostivi) di cui al cap. 11.9 delle NTC.

Ai sensi delle suddetta normativa gli appoggi strutturali e i dispositivi antisismici dovranno recare la marcatura CE.

Per le malte o le resine necessarie al collegamento dei suddetti elementi alle strutture dell'opera si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

L'Appaltatore dovrà fornire ad ANAS il nominativo del fornitore degli appoggi e dei dispositivi, unitamente alla documentazione richiesta per essi NTC.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC, nel presente capitolato, nella norma UNI EN 1337 per gli appoggi, nella norma UNI EN 15129 per i dispositivi e nelle norme da queste richiamate.

Per gli appoggi e per i dispositivi antisismici di opere sovrappassanti linee ferroviarie si farà riferimento anche alla specifica RFI "Specifiche per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia".

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

4.1 CARATTERISTICHE

4.1.1 TEMPERATURE DI ESERCIZIO

Gli appoggi e i dispositivi in parola dovranno essere progettati e costruiti per lavorare nel campo delle temperature comprese tra T_{min} e T_{max} .

Il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni è riportato nell'Appendice A.

Il valore della temperatura di esercizio influenza particolarmente sul comportamento dei dispositivi antisismici contenenti fluidi viscosi.

Il valore di T_{min} e T_{max} dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

4.1.2 PROTEZIONI ANTI POLVERE E ANTI CORROSIVA



Per la protezione anticorrosiva si farà riferimento ad una classe di esposizione ambientale pari a C5-I o C5-M secondo la normativa EN ISO 12944-2. Per la durabilità della protezione si farà riferimento al livello "alto" (High) secondo la normativa EN ISO 12944-5.

Gli appoggi saranno dotati di completa protezione antipolvere realizzata con raschia polvere e soffiotti neoprene che si estenderanno per tutta l'escursione dell'apparecchio. I fermi e i contrasegni degli appoggi dovranno essere visibili o ubicati all'esterno della protezione.

Il valore della Vita Utile dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

4.1.3 PREREGOLAZIONE

La pre-regolazione è talvolta necessaria per far fronte ai movimenti differiti nel tempo degli impalcati in cls e ai movimenti giornalieri e stagionali dovuti alla variazione termica.

In sede di progetto si dovrà tenere in conto di entrambi i suddetti fenomeni e, laddove ritenuto necessario, contrastarli con idonea prerregolazione di apparecchi e dispositivi.

Laddove possibile la prerregolazione dovrà essere effettuata in officina; interventi di prerregolazione in cantiere potranno essere eseguiti soltanto dal personale del produttore degli appoggi e dei dispositivi.

Per la misura della temperatura della struttura si potrà fare riferimento a misure dirette o a correlazioni tra la temperatura dell'aria e quella della struttura stessa. A tal fine si farà riferimento ai seguenti documenti:

- Appendice C della UNI EN 1337-1;
- Appendice B della UNI EN 1337-10;
- Figura 6.1 dell'Eurocodice 1 parte 1.5 (EN 1991-1.5).

Gli apparecchi e i dispositivi saranno dotati, laddove non palesemente impossibile, di scala graduata e di indice di misura per lo scorrimento.

I valori e le modalità della prerregolazione saranno indicati nelle specifiche tecniche di posa in opera.

La prerregolazione dei dispositivi e degli appoggi sarà chiaramente indicata tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche e nel "Rapporto di ispezione iniziale".

4.1.4 COLLEGAMENTO ALLE STRUTTURE



Le piastre di base degli apparecchi d'appoggio non muniti di contropiastro 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.

La contropiastro superiore collegata ad una travata in c.a. o c.a.p. dovrà essere posta ad una distanza di almeno 10cm dalla testata e dai lati della trave stessa.

4.1.4.1 Verifica delle zanche di collegamento ai baggioli in c.a.

Per limitare le pressioni di contatto sul calcestruzzo il diametro delle zanche deve essere determinato attraverso modellazioni agli elementi finiti considerando un vincolo superiore a cerniera. In assenza del suddetto calcolo rigoroso il diametro minimo "Dmin" delle zanche non deve, risultare inferiore a:

$$D_{min} = \text{radq}(3.5 \cdot V / 2.5 \cdot \text{radq}(R_{ck} \cdot f_{yk}))$$

dove:

- V = forza di taglio (SLU o SLC) agente sulla zanca;
- R_{ck} = resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo;
- f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio della zanca

,prevedendo una lunghezza della zanca almeno pari al valore massimo tra 25cm e $3 \cdot D_{min}$.

La forza orizzontale trasmessa dalla zanca al cls dovrà poi essere equilibrata da armatura metallica idoneamente disposta intorno ad essa.

4.1.5 SOSTITUZIONE

Tutti gli appoggi e i dispositivi dovranno essere sostituibili secondo i seguenti criteri:

- senza effettuare alcuna traslazione orizzontale dell'impalcato;
- con sollevamento massimo non eccedente 20mm.

Le modalità di sostituzione ed in particolare l'entità del sollevamento massimo necessario saranno chiaramente indicate nelle specifiche tecniche dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere.

4.2 MODALITÀ DI INSTALLAZIONE

Per l'installazione degli appoggi l'Appaltatore si atterrà alla UNI EN 1337-11. Tale norma sarà di riferimento anche per i dispositivi.

L'installazione avverrà come indicato nel "Manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera".

Le operazioni di montaggio potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.



Dopo la posa in opera, l'Appaltatore redigerà il "Rapporto di ispezione iniziale" ai sensi dei par. 5 e 7 della UNI EN 1337-11. Tale documento farà parte del "Piano di manutenzione dell'opera".

4.2.1 PROGETTO COSTRUTTIVO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e degli appoggi, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina di appoggi e dispositivi, ovvero:

- a) elaborati costruttivi;
- b) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- i disegni di officina;
- i disegni di installazione (per i quali si farà sempre riferimento al par. 4 della Uni EN 1337-11);
- le specifiche tecniche;
- il manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera;
- la relazione di calcolo.

Nei suddetti documenti dovranno essere evidenziati:

- il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento; dovranno essere esposti separatamente i contributi dovuti alle variazioni termiche e alle deformazioni viscosi ed al ritiro del calcestruzzo;
- l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- le modalità di collegamento alle strutture;
- le modalità e i materiali per la rettifica e correzione di eventuali non conformità riscontrabili in sito rispetto alle geometrie attese per il collegamento.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

4.3 PROVE E CONTROLLI

Laddove possibile le prove ed i controlli saranno effettuati prima del montaggio finale in opera.



Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

4.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nei par. 11.1 (marcatura CE) 11.6 e 11.9 delle NTC e a quanto indicato nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza del manuale contenente le specifiche tecniche di posa in opera, nonché, in fase di esecuzione, curare che l'installazione avvenga in coerenza con dette specifiche.

4.3.2 PROVE DI ACCETTAZIONE

Controlli previsti nei par. 11.6 e 11.9 delle NTC delle NTC e a quanto altro indicato nel presente capitolato.

Per gli appoggi le prove di cui par. 11.6 delle NTC saranno eseguite secondo le stesse modalità delle prove di qualificazione.

Per i dispositivi le prove di cui par. 11.9 delle NTC saranno eseguite secondo quanto più restrittivo tra le NTC e la UNI EN 15129.

4.3.3 CONTROLLI SULLA ESECUZIONE

La Direzione Lavori verificherà che l'esecuzione dell'opera avvenga secondo le indicazioni e le previsioni del progetto d'officina, integrato dalle prescrizioni contenute nel presente capitolato e nella norma UNI EN 1337-11.

4.4 PROVE DI CARICO E COLLAUDO

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

La Direzione Lavori dovrà redigere apposito verbale da consegnare all'Appaltatore ed al collaudatore che riporti l'esito dell'ispezione.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico, se previste, ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte secondo le prescrizioni di legge.



4.5 MANUTENZIONE

Per la redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si farà riferimento, sia per gli appoggi e sia per i dispositivi, alla UNI EN 1337-10. Tale documento sarà di riferimento sia per le modalità di ispezione e sia per la documentazione (schede tipologiche) ivi suggerita.

Il "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" conterrà anche:

- Il Rapporto di ispezione iniziale;
- I percorsi e le modalità di accesso alle parti oggetto di ispezione.
- La frequenza delle ispezioni periodiche e principali;
- Le schede per l'ispezione, adattate agli apparecchi e dispositivi del progetto;
- La Vita Utile;
- L'evoluzione temporale attesa della cinematica dei vincoli in conseguenza delle variazioni volumetriche differite del cls.
- Le specifiche per la sostituzione;

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

4.6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le costruzioni
- UNI EN 1337
- UNI EN 15129

4.7 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme.

L'unità di misura delle lavorazioni sarà riferita al numero di elementi posti in opera o in alternativa al volume degli elementi stessi misurato in dm³



5 GIUNTI DI ESPANSIONE

Il presente capitolato si applica ai coprigiunti di espansione/contrazione (in seguito definiti semplicemente appoggi).

Per le malte o le resine necessarie al collegamento dei suddetti elementi alle strutture dell'opera si rimanda al capitolato dedicato ai calcestruzzi e acciai per c.a. e c.a.p.

L'Appaltatore dovrà fornire ad ANAS il nominativo del fornitore dei giunti.

L'Appaltatore dovrà eseguire le opere nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto esecutivo, nelle NTC e nel presente capitolato. La norma ETAG costituisce altresì un utile riferimento.

Per i giunti di opere sovrappassanti linee ferroviarie si farà riferimento anche alla specifica RFI "Specifiche per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia".

L'ANAS si riserva la facoltà di procedere alla verifica di quanto sopra riportato anche mediante ispezione di personale qualificato.

5.1 CARATTERISTICHE

5.1.1 TEMPERATURE DI ESERCIZIO

I dispositivi in parola dovranno essere progettati e costruiti per lavorare nel campo delle temperature comprese tra T_{min} e T_{max} .

Il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni è riportato nell'Appendice A.

Il valore di T_{min} e T_{max} dei dispositivi e degli appoggi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

5.1.2 VITA UTILE

Il valore della Vita Utile, di cui al par. 2.3.4 della ETAG 032-1 dei dispositivi forniti in cantiere sarà chiaramente indicato tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche.

Non sono ammessi valori di Vita Utile inferiori a 15 anni.

5.1.3 PREREGOLAZIONE

La pre-regolazione è talvolta necessaria per far fronte ai movimenti differiti nel tempo degli impalcati in cls e ai movimenti giornalieri e stagionali dovuti alla variazione termica.



In sede di progetto si dovrà tenere in conto di entrambi i suddetti fenomeni e, laddove ritenuto necessario, contrastarli con idonea prerogolazione di apparecchi e dispositivi.

Laddove possibile la prerogolazione dovrà essere effettuata in officina; interventi di prerogolazione in cantiere potranno essere eseguiti soltanto dal personale del produttore dei giunti.

Per la misura della temperatura della struttura della struttura si potrà fare riferimento a misure dirette o a correlazioni tra la temperatura dell'aria e quella della struttura stessa. A tal fine si farà riferimento ai seguenti documenti:

- Appendice C della UNI EN 1337-1;
- Appendice B della UNI EN 1337-10;
- Figura 6.1 dell'Eurocodice 1 parte 1.5 (EN 1991-1.5).

I valori e le modalità della prerogolazione saranno indicati nelle specifiche tecniche di posa in opera.

La prerogolazione sarà chiaramente indicata tra le caratteristiche prestazionali elencate nelle specifiche tecniche e nel "Rapporto di ispezione iniziale".

5.1.4 SOLLEVAMENTO DIFFERENZIALE DELLE TESTATE DEL VARCO

I giunti devono essere progettati per permettere, senza alcun danno e per qualsiasi ampiezza di funzionamento del varco ed in soggiacenza dell'esercizio stradale, un sollevamento differenziale dovuto agli interventi di manutenzione sugli appoggi non inferiore a 3cm.

L'entità del sollevamento differenziale massimo necessario sarà chiaramente indicata nelle specifiche tecniche del giunti forniti in cantiere.

5.1.5 AGGRESSIVITÀ AMBIENTALE

I giunti, le malte e i collegamenti metallici devono essere progettati per essere sempre ubicati su strade con frequente uso di sali disgelanti.

Tale caratteristica sarà chiaramente indicata nelle specifiche tecniche del giunti forniti in cantiere.

5.1.6 DIMENSIONE DEI VARCHI

Il varco, cioè la distanza da lasciare tra le testate delle solette dell'impalcato a temperatura media ambiente, dovrà essere pari a quanto definito nelle schede tecniche del giunto fornite dal produttore.



5.1.7 SCOSSALINA

Mediante l'impiego di un'opportuna scossalina, il giunto dovrà drenare l'acqua dalla testata degli impalcato evitando possibili danneggiamenti alle travi, agli apparecchi di appoggio nonché ai pulvini. La scossalina dovrà essere disposta su tutta la larghezza dell'impalcato. Laddove le acque raccolte dalla scossalina creino uno stillicidio sulle sottostanti strutture, queste verranno raccolte e allontanate mediante un apposito sistema di collettamento.

5.1.8 GIUNTI SUI CORDOLI E SUI MARCIAPIEDI DI SERVIZIO

Sui cordoli e sui marciapiedi di servizio si dovranno prevedere dei copri varchi metallici solidali ad un impalcato e scorrevoli sull'altro. Tali elementi, in lamiera striata, saranno installati prima della posa del binder. La protezione contro la corrosione sarà garantita da zincatura a caldo per una classe di esposizione ambientale pari a C5-I o C5-M secondo la normativa EN ISO 12944-2. Per la durabilità della protezione si farà riferimento al livello "alto" (High) secondo la normativa EN ISO 12944-5.

5.2 MODALITÀ DI INSTALLAZIONE

L'installazione avverrà come indicato nelle specifiche tecniche per la posa in opera, fornite dal produttore del giunto.

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 antiritiro premiscelate.

5.2.1 PROGETTO COSTRUTTIVO

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e dei giunti, all'esame ed all'approvazione della D.L. il progetto d'officina, ovvero:

- a) elaborati costruttivi;
- b) una relazione recante evidenza delle modifiche tecniche eventualmente apportate rispetto al progetto esecutivo.

In particolare gli elaborati costruttivi saranno composti da:

- i disegni di officina;
- le specifiche tecniche;



L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

5.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

5.3.1 CONTROLLI DOCUMENTALI

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche di posa in opera, nonché, in fase di esecuzione, curare che l'installazione avvenga in coerenza con dette specifiche.

5.3.2 PROVE DOPO L'INSTALLAZIONE

Per verificare la funzionalità del giunto dopo l'installazione potranno essere effettuate delle prove di tenuta all'acqua.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione della prova, su ogni giunto dovranno essere irrorati 1000 litri di acqua nel tempo di 15 - 20 minuti avendo cura che questa venga distribuita uniformemente sull'intera lunghezza del coprigiunto.

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 indicando, per le eventuali prove negative, sia i difetti riscontrati che i loro punti di ubicazione.

5.4 MANUTENZIONE

Nella redazione del "Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" si dovrà dare particolare attenzione ai seguenti aspetti, considerati peculiari per le strutture in parola.

- La Vita Utile;
- L'evoluzione temporale attesa della cinematica del giunto in conseguenza delle variazioni volumetriche differite del cls.



- Le specifiche per la sostituzione;
- L'entità del sollevamento differenziale ammissibile delle testate del varco per la sostituzione degli appoggi e la circostanza che tale sollevamento differenziale possa avvenire senza alcun danno e per qualsiasi ampiezza di funzionamento del varco ed in soggiacenza dell'esercizio stradale.

Come previsto dalla normativa vigente il Manuale di manutenzione deve prevedere anche la collocazione nell'intervento delle parti menzionate e la loro rappresentazione grafica.

5.5 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Norme Tecniche per le costruzioni
- ETAG 032

5.6 **MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE**

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme.

L'unità di misura delle lavorazioni sarà riferita al ml di elementi posti in opera.



6 IMPERMEABILIZZAZIONI DELLA SOLETTA

6.1 CAPPa DI ASFALTO SINTETICO

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiaccia (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa.

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte sarà realizzata mediante applicazione per colata di cappa di mastice di asfalto sintetico di spessore finito non inferiore a 10 mm.

6.1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.1.1.1 Legante

Dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 Trinidad Epureè in rapporto di 5 a 1 in peso. In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della Direzione Lavori, altri bitumi naturali (quali il Selenitza) o gomme termoplastiche, del tipo approvato dalla Direzione Lavori. I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione.

Il legante sarà dosato in ragione del 15% - 19% in peso sulla miscela degli inerti (corrispondenti al 13% - 16% in peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel filler asfaltico.

Il bitume 40/50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra $-0,5 < IP < +0,5$ calcolato secondo la formula:

$$IP = \frac{20u - 500v}{u + 50v}$$

in cui:

- $v = \log 800 - \log$ penetrazione a 25 C
- $u =$ temperatura di P. e A. in C detratti 25 c

6.1.1.2 Filler

Dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 UNI e per il 90% al setaccio UNI 0,075.

Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela di bitume 40/50 e filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di almeno 15 C superiore a quello del bitume puro.

6.1.1.3 Sabbia



Dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 mm UNI, pulita ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben graduata da 0,075 a 2,5 mm (sarà tollerato al massimo un 5% in peso passante al setaccio 0,075 mm UNI), contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela degli inerti.

6.1.1.4 Miscela finale

La parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (V) compresa tra 18 e 23%.

Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre un'eccedenza compresa tra il 7% ed il 10% ($V_b - V = 7 - 10$ in cui V_b è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale).

Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle indicazioni sopra esposte, dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova WILHELMI (Norma DIN 1966) compreso tra 100 e 115 C.

Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa dovrà presentare valori tra 100 e 130 C.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie nonché campioni del rapporto finito e dei materiali componenti compresi i primer di attacco, in modo che su di essi possano essere effettuate preventivamente tutte le prove eventualmente richieste dalla Direzione lavori.

Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale e comunque rientranti in tutti i limiti espressi in precedenza.

6.1.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

La confezione del mastice di asfalto colato verrà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Direzione Lavori, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire.

Tassativamente, si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie deve essere fatto a peso.

La scelta delle procedure di messa in opera sarà sottoposta alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori; in ogni caso, occorre che le apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.



La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo e uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm e max di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

Il manto finale dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Dopo la pulizia dell'estradosso di soletta seguirà la stesa di un idoneo primer costituito da idonee miscele bituminose spruzzate a caldo. Tali miscele dovranno avere elevato potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo dell'evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Le quantità da stendere saranno di norma di 0,5-0,7 Kg/m².

Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporizzazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto, mediante colamento del materiale a temperatura di 200 C (± 10 C); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con frattazzi di legno.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La posa in opera del mastice non verrà effettuata quando, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8 C.

Il mastice di asfalto deve essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare di spessore costante, in modo che tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, siano portate a livello.

Sulla parete interna dei cordoli (per tutta l'altezza) dovrà essere estesa a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una porzione di ridotto spessore del mastice.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, non sia inferiore a 140 C.

6.1.3 PROVE E CONTROLLI



Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

6.1.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche approvate di posa in opera. Dovrà altresì verificare le certificazioni per i materiali impiegati.

6.1.3.2 Prove in sito

Il Direttore Lavori dovrà, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate di posa in opera.

Prove di verifica degli spessori mediante carotaggi, di verifica della composizione delle miscele e della qualità dei materiali potranno essere richieste.

6.2 MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiaccia (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa. Le superfici da impermeabilizzare dovranno essere lisce, coerenti, esenti da asperità o avvallamenti. Dovranno essere garantiti valori di planarità a $2 \text{ m} \leq 10 \text{ mm}$, a $0,2 \text{ m} \leq 3 \text{ mm}$ e di rugosità e dislivello $\leq 3 \text{ mm}$.

6.2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.2.1.1 Primer

Sarà del tipo indicato come "Bitumi modificati per mani d'attacco - soft" nel Capitolato dedicato alle Pavimentazioni stradali/autostradali

6.2.1.2 Legante

Sarà del tipo indicato come "Bitumi modificati con aggiunta di polimeri" nel Capitolato dedicato alle Pavimentazioni stradali/autostradali

6.2.1.3 Armatura



Sarà costituita da tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene coesionato mediante agugliatura meccanica, calandrato e stabilizzato ai raggi UV. Le caratteristiche del tessuto dovranno essere:

- peso del tessuto non tessuto: 150-200 gr/m²;
- resistenza alla rottura per trazione e allungamento a rottura, a 20°C non inferiore a: 400N (ASTM-D1682);
- allungamento a rottura : 5,5% (ASTM-D 1682),
- perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose

6.2.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE

Si provvederà, al fine di garantire una perfetta adesione tra manto impermeabile e supporto in cls, alla stesa del primer applicato mediante spruzzo "airless".

Sulla superficie così pretrattata verrà steso il primo strato di legante per uno spessore non inferiore a 2mm.

L'armatura sarà immediatamente disposta sopra il legante curando la perfetta adesione con il legante in ogni punto ponendo particolare attenzione alla adesione nelle zone di sormonto.

Verrà quindi il secondo strato di legante per uno spessore non inferiore a 2mm.

La posa in opera del primer o del legante non verrà effettuata quando, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 8 C.

Il legante deve essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare di spessore costante, in modo che tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, siano portate a livello.

Sulla parete interna dei cordoli (per tutta l'altezza) dovrà essere esteso, previa mano di primer di ancoraggio, il primo strato di legante.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici ed il legante dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.



L'impermeabilizzazione dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, non sia inferiore a 140 C.

6.2.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

6.2.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche approvate di posa in opera. Dovrà altresì verificare le certificazioni per i materiali impiegati.

6.2.3.2 Prove in sito

Il Direttore Lavori dovrà, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate di posa in opera.

Prove di verifica degli spessori mediante carotaggi, di verifica della composizione delle miscele e della qualità dei materiali potranno essere altresì richieste.

Potranno essere eseguite prove le prove di adesione descritte nella sezione dedicata alle guaine bituminose preformate ed armate.

6.3 MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON GUAINES BITUMINOSE PREFORMATE ED ARMATE

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiaccia (o di malta cementizia); prima dell'applicazione del mastice, si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa. Le superfici da impermeabilizzare dovranno essere lisce, coerenti, esenti da asperità o avallamenti. Dovranno essere garantiti valori di planarità a $2\text{ m} \leq 10\text{ mm}$, a $0,2\text{ m} \leq 3\text{ mm}$ e di rugosità e dislivello $\leq 3\text{ mm}$.

La superficie da impermeabilizzare avrà minimo 2 settimane di stagionatura e si presenterà asciutto al tatto. In ogni caso, prima di procedere alla posa del manto impermeabile, l'Appaltatore sarà tenuto a verificare l'effettiva asciugatura del supporto mediante il seguente metodo:



- Posare a secco un pezzo di membrana bituminosa (dim. min. 50x50 cm) sul supporto per un'intera notte (in assenza di precipitazioni).
- Il mattino successivo verificare che la faccia inferiore della membrana bituminosa sia asciutta; in tal caso si potrà procedere con le opere di impermeabilizzazione. La presenza di umidità sulla faccia inferiore della membrana, a fronte di tale verifica, è sintomatica di una non totale asciugatura del supporto e comporta un'ulteriore attesa in vista di una nuova verifica.

6.3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.3.1.1 Primer bituminoso

Vernice di impregnazione bituminosa a freddo, costituita da bitume di petrolio in solventi idrocarburi.

Questa vernice di impregnazione è concepita per migliorare l'aderenza delle membrane e dei prodotti di impermeabilizzazione a base di bitume su supporti porosi o assorbenti.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

Massa volumica	0,90 kg/l
Residuo secco	55 %
Punto di infiammabilità Pensky Martens	35 °C

6.3.1.2 Membrana impermeabile bituminosa per strutture carrabili, con doppia armatura in velo di vetro e TNT di poliestere

Membrana impermeabile, spessore 5 mm, ottenuta da impregnazione di un non-tessuto di poliestere e di un velo di vetro, per mezzo di una miscela di bitume specifico, di poliolefine atattiche termoplastiche nobili (TPO) e di un sistema di ignifugazione senza alogeni.

All'interno della membrana, le armature sono decentrate verso la metà superiore rispetto al piano mediano. Il velo di vetro è diviso dal non-tessuto di poliestere e la sua presenza è visibile sulla faccia superiore della membrana.

Il sistema di gestione della produzione e del controllo della membrana sarà certificato ISO 9001.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

Spessore EN 1849-1	5 mm
Stabilità di forma a caldo EN 1110	≥ 140°C
Flessibilità alla produzione EN 1109	-20 °C



Resistenza a trazione longitudinale EN 12311-1	1200 N/5 cm
Resistenza a trazione trasversale EN 12311-1	1200 N/5 cm
Allungamento a rottura longitudinale EN 12311-1	50 %
Allungamento a rottura trasversale EN 12311-1	50 %
Stabilità dimensionale EN 1107-1	≤ 0,20 %
Resistenza alla lacerazione EN 12310-1	250 N
Resistenza all'urto EN 12691 (B)	≥ 2000 mm
Resistenza al punzonamento statico EN 12730 (A)	≥ 25 Kg
Reazione al fuoco EN 13501-1	Classe E

6.3.1.3 Resina liquida impermeabilizzante per risvolti verticali sui cordoli

Resina impermeabilizzante bicomponente, pigmentata, a base di polimetilmetacrilato (PMMA) armata con tessuto non tessuto speciale da 110 g/m², flessibile alle basse temperature, permeabile al vapore, resistente agli agenti atmosferici (UV, IR, ecc.), elastica e resistente alle sollecitazioni meccaniche e all'usura.

Il prodotto garantisce una ottima aderenza su supporti di varia natura e sarà utilizzato per i risvolti verticali del sistema impermeabile.

Durante l'esecuzione la temperatura superficiale deve essere almeno di 3 °C superiore al punto di rugiada e sempre compresa fra -5°C e +40°C; la temperatura del supporto deve essere compresa fra -5°C e +50°C.

I dosaggi di miscelazione saranno indicati nella scheda del produttore in funzione della temperatura dell'aria.

SCHEDA TECNICA CON CARATTERISTICHE MINIME DA GARANTIRE:

Densità	1,30 – 1,35 g / cm ³
Viscosità	38 – 42 dPa * s
Resistenza al calore	250 C°

6.3.2 MODALITÀ DI APPLICAZIONE



I fori destinati ad accogliere i bocchettoni di scarico dovranno presentare un incavo profondo $1,5 \div 2$ cm per evitare che lo spessore della flangia del bocchettone e degli strati impermeabilizzanti determinino un rialzo attorno al foro con conseguente ristagno d'acqua.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

L'impermeabilizzazione dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

Si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, sia compresa tra 160 C e 180 C.

6.3.2.1 Disposizione dei teli

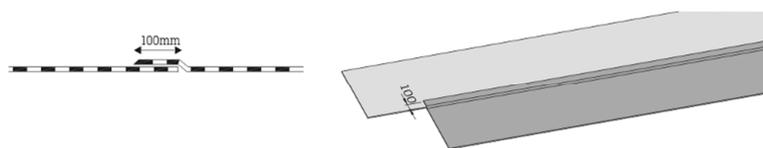
Prima della posa i rotoli vanno svolti e allineati per predisporre le sovrapposizioni. Successivamente i fogli vanno riavvolti per procedere con la messa in opera a fiamma. Le sormonte di testa dei fogli impermeabili non dovranno essere disposte lungo un'unica linea, ma sempre alternate. I teli dovranno prevedere le sormonte a "favore d'acqua" o a "tegola", cioè sovrapponendoli partendo sempre dagli scarichi o dagli impluvi.

6.3.2.2 Sormonte laterali e di testa

Laterali: sono le giunzioni che corrono nel senso della lunghezza dei fogli. Devono sempre essere saldati con bruciatore di sicurezza, su tutta la loro larghezza di 10 cm, ed essere pressati con un rullo di ± 15 kg che garantisca la continuità della saldatura. Una piccola quantità di bitume deve uscire dal giunto di sormonto. Il cordolo di bitume può essere smussato con la punta della cazzuola scaldata.

Di testa: si riferiscono alla giunzione del lato più corto del telo. Anche questo è un punto da curare con attenzione. Devono sempre essere saldati con bruciatore di sicurezza, su tutta la loro larghezza di 15 cm, ed essere pressati con un rullo di ± 15 kg che garantisca la continuità della saldatura. Una piccola quantità di bitume deve uscire dal

giunto di sormonto. Il cordolo di bitume può essere smussato con la punta della cazzuola scaldata.





6.3.2.3 Applicazione

Prima di procedere alla posa del manto impermeabile si provvederà a stendere sul supporto un primer di impregnazione bituminoso in ragione di 150-200 gr/m², per mezzo di pistola airless o rullo. Le mancanze saranno riprese e gli accumuli in eccesso scartati. Il lavoro sarà interrotto in caso di pioggia. Tempo di asciugatura: dalle 3 alle 24 ore (per permettere l'evaporazione dei solventi contenuti nella vernice) in funzione delle condizioni climatiche e del supporto. La membrana sarà applicata solo dopo la completa essiccazione del primer.

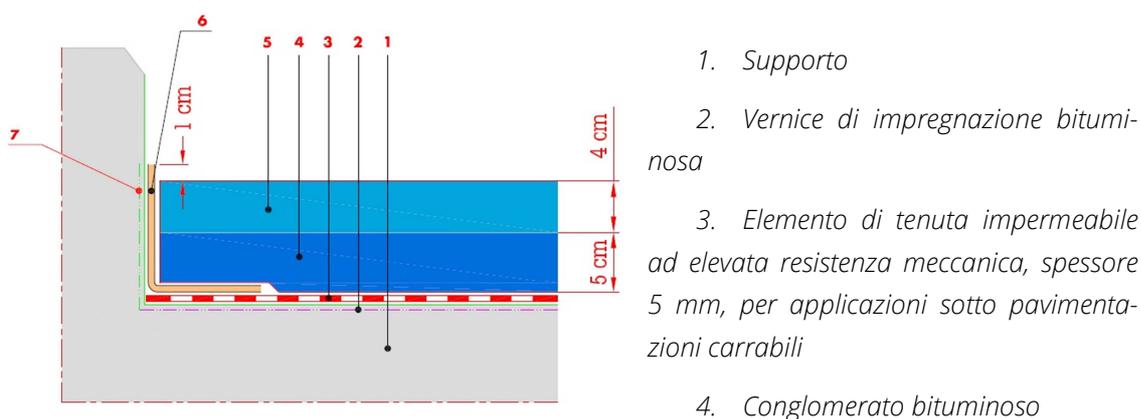
Il collegamento della membrana al piano di posa è eseguito a fiamma; la sfiammatura della miscela dei rotoli, con fiamma di un bruciatore a gas propano, dovrà interessare contemporaneamente sia la membrana che il supporto di posa, con prevalenza sul rotolo. Man mano che si procede con il riscaldamento, si annerisce la faccia talcata/sabbiata fino ad assumere un aspetto lucido, a questo punto la membrana sarà pronta per essere svolta e fatta aderire al supporto. In ogni caso dovranno essere rispettati i valori di resistenza ad estrazione di progetto, fra piano di posa e membrana.

La messa in opera dei teli impermeabili potrà anche essere di tipo meccanico, ovvero utilizzando un sistema di posa semi-automatico costituito da macchinari in grado di garantire i valori di resistenza ad estrazione di progetto. In ogni caso i dettagli di raccordo con i risvolti verticali dei cordoli dovranno essere realizzati manualmente.

6.3.2.4 Risvolti verticali

I risvolti verticali del sistema impermeabile saranno realizzati con materiali a freddo di tipo liquido quali resine bi-componenti in polimetilmetacrilato (PMMA).

La posa della resina prevede l'applicazione preventiva di idoneo primer sulle superfici da trattare. Successivamente applicare una mano abbondante di prodotto sull'area da trattare, posare l'armatura in tessuto non tessuto sulla resina fresca assicurandosi che non rimangano bolle d'aria e che il tessuto sia completamente saturo, in seguito ricoprire il tessuto con una seconda mano di resina.





5. *Tappeto di usura*
6. *Impermeabilizzazione con resina bi-componente a base di PMMA, con interposta armatura in Tessuto Non Tessuto, spessore totale 3 mm*
7. *Vernice di impregnazione per risvolto verticale in resina PMMA, da apporre prima dell'applicazione dell'elemento 6*

6.3.3 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

6.3.3.1 Controlli documentali

Controlli previsti nel presente capitolato.

Il Direttore Lavori dovrà verificare, in fase di accettazione, la presenza di specifiche tecniche approvate di posa in opera. Dovrà altresì verificare le certificazioni per i materiali impiegati.

6.3.3.2 Prove in sito

Il Direttore Lavori dovrà, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate di posa in opera.

Prove di verifica degli spessori mediante carotaggi, di verifica della composizione delle miscele e della qualità dei materiali potranno essere altresì richieste.

Al fine di verificare la corretta adesione della guaina al cls, la Direzione Lavori dovrà ordinare prove di adesione eseguite sul manto impermeabile prima della stesa del binder. Le prove saranno effettuate in presenza della DL.

Le prove saranno eseguite in ragione di almeno una ogni 4 campate a scelta della Direzione Lavori (con un minimo di una prova per opere con meno di 4 campate).

La prova consiste nello strappo di 6 piastrine metalliche di diametro compreso tra 5,00 e 10,00cm. Le piastrine saranno incollate in punti scelti dalla Direzione Lavori e ubicati su un reticolo cartesiano di lato non inferiore a 200cm. L'adesione delle piastrine al manto sarà ottenuta a mezzo di resine epossidiche, previa accurata pulizia del manto e sabbatura della piastrina. Il manto sarà tagliato lungo la circonferenza delle piastrine dopo la presa del collante e prima dell'esecuzione della prova.

La prova avrà esito positivo se:

- ogni punto di prova avrà adesioni superiori a 0,80 kg/cm².
- il valor medio di tutte le prove dovrà essere superiore a 1,00 kg/cm².



In caso di fallimento della prova sarà richiesto di ripetere una seconda prova. Se anche la seconda prova risultasse non superata, si procederà alla demolizione e rifacimento dell'impermeabilizzazione per la campata in esame e si ripeteranno le prove per le campate adiacenti non investigate con le stesse modalità di accettazione.

Al termine della prova le aree distaccate dovranno essere ripristinate con colata di asfalto fino all'estradosso della guaina e successivamente con un rappezzo di guaina 40x40cm applicata a caldo.

6.4 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Normative di prodotto elencate all'interno del capitolato.

6.5 **MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE**

Le impermeabilizzazioni di impalcati saranno computate per la loro superficie effettiva, che dovrà essere conforme alle previsioni di progetto.



7 SISTEMI DI RACCOLTA ACQUA DI PIATTAFORMA

7.1 CARATTERISTICHE

Il sistema di smaltimento delle acque consiste in una serie di caditoie (o pluviali), dove si definisce come caditoia l'insieme del bocchettone di collegamento all'opera, del tubo di allontanamento acque e della griglia di protezione.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio potrà richiedere caditoie in integrazione al numero indicato in progetto.

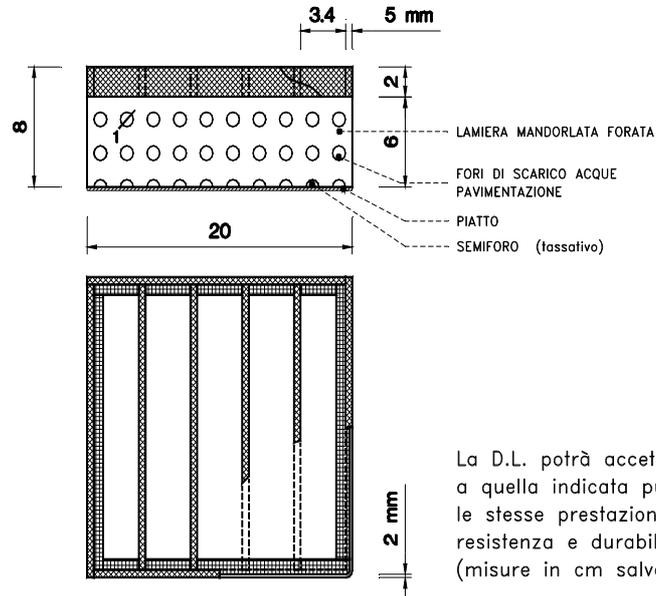
Ogni bocchettone dovrà essere costituito da una parte tubolare eduttiva, saldata in pezzo unico ad una piastra direttamente poggiata in un incavo predisposto dell'estradosso della soletta, regolarmente stuccata con stucchi epossidici, al di sopra della quale è distesa la impermeabilizzazione e, successivamente, la pavimentazione stradale contenuta da griglie in acciaio zincato (si vedano alcuni dettagli tipologici nelle seguenti figure).

Le caditoie dovranno essere, salvo diversa indicazione prevista nel progetto esecutivo, posizionate fuori della piattaforma stradale, all'interno di riseghe appositamente praticate nel codolo o nel marciapiede di servizio (vedi figura successiva).

La sezione libera di deflusso dei bocchettoni dovrà essere dimensionata sulla base delle verifiche idrauliche e comunque mai inferiore a 78cm².

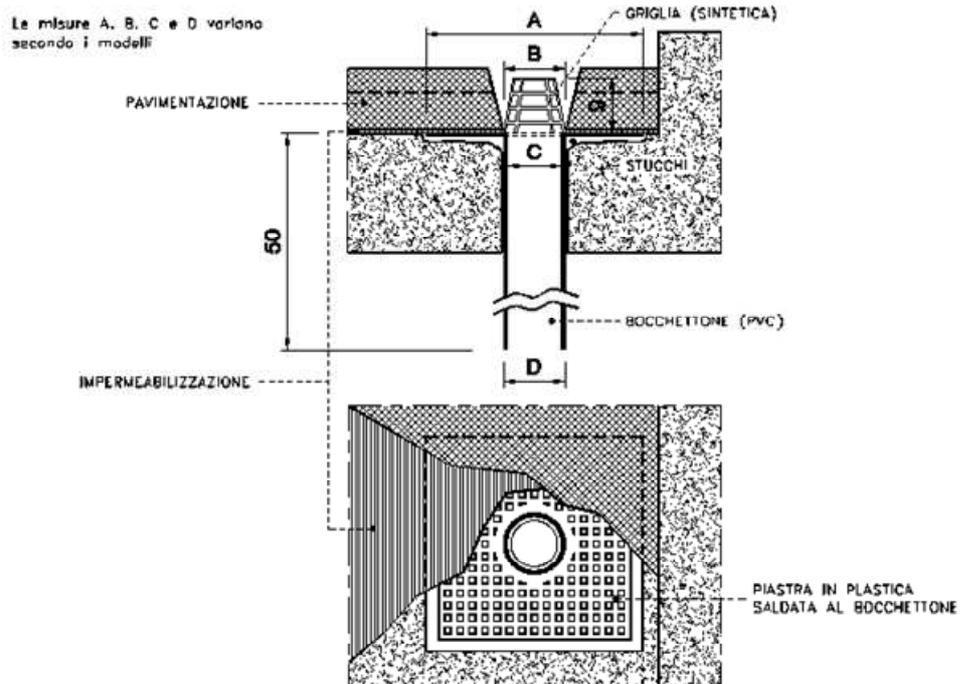
In corrispondenza dei giunti di sezioni contigue di impalcato o tra l'impalcato e la spalla mobile le tubazioni dovranno permettere, senza danneggiarsi, il movimento delle strutture per tutte le azioni permanenti e variabili e per il sisma SLO.

Le tubazioni non potranno essere alloggiare all'interno di cassoncini o in generale all'interno di strutture chiuse in cui sia impedito l'ingresso di personale addetto alle eventuali riparazioni delle stesse.



La D.L. potrà accettare griglie simili a quella indicata purchè realizzino le stesse prestazioni idrauliche di resistenza e durabilità (misure in cm salvo indicazione)

Griglia di scarico dei pluviali in acciaio zincato



Griglia di scarico dei pluviali in materiale sintetico



Le caditoie dovranno essere, salvo diversa indicazione prevista nel progetto esecutivo, posizionate fuori della piattaforma stradale, all'interno di riseghe appositamente praticate nel codolo o nel marciapiede di servizio (vedi figura successiva).

La sezione libera di deflusso dei discendenti verticali dovrà essere dimensionata sulla base delle verifiche idrauliche e comunque mai inferiore a 78cm² (DN100).

In corrispondenza dei giunti di sezioni contigue di impalcato o tra l'impalcato e la spalla mobile le tubazioni dovranno permettere, senza danneggiarsi, il movimento delle strutture per tutte le azioni permanenti e variabili e per il sisma SLO.

Le tubazioni non potranno essere alloggiare all'interno di cassoncini o in generale all'interno di strutture chiuse in cui sia impedito l'ingresso di personale addetto alle eventuali riparazioni delle stesse.

Il tubo di eduazione dovrà sporgere dall'intradosso della soletta di almeno 15 cm e ad esso dovrà essere infilato ed incollato un tubo verticale in PVC tipo 302 di almeno 3.0 mm di spessore (o di acciaio zincato, secondo le indicazioni progettuali), discendente in ogni caso almeno per 30 cm al di sotto del bordo del bulbo inferiore delle travi longitudinali, sempre facendo in modo che non si abbia stillicidio su eventuali strutture sottostanti (pulvini, pile, ecc.).

Nel caso di attraversamento di zone urbane, oltre che in tutti quei casi indicati nel progetto esecutivo, è prescritto che i tubi di cui sopra proseguano fino a terra attraverso una linea di collettamento orizzontale e discendenti ubicati sulle pile/spalle e siano eventualmente immessi in un sistema di trattamento acque.

Detti tubi saranno collegati all'opera con collari e zanche di acciaio inossidabile; il tubo non dovrà scorrere dentro al collare, ciò si otterrà con guarnizioni in neoprene o altri accorgimenti.

7.2 PROVE E CONTROLLI

Tutte le ispezioni e le prove saranno eseguite a cura dell'Appaltatore concordandone le modalità con la Direzione Lavori. In questo senso, la Direzione Lavori stabilirà a propria discrezione il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

7.3 MANUTENZIONE

Si dovrà prevedere l'ispezione periodica del sistema idraulico e la pulizia delle caditoie intasate, laddove individuate intasate.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

7.4 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di Elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme.



8 APPENDICE A – TEMPERATURE MASSIME E MINIME PER LA PROGETTAZIONE DEI PONTI

Le temperature di riferimento per la progettazione dei ponti e viadotti in Italia può essere ricavata con maggiore precisione rispetto ai dati forniti dall'Eurocodice.

A tale scopo, in mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, si dovrà fare riferimento al lavoro: "Mappe delle temperature estreme dell'aria in Italia per la stima delle azioni termiche nei ponti secondo l'Eurocodice 1"; estratto dal Giornale del Genio Civile, fascicoli 4-5-6, aprile-maggio-giugno 1994; autori Maurizio Froli, Riccardo Barsotti, Angelo Libertà, Luigi Perini.

Di seguito viene riportata una sintesi di tale lavoro, finalizzata agli scopi del presente documento.

La temperatura dell'aria esterna, T_{ext} , può assumere il valore T_{max} o T_{min} , definite rispettivamente come temperatura massima estiva e minima invernale dell'aria nel sito della costruzione, con riferimento ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di adeguate indagini statistiche basate su dati specifici relativi al sito in esame, T_{max} o T_{min} saranno calcolate in base alle espressioni riportate nel seguito, per le varie zone indicate nella figura seguente. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

Nelle espressioni seguenti, T_{max} o T_{min} sono espressi in °C; l'altitudine di riferimento " a_s " (espressa in m) è la quota dell'impalcato sul livello del mare nel sito dove è realizzata l'opera.

Zona I

Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna:

- $T_{min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000$

Zona II

Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata:

- $T_{min} = -8 - 6 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$

Zona III

Marche, Abruzzo, Molise, Puglia:

- $T_{min} = -8 - 7 \cdot a_s / 1000$
- $T_{max} = 42 - 0.3 \cdot a_s / 1000$



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2
IT.PRL.05.17 - Rev.1.0
Opere d'arte maggiori Ponti e viadotti

Zona IV

Calabria, Sicilia:

- $T_{\min} = -2 - 9 \cdot a_s / 1000$
- $T_{\max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$



Anas S.p.A.
Via Monzambano, 10 - 00185 Roma
www.stradeanas.it