

S.S. 131 di "Carlo Felice"
Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131
Risoluzione dei nodi critici - 2° stralcio
dal km 108+300 al km 158+000

PROGETTO ESECUTIVO

CA284

R.T.I. di PROGETTAZIONE:

Mandataria

Mandante



**PRO
ITER**
Progetto
Infrastrutture
Territorio s.r.l.

Via G.B. Sammartini n°5
20125 - Milano
Tel. 02 6787911
email: mail@proiter.it



Via Artemide n°3
92100 Agrigento
Tel. 0922 421007
email: deltaingegneria@pec.it

PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Formichi - Pro Iter srl (Integratore prestazioni specialistiche)
Ordine Ing. di Milano n. 18045

Ing. Riccardo Formichi
Ordine Ing. di Milano n. 18045

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Massimo Mezzanatica - Pro Iter srl
Albo Geol. Lombardia n. A762

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Diego Ceccherelli
Ordine Ing. di Milano n. 15813

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesca Martina Tedde



PROTOCOLLO

DATA

DOCUMENTAZIONE TECNICO-ECONOMICA
Capitolato Speciale d'Appalto - Norme Tecniche - Appendice

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	T00CM00CMSET03A.pdf			
	N. PROG.	CODICE ELAB.			
L	O	T	C	A	
P	S	0	M		
S	Q	0	0		
E	1	C	C		
	9	M	S		
	0	E	T		
	1	0	3		
D					
C					
B					
A	Revisione per 2° istruttoria, verifica e controlli D.Lgs. 35/11	Luglio 2021	Franzo	Vacchelli	Formichi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Coordinamento Territoriale/Direzione

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

IT.PRL.05.07 - 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'onori 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 interrato 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 interrato 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 giorni 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**).

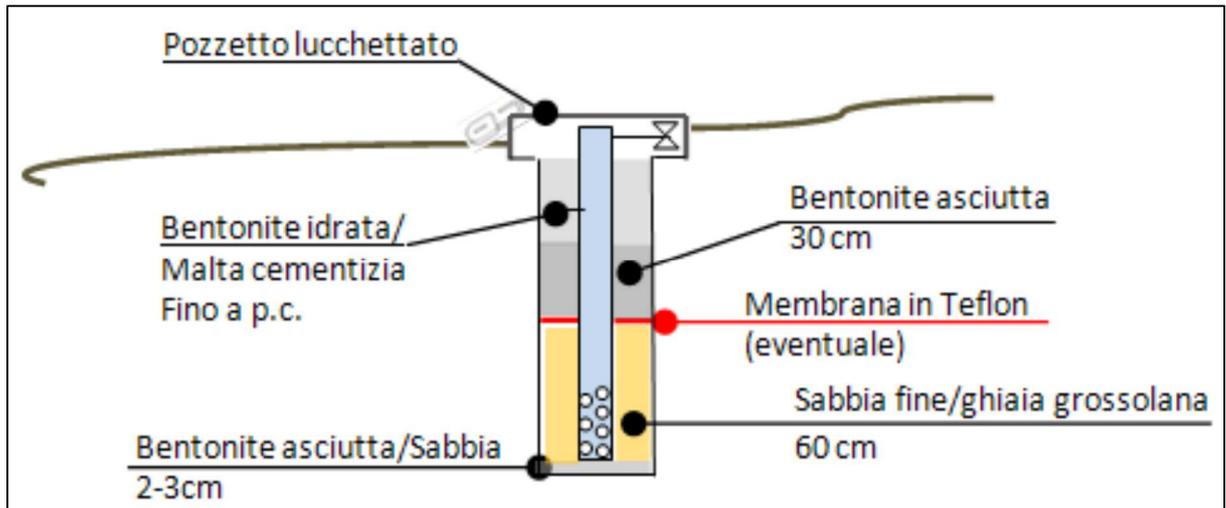
Fondo foro:

- 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. Completate 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 spaziature, 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 1m, 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

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 freaticometro 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 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 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

- 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, azimuth 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 spirality 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

- 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.

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 $\pm 0.25\% \text{ FS}$
- 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

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"

- 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 "coccodrilli" 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.

- 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 $\geq 40\text{kN}$ a < 200kN”
- IG.10.040.015.c “per ogni singola cella con campo di misura $\geq 200\text{kN}$ ”
- IG.10.040.025 “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,1\%$ FS.

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

- 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 "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, 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 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.

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 crocefilo con quello del reticolo millimetrato. Fissarla, poi, sempre con tasselli o resina epossidica;
- leggere il valore indicato dal crocefilo 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 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.

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 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.

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 poligoni, le quote dei punti di stazione dovranno essere determinate esclusivamente tramite livellazioni geometriche di alta precisione.

Le poligoni 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 stadiie;
- 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 stadiie 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_{11} ed α_{12} .

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 avisare 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 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.

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 "EMMISSIONE DATI CON PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI (SDD)"
- IG.10.130.010.5 "EMMISSIONE 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 ≈ 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 (cortecchia, 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 pressiometrica;
- 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 dritte, 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 (cm^3 / 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-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 alle 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 "Approntamento 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 finestrata 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 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 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 loro 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° se 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 ÷ 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-kxKy) 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÷23°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; scotatura 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 LEGATE 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.



Coordinamento Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2

IT.PRL.05.12 - Rev. 1.0

Rilievi e cartografia

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.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

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	DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI	7
2	PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO	8
2.1	ESECUZIONE DEI RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI	8
2.1.1	Prescrizioni sulle Procedure di Controllo	9
2.2	PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA ED APPRONTAMENTO DEL MATERIALE FOTOGRAFICO	9
2.2.1	Procedure di Controllo relative alla Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico	15
2.3	RETE GEODETICA DI INQUADRAMENTO	17
2.3.1	Procedure di Controllo relative alla Rete Geodetica di Inquadramento	19
2.4	RETE DI RAFFITTIMENTO	19
2.5	PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO	21
2.6	UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA GPS	23
2.6.1	Procedure di Controllo relative all' Utilizzo della tecnologia GPS	25
2.7	PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO DA TRIANGOLAZIONE AEREA	26
2.8	COORDINATE RETTILINEE	27
2.9	POLIGONALE	27
2.9.1	Poligonale a lati lunghi	28
2.9.2	Poligonale a lati corti	29
2.9.3	Procedure di Controllo relative alla Poligonale	29
2.10	LIVELLAZIONE GEOMETRICA	31
2.10.1	Livellazione Geometrica di Precisione	31
2.10.2	Procedure di Controllo relative alla Livellazione Geometrica di Precisione	32
2.10.3	Livellazione Tecnica	33
2.10.4	Procedure di Controllo relative alla Livellazione Tecnica	33
2.11	MATERIALIZZAZIONE DEI VERTICI	34
2.11.1	Centrini metallici	34
2.11.2	Pilastrini in cls	34
2.11.3	Chiodi sparati	35
2.12	RESTITUZIONE DEI FOTOGRAMMI ED APPRONTAMENTO DELLA MINUTA DI RESTITUZIONE	35
2.13	RICOGNIZIONE ED INTEGRAZIONE DELLA MINUTA DI RESTITUZIONE CON OPERAZIONI A TERRA	41
2.14	PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AI FOGLI CARTOGRAFICI	42



2.14.1	Controllo Planimetrico	43
2.14.2	Controllo Altimetrico	44
3	GENERAZIONE DI ORTOFOTO, MODELLI ALTIMETRICI A GRANDE SCALA	46
3.1	SPECIFICHE TECNICHE GENERALI	46
3.2	SISTEMI DI RIFERIMENTO	46
3.3	TOLLERANZA PLANIMETRICA	47
3.4	RISOLUZIONE GEOMETRICA	47
3.5	RISOLUZIONE RADIOMETRICA	48
3.6	FORMATO DEI DATI DIGITALI	48
3.7	DATA DEL RILIEVO	49
3.8	METADATI	49
3.9	PRODUZIONE DELLE ORTOFOTO DIGITALI	49
3.9.1	Requisiti delle immagini primarie	49
3.9.2	Il modello altimetrico	50
3.9.3	Punti di appoggio (GCP) e di controllo (CP)	50
3.9.4	Generazione dell'ortofoto e mosaicatura	51
3.9.5	Verifiche sul prodotto finale	52
4	PRODUZIONE DI MODELLI ALTIMETRICI MEDIANTE TECNICHE LIDAR A GRANDE SCALA	53
4.1	CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE	53
4.2	CALIBRAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE	54
4.3	MATERIALE DI CONSEGNA DOPO IL VOLO	54
4.4	DEFINIZIONE DELLE QUOTE ORTOMETRICHE	56
4.5	FILTRAGGIO E CLASSIFICAZIONE	56
4.6	DATI ELABORATI E PRODOTTI FINALI DI CONSEGNA	57
4.7	VERIFICHE DI QUALITÀ	57
4.8	VERIFICHE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI	58
5	PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO CELERIMETRICO	59
5.1	INQUADRAMENTO GEODETICO PRELIMINARE	60
5.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL RILIEVO CELERIMETRICO E RELATIVO CONTENUTO CARTOGRAFICO	61
5.3	PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AL RILIEVO CELERIMETRICO	63
6	RILIEVO GEOREFERENZIATO PER SEZIONI TRASVERSALI E PROFILI LONGITUDINALI	64
7	RILIEVI LASER SCANNER	66
7.1	REQUISITI TECNICI GENERALI DELLA STRUMENTAZIONE LASER SCANNER TERRESTRE PER IL RILIEVO DELLE OPERE D'ARTE STRADALI:	66
7.2	PRESCRIZIONI SULLA METODOLOGIA DI RILIEVO	67



7.3	PRESCRIZIONI SULLE IMPOSTAZIONI GENERALI	67
7.4	INQUADRAMENTO GEODETICO E RILIEVI CELERIMETRICI INTEGRATIVI	68
7.5	RETE DI CAPISALDI LOCALE ED INQUADRAMENTO NEL SISTEMA UTM	69
7.6	INTEGRAZIONE RILIEVO CON MODALITÀ CELERIMETRICA	70
7.7	ANALISI DEL DEGRADO	71
7.8	VERIFICHE DI CONFORMITÀ DEL DIRETTORE PER L'ESECUZIONE DEL CONTRATTO.	71
7.9	RILIEVI LASER SCANNER IN GALLERIA	73
7.9.1	Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità dinamica.	73
7.9.2	Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità statica.	75
7.9.3	Verifiche di conformità del Direttore per l'Esecuzione del Contratto.	80
8	RILIEVI BATIMETRICI	82
9	SOVRAPPOSIZIONI DELLE MAPPE CATASTALI	83
10	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI	84
10.1	FILE DATI	85
10.1.1	File "DWG"	87
10.1.2	File "TXT"	88
10.2	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CODIFICA DELLA CARTOGRAFIA NUMERICA	98
10.2.1	Classi Cartografiche per la scala 1:10000	100
10.2.2	Classi Cartografiche per la scala 1:5000	110
10.2.3	Classi Cartografiche per la scala 1:2000	122
10.2.4	Classi Cartografiche per la scala 1:1000	133
10.3	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA CARTOGRAFIA	145
11	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CONSEGNA DEGLI ELABORATI	169
11.1	PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI	170
11.2	VOLO E PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA	170
11.3	RETE DI INQUADRAMENTO	170
11.4	RETE DI RAFFITTIMENTO	171
11.5	PUNTI FOTOGRAFICI DI APPOGGIO	171
11.6	RILIEVI CON TECNOLOGIA GPS	172
11.7	PUNTI FOTOGRAFICI DA TRIANGOLAZIONE AEREA	172
11.8	POLIGONALE	172
11.9	LIVELLAZIONE GEOMETRICA DI PRECISIONE	173
11.10	LIVELLAZIONE TECNICA	173
11.11	RESTITUZIONE E RICOGNIZIONE	174
11.12	FOGLI CARTOGRAFICI	174



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

11.13	RILIEVO CELERIMETRICO E PER SEZIONI TRASVERSALI	175
11.14	RILIEVI LASER SCANNER	175
11.15	RILIEVI BATIMETRICI	178
11.16	RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR	178
12	RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR	179
12.1	PROGETTAZIONE E PIANIFICAZIONE DELLE RIPRESE LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICHE	179
12.2	STRUMENTAZIONE	180
12.3	MISSIONE DI VOLO	180
12.4	TRATTAMENTO DEI DATI E MATERIALE AUSILIARIO	181



1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI

La cartografia, definita come rappresentazione su una superficie piana della superficie curva terrestre, costituisce la base sulla quale sviluppare le varie fasi progettuali individuate dalla normativa vigente, ed in particolare da:

- Legge n.109 del 11/2/1994 e Legge n.216 del 2/6/1995
- Norma C.N.R. n. 77 del 5/5/1980 "Istruzioni per la redazione dei progetti di strade"
- DECRETO LEGISLATIVO 27 gennaio 2010 , n. 32 . - Attuazione della direttiva 2007/2/CE, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (INSPIRE).
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei
- database geotopografici.- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37.
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei
- database geotopografici.- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37)- Allegato 1.
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei
- database geotopografici.- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37)- Allegato 2.
- DECRETO 10 novembre 2011 - Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale.
- (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).
- DECRETO 10 novembre 2011 -Regole tecniche per la formazione, la documentazione e lo scambio di ortofoto digitali alla scala nominale 1:10000 - (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).
- DECRETO 10 novembre 2011 - Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso.
- Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 - Supplemento ordinario n. 37).

La produzione degli elaborati cartografici, su supporto cartaceo e magnetico, comprende generalmente le seguenti attività:

- Presa aerofotogrammetrica ed approntamento del materiale fotografico.
- Controllo, inquadramento e raffittimento della rete geodetica comprendente la determinazione dei punti fotografici di appoggio, dei vertici trigonometrici e dei capisaldi di livellazione.



- Restituzione dei fotogrammi e produzione della minuta di restituzione.
- Ricognizione ed integrazione della minuta di restituzione con operazioni a terra.
- Disegno degli elaborati cartacei e produzione dei file numerici.

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di effettuare le verifiche in corso d'opera sulla base delle prescrizioni contenute nel presente Capitolato.

2 PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO

2.1 ESECUZIONE DEI RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI

Premesso che il servizio deve essere eseguito nel rispetto della normativa vigente e che l'Appaltatore dovrà provvedere all'espletamento di tutti gli adempimenti amministrativi ed autorizzativi per l'esecuzione dei voli di ripresa, per l'utilizzazione dei fotogrammi, per l'eventuale diffusione della cartografia, decreti prefettizi di accesso alle proprietà private, ecc., le fasi di esecuzione dei rilievi aerofotogrammetrici sono di norma le seguenti:

- Presa aerofotogrammetrica ed approntamento del materiale fotografico.
- Controllo, inquadramento e raffittimento della rete geodetica comprendente la determinazione dei punti fotografici di appoggio, dei vertici trigonometrici e dei capisaldi di livellazione.
- Restituzione dei fotogrammi e produzione della minuta di restituzione.
- Ricognizione ed integrazione della minuta di restituzione con operazioni a terra.
- Disegno degli elaborati cartacei e produzione dei file numerici.

Con almeno quindici giorni di anticipo sulla data di inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto il diagramma di Gant relativo alle fasi descritte in precedenza per garantire una adeguata programmazione delle attività.

L'Appaltatore è comunque tenuto a notificare tempestivamente alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto ogni variazione della programmazione ed a fornire la versione aggiornata del diagramma.

Resta inteso che gli eventuali controlli eseguiti nelle fasi intermedie non impegnano il Direttore per l'Esecuzione del Contratto ai fini dei controlli finali previsti nell'ultima fase dei lavori.

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



Lo stato di rettifica di tutte le apparecchiature impiegate, sia per i rilievi di campagna che per la restituzione, dovrà essere controllato prima dell'inizio effettivo dei lavori. La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di richiedere la verifica delle apparecchiature anche in corso d'opera.

L'approssimazione prevista per i risultati parziali o finali di tutti i calcoli topografici, qualunque sia la metodologia adottata, dovrà sempre garantire l'uguaglianza della terza cifra decimale per le misure lineari (espresse in metri) e la quarta cifra decimale per le misure angolari (espresse in gradi centesimali).

2.1.1 PRESCRIZIONI SULLE PROCEDURE DI CONTROLLO

Oltre ai controlli specificatamente previsti nelle seguenti prescrizioni per le singole fasi di lavoro, la Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di eseguire, a suo insindacabile giudizio, i controlli che riterrà più opportuni sia nel corso dei lavori che ad ultimazione dei medesimi, scegliendo le zone da controllare sia per ubicazione che per estensione.

L'Appaltatore si impegna ed accetta che membri della Direzione per l'Esecuzione del Contratto possano accedere in qualsiasi momento nei locali dove si eseguono i lavori di restituzione e disegno cartografico o nelle zone dove sono in corso le operazioni topografiche all'aperto, per eseguire i controlli che saranno ritenuti opportuni.

Per l'esecuzione dei controlli stessi l'Appaltatore dovrà fornire la mano d'opera ausiliaria necessaria, nonché un'autovettura con autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

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

2.2 PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA ED APPRONTAMENTO DEL MATERIALE FOTOGRAFICO

Le riprese aerofotogrammetriche dovranno essere eseguite a colori e dovranno garantire la copertura stereoscopica corretta di tutto il territorio da rilevare e dovranno avere i requisiti propri della tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilievi aerofotogrammetrici. Non è ammesso l'utilizzo di voli fotogrammetrici antecedenti la data dell'incarico.

Prima di procedere alla ripresa aerea l'Appaltatore provvederà a redigere il progetto di volo tenendo conto che, nel caso di ripresa aerofotogrammetrica con camera di presa analogica:



- - la macchina da presa dovrà avere un formato utile della immagine non inferiore a cm 23x23.
- dal certificato di taratura della macchina da presa, rilasciato da laboratorio ritenuto idoneo da entrambi le parti e di data non anteriore a quattro anni, dovranno risultare i valori della distanza principale, le coordinate del punto principale rispetto al riferimento definito dalle marche e le curve di distorsione.
- Detto certificato dovrà specificare che:
 - la distanza principale è stata determinata con uno s.q.m non superiore a $\pm 10\%$,
 - le coordinate del punto principale non distino dal punto d'incontro delle rette definite dalle marche di più di 0,03 mm,
 - la curva di distorsione risulti dalla media delle curve determinate sulle due diagonali,
 - le differenze per le curve di distorsione secondo le due diagonali non superino $\pm 5\%$,
 - il valore massimo della distorsione non superi i $\pm 10\%$,
 - il potere separatore dell'obiettivo non sia inferiore a 40 righe/mm entro il 50% della zona fotografata.
- Dovranno anche essere riportati i valori delle distanze fra le marche di riferimento allo scopo di poter valutare la deformazione della pellicola in due direzioni perpendicolari;
- - le quote relative di volo e la scala media dei fotogrammi dovranno essere compresi nei valori, della seguente tabella:

SCALA CARTOGRAFICA	SCALA MEDIA FOTOGRAFICA	QUOTA RELATIVA DI VOLO
1:1000	1:3500	$\pm 1:5000$ 530
1:2000	1:7000	$\pm 1:9000$ 1050
1:5000	1:12000	$\pm 1:16000$ 1800
1:10000	1:18000	$\pm 1:25000$ 2700

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto ha facoltà di modificare, su richiesta documentata dell'Appaltatore, la quota di ripresa aerofotogrammetrica rispettando in ogni caso i limiti fissati dalla tabella precedente.

La ripresa aerofotogrammetrica dovrà essere effettuata in base alle seguenti prescrizioni:

- - i voli dovranno essere eseguiti per strisciate parallele per quanto possibile, rettilinee ed a quota costante.
- Le variazioni accidentali di sbandamento e di deriva tra un fotogramma e il successivo dovranno essere inferiori rispettivamente a 5 gradi e a 1,5/10 del formato della lastra; comunque tre valori angolari di orientamento di un fotogramma non devono superare i 5 gradi;
- - i fotogrammi lungo le strisciate dovranno avere un ricoprimento longitudinale del 60% con oscillazioni comprese entro il $\pm 5\%$; le strisciate parallele dovranno ricoprirsi



- trasversalmente fra loro per un'estesa compresa tra il 20% ed il 30%.
- Quando il terreno è molto accidentato il ricoprimento longitudinale potrà essere anche maggiore ma comunque in nessun caso dovrà superare il 70%.
 - Non dovranno esistere soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica del territorio.
 - - i voli saranno eseguiti di norma nelle ore a cavallo del mezzogiorno e con altezza dei raggi solari non inferiore a 35 gradi. I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e privi di nubi. Le riprese dovranno essere fatte in modo da assicurare la massima visibilità del suolo.
 - - il materiale fotografico da usarsi dovrà essere delle migliori qualità in commercio. In particolare il supporto dovrà avere le migliori caratteristiche di indeformabilità (ad es. estar, policarbonato, tereftalato di polietilene); le qualità di finezza della grana e sensibilità della pellicola (15• 22 DIN) dovranno essere ottimali per i voli fotogrammetrici. Il contrasto dovrà avere un valore compreso fra 1 e 1,5.

Il progetto di volo, da sottoporre all'approvazione della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, sarà redatto in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata.

Esso sarà corredato da due copie del suddetto piano, da una relazione nella quale verranno descritte le caratteristiche di tutte le apparecchiature da impiegare, e dal certificato di taratura originale della macchina da presa (o copia autenticata) di data non anteriore a due anni.

Nel caso di ripresa aerofotogrammetrica con camera di presa digitale si prescrive che:

- le riprese dovranno essere eseguite con camera digitale di tipo "Frame";
- nel certificato di taratura della camera metrica digitale, redatto in data non anteriore a due anni, devono essere indicati: la data di calibrazione e i parametri dell'immagine virtuale ad alta risoluzione ed a colori (focale, risoluzione, abbracciamento, punto principale e distorsione).
- il sistema di presa deve essere dotato di FMC (Forward Motion Compensation) o TDI (Time delay Intergration), per l'eliminazione del trascinarsi (in particolare alle quote relative di volo più basse) ed è prescritto l'uso di dispositivi per la correzione della deriva durante il volo.
- Per l'acquisizione dei parametri angolari di orientamento esterno dei fotogrammi devono essere impiegati sistemi inerziali.
- la risoluzione radiometrica deve essere almeno pari a 12 bit per canale.

Di seguito si riportano i parametri fondamentali della presa aerofotogrammetrica con tecnologia digitale :



Livello	Prec. Quota (m)	Scala di rif. 1:	Fatt. molt	Scala Media	Variatz Amm. $\pm 10\%$	Scala min 1:	Scala max 1:	Obbligo FMC	Quota rel. volo media (m)	Quota rel. volo max (m)	Quota rel. volo min (m)
0	10,00	50000	1	50000	5000	55000	45000	no	7500	8250	6750
1	5,00	25000	1	25000	2500	27500	22500	no	3750	4125	3375
2	2,00	10000	2	20000	2000	22000	18000	no	3000	3300	2700
3	1,00	5000	3	15000	1500	16500	13500	no	2250	2475	2025
4	0,30	2000	4	8000	800	8800	7200	sì	1200	1320	1080
5	0,15	1000	5	5000	500	5500	4500	sì	750	825	675
6	0,30	2000	4	8000	800	8800	7200	sì	1200	1320	1080
7	0,15	1000	5	5000	500	5500	4500	sì	750	825	675
8	0,10	500	6	3000	300	3300	2700	sì	450	495	405

Tabella 2.2.a- Parametri di volo in funzione del livello di modello altimetrico.

Livello	Prec. in quota (m)	GSD max (m)	GSD med (m)	GSD min (m)
0	10,00	1,06	0,85	0,75
1	5,00	0,53	0,42	0,37
2	2,00	0,42	0,34	0,30
3	1,00	0,32	0,25	0,22
4	0,30	0,17	0,14	0,12
5	0,15	0,11	0,08	0,07
6	0,30	0,17	0,14	0,12
7	0,15	0,11	0,08	0,07
8	0,10	0,06	0,05	0,04

Tabella 2.2.b – GSD da utilizzare nel caso di utilizzo della camera digitale.

La relazione tra livelli di modello altimetrico e la scala nominale della cartografia numerica è riassunta nella seguente tabella :



Livello modello altimetrico	Scala nominale carta numerica
0	1:50000
1	1:25000
2	1:10000
3	1:5000
4	1:2000
5	1:1000
6	1:2000
7	1:1000
8	1:500

Tabella 2.2.c – Relazione tra modello altimetrico e scala nominale della carta numerica.

Il territorio potrà essere suddiviso in blocchi omogenei costituiti da insiemi di strisciate parallele aventi di norma andamento con direzione ovest-est e viceversa. Strisciate con diversa direzione potranno essere realizzate per il completamento del blocco o dei blocchi di strisciate della copertura medesima.

Inoltre si prescrive che:

- - le variazioni, in valore assoluto, degli elementi angolari di orientamento dei fotogrammi adiacenti lungo ciascuna strisciata e dei valori assoluti degli angoli di orientamento non dovranno mai superare 5 gradi centesimali;
- - i fotogrammi consecutivi di una stessa strisciata, in zone pianeggianti e collinose, dovranno avere una sovrapposizione longitudinale del 60%, con oscillazioni comprese entro il 5% e valori di deriva trasversale non superiori al 10% del fotogramma;
- - la sovrapposizione longitudinale dei fotogrammi, fra fotogrammi consecutivi di una stessa strisciata può essere maggiore, ma in ogni caso non deve superare il 75% con oscillazioni comprese entro il 5%.
- - la sovrapposizione trasversale tra strisciate contigue non dovrà essere inferiore al 30% .
- - in ogni strisciata lo scostamento massimo del punto principale dell'asse della strisciata dall'asse della strisciata stessa, così come indicato sul piano di volo, non dovrà superare il 10% del lato del fotogramma in zone pianeggianti o collinose, ed il 5% in zone di montagna.
- - i voli dovranno essere eseguiti nelle ore a cavallo del mezzogiorno solare, in condizioni di raggi solari con elevazione non inferiore a 30°.
- - in nessun punto dovranno comunque presentarsi soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica delle zone assoggettate a ripresa.
- - I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e privi di foschia, di nubi e/o ombre da esse riportate e, per quanto possibile, di copertura nevosa.
- - Le giornate non idonee all'esecuzione delle riprese dovranno essere giustificate con documentazione adeguata (METAR del più vicino aeroporto)
- - qualora siano riscontrate delle anomalie o delle lacune nella copertura aerofotogrammetrica stereoscopica del territorio da cartografare, le strisciate difettose dovranno



essere replicate ex-novo. Gli eventuali rifacimenti dovranno essere comunque realizzati entro 20 giorni dalla data di esecuzione del volo principale.

- dovranno essere rese note la data e le ore di inizio e fine della ripresa di ogni strisciata; ed in particolare, per ogni fotogramma dovranno risultare registrate la data, l'ora e l'altimetria della presa fotografica

Il piano di Volo sarà redatto su base cartografica in scala adeguata (1:10000-1:50000) sul quale, per ogni strisciata, dovranno essere indicati:

- - l'asse della strisciata, con i limiti (inizio e fine) della copertura stereoscopica;
- - la sua codifica ipotizzata;
- - la quota assoluta e relativa di volo prevista;
- - la verifica dell'inclinazione dei raggi solari;
- - la posizione dei centri di presa;
- - il valore del GSD minimo e massimo.

Il progetto del piano di volo deve essere corredato da una relazione dettagliata nella quale vengono riportate le scelte operative effettuate, con particolare riferimento a :

- la strumentazione ausiliaria di navigazione posizionamento e assetto , la sua calibrazione e l'interfacciamento con la camera da presa;
- la disposizione dei ricevitori GPS a terra;
- la procedura di trattamento dei dati ausiliari.

Durante la ripresa è prescritto l'uso di un sistema integrato GPS/inerziale. Il sistema deve essere dotato di input fotogrammetrico capace di memorizzare, tramite opportuna interfaccia, un impulso emesso dalla camera all'istante di scatto. Quest'ultimo va determinato con incertezza non superiore a 0.001s.

L'acquisizione dei dati GPS deve essere eseguita con una frequenza di misura superiore o uguale a 1 Hertz (1 ciclo/sec), con ricezione continua di almeno 5 satelliti e GDOP non superiore a 5.

Il sistema inerziale per la determinazione dei parametri angolari di orientamento esterno di ciascun fotogramma deve essere caratterizzato da errore quadratico medio non superiore a :

- 0,005 gradi sessagesimali per α e β
- 0,008 gradi sessagesimali per K

L'Appaltatore dovrà fornire una relazione che illustri le modalità di misura impiegate per la determinazione, nel sistema immagine e con camera in assetto normale (ω , ϕ e κ nulli), delle componenti dei vettori congiungenti il centro di presa con il centro di fase dell'antenna GPS e con il centro di riferimento del sistema inerziale, indicando anche i relativi e.q.m.



In ogni caso le componenti planimetriche dei vettori suddetti non devono essere superiori a 0.50 m.

Nella relazione devono essere descritte anche le modalità di calibrazione del sistema inerziale e il trattamento dei dati.

Per la validità del volo di ripresa occorre che, per almeno il 90% dei fotogrammi, sia possibile ricostruire la posizione del centro di fase dell'antenna GPS e i parametri angolari di orientamento esterno all'istante di scatto.

In nessun caso è ammesso che risultino indeterminati per una strisciata di bordo di un blocco più di cinque fotogrammi consecutivi e più del 30% del totale dei fotogrammi che la compongono.

Durante le riprese devono essere attivati sul terreno almeno due ricevitori con le medesime caratteristiche di quello a bordo o utilizzate le stazioni permanenti disponibili sul territorio. Le distanze tra i ricevitori non devono essere inferiori a 10 km, mentre quella tra il vettore aereo ed il ricevitore più vicino non deve mai superare i 50 km. I due ricevitori devono essere in stazione su vertici di coordinate note nel sistema di riferimento definito dalla rete geodetica nazionale e ciascuno deve tracciare almeno 5 satelliti tra quelli ricevuti sull'aereo.

Le coordinate dei centri di presa nel sistema geodetico nazionale devono essere determinati con e.q.m. non superiori a 0,10 m per la scala 1:1000 e 0,25 per la scala 1:2000.

Dopo l'esecuzione del volo, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto la planimetria delle strisciate effettivamente eseguite, sui medesimi supporti e le stesse modalità prescritte per la consegna del progetto di volo, con l'aggiunta dell'indicazione del riquadro e l'annotazione del numero progressivo del fotogramma (rif. cap.6).

È fatto obbligo all'Appaltatore di adempiere a tutti gli obblighi di legge circa le autorizzazioni da richiedersi alle Autorità Militare e Civile. Inoltre egli dovrà sottoporre all'Autorità Militare le riprese eseguite secondo le norme da questa fissate per l'esame di riservatezza. È prescritto che tutta la corrispondenza tra l'Appaltatore e le suddette Autorità verrà inviata per conoscenza alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

2.2.1 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA ED AP- PRONTAMENTO DEL MATERIALE FOTOGRAFICO

Nel caso di riprese aeree con camere analogiche, ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione per l'Esecuzione del Contratto effettuerà i controlli seguenti:

- a) si visioneranno tutti i fotogrammi e le relative diapositive
 - Criterio di verifica n.1:



i negativi dei fotogrammi e le relative diapositive necessarie per la restituzione devono essere uniformemente impressionati e sviluppati e risultare quindi utilizzabili ai fini della restituzione aerofotogrammetrica, cioè rispondano ai requisiti di nitidezza e di trasparenza dell'immagine, necessari per la buona visibilità dei particolari

- Criterio di verifica n.2:

i negativi dei fotogrammi e le relative diapositive non presentino rotture, abrasioni, graffiature e altre imperfezioni dipendenti da ombre occultatrici, nuvole, vibrazioni, difetti del vetro o del supporto della lastra, da bolle d'aria non eliminate in sede del trattamento di sviluppo;

- Criterio di verifica n.3:

la quota media di ciascuna strisciata sia prossima alla quota di volo preventivata o comunque non superiore di oltre il 15%

- Criterio di verifica n.4:

fra una strisciata e l'altra non esistano vuoti e siano stati ottenuti i ricoprimenti longitudinali e trasversali prescritti

- Criterio di verifica n.5:

lo sbandamento e la deriva non superino i massimi prescritti;

- Criterio di verifica n.6:

le copie positive su carta siano regolarmente eseguite ed adeguatamente nitide per poter essere usate nelle successive operazioni;

- Criterio di verifica n.7:

gli ingrandimenti siano nella scala prescritta, chiari, nitidi e senza sfocature o deformazioni delle immagini.

I fotogrammi che non soddisfino uno o più dei criteri suddetti, o che risultino affetti da altre evidenti imperfezioni (immagini multiple per trascinamento ed oscillazioni dell'aereo durante lo scatto) saranno scartati.

È facoltà della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, nel caso che non ritenesse i fotogrammi idonei ad una buona restituzione, ordinare che la ripresa aerea venga ripetuta. Resta convenuto che tutti gli oneri relativi al nuovo volo sono a carico dell'Appaltatore.

Nel caso di riprese aerofotogrammetriche con camere metriche digitali:

- la verifica della continuità nella copertura stereoscopica del territorio, della corrispondenza fra strisciate eseguite, piano di volo e quadro d'unione delle strisciate. Durante questo controllo si verificherà altresì che almeno il 90% dei centri di presa GPS e dei parametri angolari di orientamento esterno siano stati determinati con successo (con almeno il 70% dei punti per ogni strisciata di bordo dei blocchi);
- il controllo della completezza e correttezza della documentazione richiesta e dei supporti



informatici con i file di consegna;

- il controllo, per il 5% dei fotogrammi, che i valori di GSD rientrino nei limiti stabiliti;
- il controllo, per tutti i fotogrammi, dei ricoprimenti longitudinali e trasversali e della deriva;
- il controllo che i valori angolari di orientamento esterno di tutti i fotogrammi e le differenze di tali valori fra fotogrammi consecutivi rientrino nei limiti consentiti;
- il controllo che i contenuti delle immagini dei fotogrammi siano privi di nubi, ombre o altri difetti che compromettano la leggibilità del territorio;
- controlli a campione, mediante apertura delle stereocoppie con stazione aerofotogrammetrica digitale di modelli scelti dalla committente, in numero pari ad almeno il 3% del totale, delle parallassi residue del modello, che non dovranno superare in nessun punto i 2 pixel.
- Il controllo verrà considerato favorevole quando non più del 3% degli elementi relativi alle caratteristiche geometriche delle riprese non rispettano i requisiti previsti.

Qualora i presupposti previsti dal comma precedente non fossero rispettati per un'area superiore al 3% di quella oggetto del servizio, l'Appaltatore dovrà ripetere le riprese relative alle strisciate interessate il primo giorno favorevole dopo la data di comunicazione da parte del Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

2.3 RETE GEODETICA DI INQUADRAMENTO

Per l'inquadramento geodetico della cartografia, per i punti di raffittimento o per gli allacci della poligonale, l'Appaltatore dovrà redigere un grafico in scala 1:25000 della rete planoaltimetrica dei punti trigonometrici I.G.M.I. esistenti ed utilizzabili, dopo avere provveduto a reperire i relativi elementi geodetici.

A tal fine l'Appaltatore richiederà all'Istituto Geografico Militare di Firenze, la verifica dei punti trigonometrici che ritiene di dover utilizzare per il suddetto inquadramento, con eventuale ricalcolo degli elementi planoaltimetrici dei punti medesimi. Potranno essere utilizzati soltanto i vertici trigonometrici I.G.M.I. del I, II e III ordine e della rete IGM95.

Nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esistano vertici di I, II e III ordine o vertici della rete GPS IGM95, previa comunicazione scritta dell'Appaltatore, potrà essere eccezionalmente consentita dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto, per l'appoggio delle cartografie, l'utilizzazione di stazioni permanenti GPS, purchè queste facciano parte di una rete di stazioni certificate dall'Istituto Geografico Militare Italiano.

Le operazioni topografiche per il controllo dei punti della rete d'inquadramento devono essere eseguite con la stessa modalità di quelle previste per la determinazione di nuovi punti.

Per la determinazione di eventuali nuovi punti, in sostituzione di quelli I.G.M.I. scartati, occorrenti per la materializzazione della rete di inquadramento, saranno osservate le seguenti prescrizioni.



I nuovi punti, posti ad una distanza variabile secondo le necessità, dovranno consentire una buona visibilità sulla zona circostante ed essere ubicati su manufatti stabili nel tempo e sui quali sia possibile fare stazione in modo da rendere possibili le osservazioni dal centro.

Detti punti dovranno, inoltre, essere posti possibilmente al centro delle maglie formate dai vertici I.G.M.I. e verranno preferibilmente determinati mediante stelle di triangoli ben conformati e chiusi dei quali si misureranno tutti e tre gli angoli e tutte le distanze.

La stella dei triangoli si considererà ben conformata quando ciascun triangolo non abbia angoli minori di 30 gradi centesimali.

Qualora non risulti possibile la determinazione a stella, il punto potrà essere determinato con un complesso di triangoli chiusi che abbiano come vertice comune detto punto e come basi le congiungenti dei punti I.G.M.I. ubicati da una parte di esso. In tale caso il numero dei triangoli non dovrà essere inferiore a cinque o, in caso di assoluta deficiente visibilità, non inferiore a quattro. Anche in questi casi andranno misurati tutti gli angoli e tutte le distanze possibili, in modo da avere sempre misure sovrabbondanti utili per i calcoli di compensazione e per i controlli che la Direzione per l'Esecuzione del Contratto riterrà opportuno effettuare.

Gli angoli azimutali andranno determinati con il metodo delle osservazioni a strati eseguendo, da ciascuna stazione, almeno sei strati di letture. Se dalla medesima stazione si eseguissero successivamente osservazioni a strati riferite a diversi gruppi di punti, tali strati dovranno avere in comune almeno due punti per risultare collegati.

I vari strati saranno ridotti alla medesima origine e se ne medieranno i risultati, sempre che le differenze tra i loro valori non superino i quindici secondi centesimali.

Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

La quota altimetrica del punto di nuova determinazione verrà ricavata con una livellazione trigonometrica, le osservazioni andranno riferite a tutti i punti trigonometrici I.G.M.I. visibili dal punto di stazione e saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, che verranno ripetute in ore differenti. Tali osservazioni zenitali, non inferiori a quattro strati per ogni quota da determinare, per essere mediabili non dovranno presentare scarti superiori ai 15 secondi centesimali.

Si eviterà, per quanto possibile, di osservare zenitalmente le visuali sfioranti il terreno o le cime degli alberi di zone boschive. Le quote finali calcolate dai vari punti trigonometrici saranno mediate se i risultati ottenuti dai diversi calcoli avranno fra loro uno scarto inferiore a \pm cm 8.

Le osservazioni azimutali e zenitali eseguite dalla stessa stazione saranno registrate insieme all'altezza strumentale sul piano di paragone del vertice di stazione, all'ora in cui le osservazioni sono state fatte, alla pressione atmosferica e alla temperatura.

Al termine delle attività l'Appaltatore dovrà consegnare la relazione di calcolo, la planimetria in scala 1:25000 contenente la rappresentazione schematica della Rete Geodetica (grafo di tutti i vertici), i



libretti di campagna originali, le monografie di tutti i vertici e gli schemi delle operazioni topografiche eseguite (rif. Cap.6).

2.3.1 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA RETE GEODETICA DI INQUADRAMENTO

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto potrà partecipare al controllo della rete di inquadramento, da effettuarsi, con misure dirette sul terreno, su tutti i vertici presi in esame.

La rete sarà ritenuta idonea quando la distanza D' tra i vertici contigui, ricavata dalle coordinate originarie, e la distanza D tra gli stessi vertici, ottenuta dalle misure di controllo, tenuto conto del modulo di deformazione della proiezione Gauss-Boaga, soddisfi la relazione:

$$| D' - D | = < D / 10000$$

Le distanze D e D' verranno indicate in metri ed i punti che non soddisfino la suddetta relazione saranno scartati.

2.4 RETE DI RAFFITTIMENTO

Dalla rete di inquadramento fondamentale si deriverà una rete di punti di raffittimento sia planimetrico che altimetrico il cui scopo sarà di permettere la determinazione dei punti fotografici di appoggio.

Detti vertici di raffittimento dovranno essere in numero sufficiente da permettere, di individuare un punto ogni:

- - 1,0 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:1000,
- - 1,5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:2000,
- - 2,5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:5000,
- - 5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:10000.

In ogni caso, i vertici della rete di raffittimento dovranno essere almeno 4 (quattro), distribuiti sull'intera area da cartografare

I vertici della rete di raffittimento verranno preferibilmente determinati con strumentazione GPS, con la metodologia descritta al punto 2.6, viceversa con strumentazione tradizionale saranno determinati mediante intersezione multipla in avanti, collimandoli da almeno 4 punti di origine superiore in modo da ottenere tre triangoli aventi, a due a due, un lato in comune.

I lati dei triangoli non dovranno eccedere i 4-5 Km e l'angolo sul punto non dovrà essere inferiore a 40 né superiore a 140 gradi centesimali.



Pertanto l'Appaltatore redigerà un progetto di rete di raffittimento che sottoporrà alla preventiva approvazione della Direzione per l'Esecuzione del Contratto unitamente agli schemi operativi.

Tali operazioni non saranno effettuate soltanto se esiste una precedente rete di raffittimento eseguita dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto; in tal caso la Direzione medesima consegnerà all'Appaltatore le relative monografie e questi è tenuto, a sua cura e spese, alla verifica dei vertici; qualora occorra integrare tale rete di raffittimento per estenderla o perché alcuni vertici sono mancanti, le relative operazioni saranno contabilizzate con il relativo prezzo.

Le osservazioni azimutali verranno eseguite col metodo a strati effettuando 4 strati di osservazioni.

Le osservazioni azimutali di ciascuno strato saranno ridotte ad una stessa origine, unica per ciascuna stazione; le direzioni medie, rispetto all'origine e relative ad uno stesso punto, saranno mediate ove non presentino, tra i vari strati, differenze superiori a 15 secondi centesimali.

Qualora le differenze eccedano i limiti anzidetti le osservazioni andranno ripetute.

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

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

Il rilievo altimetrico della rete di raffittimento sarà effettuato con la livellazione trigonometrica e le letture zenitali saranno eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate.

Da ciascuna stazione si collimerà ad almeno 3 capisaldi della livellazione di precisione I.G.M.I. esistente nella zona (o di quella eseguita dall'Appaltatore), purché la distanza non superi 0,5 km, effettuando almeno due strati di lettura.

Qualora per particolari motivi dette distanze siano superiori al limite fissato, l'Appaltatore è tenuto a rispettare, per il rilievo altimetrico della rete di raffittimento, le stesse norme stabilite per la rete di inquadramento, con l'avvertenza che dovranno essere rispettate le tolleranze di seguito specificate.

La tolleranza planimetrica sui vertici della rete di raffittimento è fissata in \pm cm 5; quella altimetrica in $\frac{1}{4}$ della tolleranza stabilita per i punti quotati isolati della carta.

Al termine delle attività l'Appaltatore dovrà consegnare la relazione di calcolo, la planimetria in scala 1:25000 contenente la rappresentazione schematica della Rete di Raffittimento (grafo di tutti i vertici), i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le monografie di tutti i vertici e gli schemi delle operazioni topografiche eseguite.



2.5 PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO

Per l'orientamento assoluto del modello ottico del terreno si dovranno rilevare le coordinate planoaltimetriche di almeno quattro punti fotografici in ciascun modello e la quota di un punto al centro. I quattro punti d'appoggio determinati planoaltimetricamente dovranno essere ubicati in modo tale che la spezzata congiungente detti punti risulti esterna alla porzione di fotogramma da restituire.

Nel caso in cui, per la copertura della zona, occorresse effettuare il rilievo per strisciate parallele, i quattro punti d'appoggio dovranno essere ubicati al bordo dei modelli, possibilmente nelle zone di sovrapposizione laterale e longitudinale con i modelli adiacenti.

La natura dei punti fotografici di appoggio deve essere tale da permettere una sicura collimazione stereoscopica planoaltimetrica nella osservazione delle fotografie aeree e la loro posizione deve essere individuata su una serie di foto positive su carta utilizzata nelle operazioni di campagna.

I punti d'appoggio anzidetti potranno coincidere, previo consenso della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, con i vertici della rete di inquadramento, di raffittimento o con i vertici della poligonale, purché questi coincidano con particolari in possesso delle predette qualità di individuazione stereoscopica sulle fotografie.

Il rilievo planimetrico di detti punti sarà effettuato appoggiandosi alla rete di inquadramento, di raffittimento o alla poligonale di rilievo con il metodo dell'intersezione in avanti, doppia o tripla, ovvero mediante intersezione laterale o triangolazione, secondo la conformazione del triangolo.

Nel caso dell'intersezione in avanti gli angoli nel punto da determinare non dovranno essere minori di 40 gradi centesimali; nel caso di intersezione laterale l'angolo sul punto non dovrà risultare inferiore a 25 gradi centesimali.

L'uso della intersezione all'indietro è ammesso solo quando vengono assunti quattro punti d'appoggio opportunamente disposti per una buona determinazione.

È consentita la determinazione planimetrica con il metodo dell'intersezione semplice o per azimut e distanza purché per le letture angolari siano eseguiti tre strati.

Il rilievo dei punti d'appoggio fotografici potrà essere eseguito sia con livellazione tecnica che con livellazione trigonometrica.

Nel secondo caso le osservazioni zenitali saranno effettuate con il metodo delle osservazioni coniugate, con almeno tre strati di lettura e collimando a punti di quota nota (vertici della poligonale o della livellazione e di precisione già esistente nella zona o di quella eseguita dall'Appaltatore, purché non distanti più di 0,5 km).

La quota del punto al centro andrà invece ricavata con le norme stabilite per la livellazione di precisione se la restituzione è in scala 1:500 o 1:1000 e con le norme stabilite per la livellazione tecnica o



tramite tecnologia GPS, utilizzando la metodologia di acquisizione in “Statico Rapido”, facendo stazione sui vertici della poligonale di quota nota, se la restituzione è in scala 1:2000 o 1:5000.

La tolleranza planimetrica e altimetrica dei punti fotografici è fissata pari a 1/2 di quella stabilita rispettivamente per le misure dirette e per i punti quotati isolati della carta.

Al termine delle attività l'Appaltatore consegnerà tutti i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le planimetrie in scala 1:25000 contenenti gli schemi operativi utilizzati per la determinazione dei punti, la stampa su carta di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio e dei punti quota, le monografie di tutti i punti e la relazione di calcolo delle coordinate (rif. Cap.6).

Nel caso di utilizzo di riprese aeree con tecnologia digitale:

- I punti di appoggio dovranno essere opportunamente distribuiti sul territorio, ed in quantità tale da garantire almeno un punto ogni 10 modelli. Il numero dei punti di appoggio a terra andrà convenientemente aumentato nel caso in cui il lotto presenti notevoli e diffusi dislivelli orografici o abbia particolare forma irregolare.

- I punti di appoggio a terra dovranno permettere tutti una sicura collimazione stereoscopica plano-altimetrica.

- I punti di appoggio a terra potranno coincidere con vertici della rete di inquadramento o di raffittimento, purchè

abbiano le dette proprietà di sicura identificazione stereoscopica.

- Le operazioni di misura sul terreno per la determinazione delle coordinate o della quota dei punti di appoggio per

la T.A. dovranno essere condotte in modo che ogni misura possa essere controllata

- Gli s.q.m. nella posizione plano-altimetrica di questi punti fotografici di appoggio dovranno comunque risultare

non superiori ai seguenti valori per la scala 1:1000, planimetria 0,15 m e altimetria 0,10 m ; per la scala 1:2000 , planimetria 0,25 m e altimetria 0,20 m;

Ciascun punto d'appoggio a terra sarà corredato da una monografia descrittiva, oggetto di consegna, che ne consenta il riconoscimento sui fotogrammi, direttamente o attraverso particolari ad esso collegati.

Delle monografie descrittive faranno parte i seguenti dati:

- codice o nome del punto;
- elemento cartografico di appartenenza;
- coordinate planimetriche (E ed N) e quota ortometrica (Q) del particolare fotografico



- foto a colori dell'elemento cartografico;
- schizzo planimetrico;
- data di esecuzione della monografia.

E' richiesta la determinazione di alcuni punti di verifica (check point), distribuiti sul territorio oggetto dell'appalto, in numero complessivamente non superiore al 20% dei punti di appoggio a terra.

Le coordinate di tali punti dovranno essere determinate con le stesse modalità di rilievo dei punti di appoggio a terra.

Essi verranno collimati in fase di T.A. e compresi nel calcolo di compensazione senza costituire vincolo, per verificare a posteriori le differenze fra le coordinate misurate e quelle derivanti dalla compensazione.

2.6 UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA GPS

Per la fase di determinazione della rete di raffittimento e di appoggio è consentito l'impiego della tecnologia GPS a doppia frequenza, esclusivamente per il calcolo della rete planimetrica, con le seguenti prescrizioni generali:

- a) Il numero minimo di strumenti (a doppia frequenza) sia pari a due
- b) Utilizzo del metodo "statico", "pseudo-statico" o "statico-rapido, da concordare con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto
- c) Le misure devono costituire poligoni chiusi aventi un numero massimo di lati pari a 8
- d) All'interno di tali poligoni è previsto lo stazionamento su tutti i punti della rete IGM95, nonché il "riattacco" altimetrico ai capisaldi di livellazione concordati con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto, per una corretta definizione dei parametri di rototraslazione dal sistema WGS84 al sistema nazionale
- e) Il numero minimo di satelliti il cui segnale è contemporaneamente ricevuto dalle stazioni durante le misure è pari a quattro
- f) L'elevazione minima di tali satelliti sull'orizzontale deve essere non inferiore a 15 gradi sessagesimali
- g) Durante le operazioni di misura il valore medio del rapporto segnale/rumore deve essere superiore ai minimi valori stabiliti dalle specifiche tecniche relative alla strumentazione in uso (in caso di non rispetto di tali valori andrà concordato con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto l'entità del prolungamento del tempo di misura)
- h) L'intervallo di acquisizione dei dati satellitari è pari a 20 secondi nel caso di utilizzo del metodo "statico" o "pseudo-statico" , e di 10 secondo nel caso di metodo statico-rapido.



In particolare, l'Appaltatore dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni, in funzione del metodo di misura adottato:

Metodo "statico":

- La contemporaneità delle osservazioni deve essere non inferiore a:
 - a) 30 minuti per lati di lunghezza inferiore a 15 km
 - b) 60 minuti per lati superiori a 15 km

Metodo "pseudo-statico":

- Le "baselines" devono avere una lunghezza inferiore a 10 km
- L'intervallo di riposizionamento deve essere compreso fra 50 e 110 minuti
- Lo stazionamento di tipo "itinerante" deve avere una durata compresa fra 5 e 10 minuti
- I satelliti osservati nella prima occupazione del vertice devono continuare ad essere osservati nelle sessioni di riposizionamento

Metodo "statico-rapido"

- La contemporaneità delle osservazioni deve essere non inferiore a:
 - a) 15 minuti per lati di lunghezza inferiore a 15 km
 - b) 30 minuti per lati superiori a 15 km

Il progetto della rete dovrà essere preventivamente sottoposto alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

I file creati da ogni sessione di lavoro devono essere consegnati alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto sia nel formato di uscita dello strumento di misura impiegato che nel formato RINEX 1.4 o versioni successive; dovranno inoltre essere consegnati i file in formato ASCII relativi alle singole "baselines", in un formato record documentato, contenenti necessariamente le seguenti informazioni (rif. Cap.6):

- 1) risultanze derivanti dalle "doppie" e "triple" differenze
- 2) la misura della "baseline" congiungente le due stazioni di osservazione, il relativo s.q.m. e la "ratio"
- 3) le differenze di latitudine, longitudine e quota sull'ellissoide WGS84 fra gli estremi della base



- 4) le coordinate latitudine, longitudine e quota di ciascun estremo della "baseline" ottenuti con le misure di "pseudorange"
- 5) l'azimut e l'elenco dei "bias" risolti

Il calcolo della compensazione dovrà mantenere fisse le coordinate WGS84 fornite dall'I.G.M.I. di uno dei punti IGM95 utilizzati, posizionato preferibilmente in prossimità del baricentro dell'area di intervento.

Prima di procedere alle successive fasi operative sono previsti i controlli "a", "b" e "c" descritti al par. 2.5.2

Le successive fasi prevedono:

- 1) Calcolo dei sette parametri di rototraslazione dal sistema satellitare pseudoWGS84 al sistema nazionale Gauss-Boaga, mediante il metodo dei minimi quadrati (formule di Helmert o di Molodenski)
- 2) Applicazione dei parametri di rototraslazione alle coordinate WGS84 compensate di tutti i punti di raffittimento calcolati in modo da riferirsi al sistema nazionale
- 3) Materializzazione, su manufatti stabili, di tutti i punti di raffittimento calcolati, possibilmente in posizione tale da consentirne l'utilizzo in fase di triangolazione aerea.

I software richiesti per l'esecuzione dei calcoli sono essenzialmente dei seguenti tre tipi:

- per la riduzione dei dati grezzi (calcolo delle "baselines") [normalmente fornito dalla casa costruttrice del ricevitore]
- per la compensazione delle "baselines" (basata sul principio dei minimi quadrati)
- per l'inquadramento della rete WGS 84 nel Sistema Nazionale

2.6.1 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALL' UTILIZZO DELLA TECNOLOGIA GPS

Ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione per l'Esecuzione del Contratto effettuerà i controlli seguenti:

- a) si analizza il valore medio del rapporto segnale/rumore registrato



- Criterio di verifica:

tale valore deve essere superiore ai minimi valori stabiliti dalle specifiche tecniche relative alla strumentazione in uso (in caso di non rispetto di tali valori andrà concordato con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto l'entità del prolungamento del tempo di misura)

b) si misurano gli scarti residui nelle singole componenti di ciascuna "baseline"

- Criterio di verifica:

Gli scarti residui nelle singole componenti di ciascuna "baseline" dovranno essere inferiori a 10 ppm. Tutte le misure che non rispettino tali condizioni dovranno essere ripetute.

c) Si dovrà verificare la congruenza della rete G.P.S. dell'I.G.M.I. con le coordinate WGS84 compensate di tutti i punti IGM95 utilizzati.

- Criterio di verifica:

Qualora gli scarti riscontrati risultino non accettabili la Direzione per l'Esecuzione del Contratto deciderà la rimozione dei vincoli di "fissità" dei punti IGM95 utilizzati.

2.7 PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO DA TRIANGOLAZIONE AEREA

Per la determinazione delle coordinate dei punti fotografici è consentito il ricorso alla triangolazione aerea purché vengano rispettate le tolleranze prescritte.

Il metodo e le norme di esecuzione saranno concordati con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto prima dell'inizio dei lavori, tenendo presente che in questo caso valgono le seguenti norme particolari:

- devono essere rilevati almeno 15 punti planimetrici e 25 altimetrici ogni 50 modelli
- tra una strisciata e l'altra deve essere predisposto almeno un punto di connessione per ogni modello
- in ogni modello deve essere determinata, con la triangolazione aerea, la posizione di un punto ben individuabile sul terreno, da utilizzare per le operazioni di collaudo
- gli scarti quadratici medi delle posizioni planimetriche e altimetriche dei punti fotografici, risultanti dai calcoli di compensazione, devono essere inferiori ad un quarto della tolleranza stabilita rispettivamente per le distanze dirette e per le quote dei punti isolati della carta

Di norma dovrà essere eseguita una triangolazione analitica, tenendo presente che:



- il calcolo di compensazione delle strisciate e dei blocchi deve essere effettuato con un calcolatore elettronico, utilizzando programmi scelti in accordo con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto

- le discrepanze fra le coordinate dei punti di appoggio della strisciata o del blocco e le coordinate calcolate per gli stessi punti in base agli elementi della compensazione e le discrepanze calcolate per lo stesso punto di connessione di due strisciate adiacenti non debbono superare la metà del valore della tolleranza stabilita per i punti quotati.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare una planimetria in scala 1:25000 (contenente l'indicazione della strisciata o del blocco, la posizione dei punti fotografici e i dati di compensazione), la stampa su carta di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio dei modelli e della strisciata o del blocco, le monografie dei punti e la relazione di calcolo.

2.8 COORDINATE RETTILINEE

Per la rappresentazione in coordinate "rettilinee" dovrà essere scelto un metodo di calcolo che garantisca nel passaggio da rappresentazione ellissoidica a rappresentazione piana o "rettilinea" di una deformazione paragonabile agli "errori strumentali di misura". Dovrà essere eseguita una trasformazione da coordinate geografiche WGS84 ottenute dalla compensazione della rete intrinseca in coordinate piane, utilizzando come meridiano di origine quello baricentrico alla zona di lavoro.

Il coefficiente "c" di contrazione dovrà essere calcolato con riferimento alla quota media, al raggio della sfera locale ed alle costanti ellissoidiche.

Nella relazione di calcolo dovranno essere riportati i seguenti valori:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

2.9 POLIGONALE



2.9.1 POLIGONALE A LATI LUNGHİ

Per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi che potrà essere disposta dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto in alternativa alla rete di raffittimento di cui al precedente punto 2.4, si prescrive che i lati siano il più possibile di lunghezza costante e che i vertici costituenti i loro punti d'incontro siano ubicati su manufatti stabili nel tempo e tali da consentire la più ampia visuale possibile.

Il rilievo angolare sarà effettuato con il metodo delle osservazioni a strati, eseguendo da ogni stazione almeno tre o quattro strati di letture azimutali secondo le prescrizioni della Direzione per l'Esecuzione del Contratto. I vari strati forniranno i valori degli angoli che, per essere mediabili, non dovranno presentare uno scarto superiore a 20 secondi centesimali.

Le osservazioni che superino tale valore andranno ripetute.

L'angolo per l'orientamento del primo lato della poligonale sarà rilevato con il metodo delle direzioni isolate effettuando quattro letture la mattina e quattro il pomeriggio per eliminare l'errore di fase; le relative letture, per essere mediabili, devono avere uno scarto non superiore a 20 secondi centesimali.

L'orientamento anzidetto verrà determinato collimando, ove possibile, almeno a quattro punti trigonometrici della rete di inquadramento.

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

- nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esista una rete di livellazione I.G.M.I. od una livellazione eseguita in precedenza dovrà determinarsi il dislivello tra le successive coppie di punti con osservazioni zenitali, eseguite con il metodo delle osservazioni coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando successivamente i valori calcolati in andata e ritorno

- nel caso che nella zona interessata dal rilievo esistano le livellazioni citate al punto precedente e sia possibile la collimazione diretta al caposaldo, il rilievo altimetrico di ciascun vertice, appoggiato ai capisaldi della rete di livellazione purché posti ad una distanza non superiore ad 1 km, sarà eseguito con il metodo delle osservazioni zenitali coniugate, effettuando la collimazione reciproca e mediando i risultati

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



2.9.2 POLIGONALE A LATI CORTI

Per la poligonale planimetrica a lati corti, da prevedere per le scale 1:1000 e 1:2000, si prescrive che i vertici, intervallati con i capisaldi della livellazione (che potranno anche far parte della poligonale) siano ubicati sulla banchina della Statale (o Provinciale) esistente nella fascia di terreno da restituire. La distanza tra i vertici di detta poligonale sarà variabile in relazione alla necessità di stabilire la visuale di ogni singolo cippo da quelli contigui e di individuare tutti i rettili dell'infrastruttura esistente.

In corrispondenza delle gallerie esistenti la poligonale passerà all'esterno e, ove ciò non fosse possibile, potrà essere autorizzata l'esecuzione di una triangolazione sostitutiva di collegamento ed il rilievo potrà essere appoggiato anche a tale triangolazione, restando però stabilito che, per le eventuali triangolazioni sarà compensata la spezzata di percorso più breve che stabilisce la continuità della poligonale stessa tra i due imbocchi della galleria.

Inoltre in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie, se in rettilo, la poligonale dovrà avere un lato supplementare aperto, all'interno della galleria e parallelo al suo asse.

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

Il rilievo angolare della poligonale dovrà essere eseguito con metodo delle osservazioni a strati, con le prescrizioni stabilite per la poligonale planoaltimetrica della classe di appartenenza.

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

Per la riduzione all'orizzonte di dette misure dovranno essere rilevati gli angoli zenitali, effettuando almeno due strati di letture angolari.

La poligonale rimarrà aperta, nonostante il rilevante sviluppo in lunghezza, e perciò il calcolo di essa non sarà influenzato da correzioni per eventuali errori di chiusura su punti trigonometrici dell'Istituto Geografico Militare Italiano, in modo da non modificare le coordinate dei vertici.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, le monografie di tutti i vertici della poligonale e dei punti trigonometrici I.G.M.I. di riferimento, la relativa planimetria in scala 1:25000, il profilo degli elementi della poligonale e la relativa relazione di calcolo.

2.9.3 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA POLIGONALE

I controlli previsti per le Poligonali sono i seguenti:

a) Per la poligonale planoaltimetrica a lati di lunghezza mediamente compresa fra 0,3 km ed 1 km



Posto: α	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
Δl	=	errore di chiusura lineare espresso in metri
n	=	numero dei vertici della poligonale
l	=	lunghezza dei lati espressa in metri
Σl	=	somma dei lati della poligonale espressa in metri

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se entrambe le seguenti condizioni sono rispettate:

$$\alpha \leq 0,0030$$
$$\Delta l \leq [0,002 \Sigma l + 0,0001 (\Sigma l)^2 + 0,005]$$

b) Per la poligonale planoaltimetrica a lati di lunghezza mediamente superiore a 1 km ed inferiore a 7 km

Posto:

α	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
rl	=	rapporto di accuratezza lineare
n	=	numero dei vertici della poligonale
Σl	=	somma dei lati della poligonale espressa in metri
ΔE e ΔN	=	differenze espresse in metri fra le coordinate Nord ed Est calcolate con la poligonale e le rispettive coordinate del punto trigonometrico desunte dalla monografia
A	=	10000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 0,3 km ad 1 km
A	=	30000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 1 km ad 3 km
A	=	60000 per la poligonale a lati lunghi mediamente da 3 km ad 5 km

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se entrambe le seguenti condizioni sono rispettate:

$$\alpha \leq 0,0020$$



c) Ogni 10 chilometri circa, nonché all'inizio e alla fine della poligonale, dovranno essere eseguite le chiusure su punti trigonometrici I.G.M.I.

- Criterio di verifica:

La poligonale sarà ritenuta accettabile se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

$$| \cdot \cdot | \cdot 0,0030$$

$$| \cdot l | \cdot [0,002 + 0,0001 (\cdot l) + 0,005]$$

$$| \cdot z | \cdot 40$$

dove:

n	=	numero dei vertici
$\cdot \cdot$	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
$\cdot l$	=	errore di chiusura lineare espresso in metri
$\cdot z$	=	errore di chiusura altimetrico espresso in mm
l	=	lunghezza dei lati espressa in metri
D	=	distanza in km.

Gli eventuali errori altimetrici, se contenuti entro i limiti di tolleranza suddetti, saranno ripartiti secondo i metodi della teoria degli errori.

2.10 LIVELLAZIONE GEOMETRICA

2.10.1 LIVELLAZIONE GEOMETRICA DI PRECISIONE

La livellazione geometrica di precisione da effettuarsi per la realizzazione di nuove linee di livellazione anche lungo la poligonale sarà condotta con il metodo della livellazione con battute dal mezzo. In ogni stazione il livello dovrà trovarsi ad uguale distanza dalle due stadi, con approssimazione non superiore al metro, e la distanza tra lo strumento e la stadia non dovrà superare i 30 metri.

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

Qualora lungo il percorso della livellazione si trovassero più capisaldi I.G.M.I., la livellazione si svilupperà tra ciascuna coppia di capisaldi.

Comunque, la tolleranza tra caposaldo iniziale e finale di tutta la livellazione dovrà essere contenuta nel limite specificato al par.2.8.1.



Prima di collegare la livellazione con un caposaldo dell' I.G.M.I. è fatto obbligo all'Appaltatore di assicurarsi che la quota del caposaldo sia rimasta invariata nel tempo.

Il livello impiegato nella livellazione dovrà essere preferibilmente di tipo digitale o in alternativa meccanico con: micrometro per la misura diretta delle frazioni di parte della graduazione, ingrandimento dell'obiettivo non inferiore a 30X, livella con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 20" per 2 mm di spostamento o congegno autolivellante di precisione equivalente, stato di rettifica verificato prima dell'inizio dei lavori e tutte le volte che la Direzione per l'Esecuzione del Contratto lo richiederà espressamente.

Le coppie di stadie dovranno avere: codice a barre, graduazione "centimetrata" o "mezzo-centimetrata" su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza in un unico pezzo, bol-la che ne permetta la posa verticale con l'approssimazione di qualche primo, puntale d'appoggio su capisaldi sferici, piastra trasportabile per battute intermedie di peso e stabilità sufficiente, stato di rettifica e taratura verificati e documentati.

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

Lungo i tratti delle esistenti infrastrutture stradali, quando la livellazione geometrica di precisione è finalizzata alla produzione di cartografie alle scale 1:1000 e 1:2000, dovranno essere rilevate e riportate sulla cartografia le quote del piano stradale in corrispondenza dei vertici della poligonale, delle opere d'arte, dei passaggi a livello, dei fabbricati, delle case cantoniere e dei cambi di livelletta, in modo da poter ricostruire il reale andamento altimetrico dell'infrastruttura.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali o i tabulati di calcolo, la planimetria di livellazione, il profilo, le monografie di tutti i capisaldi ricadenti nella zona interessata dal rilievo, la relazione di livellazione.

2.10.2 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA LIVELLAZIONE GEOMETRICA DI PRECISIONE

La livellazione geometrica di precisione sarà sottoposta ai seguenti controlli:

a) Si determinano le quote misurate in andata ed in ritorno, per tutti i capisaldi utilizzati per la livellazione

• Criterio di verifica:

nel caso di linea di livellazione aperta, il dislivello medio non dovrà superare ± 5 mm

nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare

$\pm 2,5$ mm

dove D è lo sviluppo della intera linea di livellazione espressa in km



Qualora il criterio non venga rispettato si dovrà ripetere la livellazione.

2.10.3 LIVELLAZIONE TECNICA

La livellazione tecnica per la realizzazione di nuove linee di livellazione, anche lungo la poligonale della relativa classe, sarà eseguita di norma solo per le restituzioni in scala 1:5000 e 1:10000. Con tale livellazione saranno determinate anche le quote assolute dei punti d'incrocio delle strade, dei passaggi a livello, delle opere d'arte lungo la statale esistente e del piano strada in corrispondenza delle opere d'arte.

Sarà eseguita con un livello fornito di bolla con centramento a coincidenza e sensibilità non inferiore a 30" per 2 mm di spostamento o dispositivo autolivellante equivalente, ingrandimento circa 25X, stato di rettifica controllato all'inizio dei lavori. Le coppie di stadia dovranno avere: graduazione centimetrata su legno o metallo preferibilmente di un pezzo unico, livella sferica per la posa verticale.

Le distanze tra strumento e stadia non dovranno superare gli 80 metri le battute saranno eseguite dal mezzo con ripetizione della misura in andata e ritorno. Dette misure potranno succedersi senza intervallo di tempo e con lo stesso operatore.

Prima di collegare i vertici della rete e della poligonale con un caposaldo di livellazione I.G.M.I. sarà necessario che l'Appaltatore si assicuri che la quota del caposaldo di riferimento sia rimasta invariata nel tempo.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare i libretti di campagna originali, la planimetria di livellazione, il profilo, le monografie di tutti i capisaldi ricadenti nella zona interessata dal rilievo, la relazione di livellazione.

2.10.4 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE ALLA LIVELLAZIONE TECNICA

La livellazione tecnica sarà sottoposta ai seguenti controlli:

a) Si determinano le quote misurate in andata ed in ritorno, per tutti i capisaldi utilizzati per la livellazione

- Criterio di verifica:

nel caso di linea di livellazione aperta, il dislivello medio non dovrà superare ± 18 mm

nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare ± 13 mm

dove D è lo sviluppo della intera linea di livellazione espressa in km

Qualora il criterio non venga rispettato si dovrà ripetere la livellazione.



2.11 MATERIALIZZAZIONE DEI VERTICI

L'Affidatario del servizio dovrà materializzare i vertici di rete, inquadramento, raffittimento, livellazione o di poligonale, secondo le seguenti prescrizioni e garantendo che gli stessi mantengano nel tempo la stabilità necessaria per ogni categoria di vertice.

2.11.1 CENTRINI METALLICI

In linea generale, ANAS S.p.A. richiede la materializzazione di centrini metallici, ubicati esclusivamente su strutture stabili, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- Testa emisferica con raggio di 4 mm ed altezza emisferica di 4 mm con foro di riferimento per il centramento;
- Corona sommitale con spessore di 5 mm e diametro di 26 mm;
- Fusto filettato con altezza di 60 mm con filettatura standard di tipo "fischer" e diametro fusto di 9 mm;
- Rondella in acciaio con diametro foro di 9.5 mm
- Fissaggio con tassello metallico tipo "fischer" in foro con diametro di 10 mm, eventuale fissaggio con tassello chimico bicomponente

Nel prezzo di materializzazione dei centrini è altresì compreso e compensato anche l'onere per il ripristino dei centrini eseguiti in difformità alle prescrizioni contrattuali o delle indicazioni di ANAS S.p.A. o trovati mancanti, rimossi o comunque instabili durante le operazioni di controllo effettuate da ANAS S.p.A.

2.11.2 PILASTRINI IN CLS

In caso di aree in cui non sono presenti strutture stabili per il fissaggio dei centrini metallici, l'Affidatario dovrà realizzare appositi pilastrini in cls aventi le seguenti caratteristiche minime:

- Pilastrini in calcestruzzo eseguiti in opera con dimensioni di 30 x 30 cm, fondati direttamente nel terreno a profondità non inferiore a 50 cm, completi di centrini metallici a testa sferica
- Realizzati in conglomerato cementizio con faccia superiore convessa, compresa e compensata la fornitura e posa in opera dei casseri.
- Centrini metallici posti in opera al momento del getto del calcestruzzo

Nel prezzo di realizzazione dei pilastrini è altresì compreso e compensato anche l'onere per il ripristino dei pilastrini eseguiti in difformità alle prescrizioni contrattuali o delle indicazioni di ANAS



S.p.A. o trovati mancanti, rimossi o comunque instabili durante le operazioni di controllo effettuate da ANAS S.p.A.

2.11.3 CHIODI SPARATI

E' consentito l'uso di "chiodi sparati" o picchetti in legno, soltanto nel caso in cui la segnalazione sia di carattere temporaneo (indicazione delle sezioni da rilevare, stazionamento temporaneo fuori centro ...)

Il ricorso ai "chiodi sparati" è consentito per la materializzazione di punti soltanto su manufatti in conglomerato cementizio che non presentino fenomeni di degrado, previa autorizzazione di ANAS S.p.A.

2.12 RESTITUZIONE DEI FOTOGRAMMI ED APPRONTAMENTO DELLA MINUTA DI RESTITUZIONE

La cartografia sarà inquadrata nella proiezione Gauss-Boaga nel sistema geodetico nazionale (ellissoide internazionale orientato a Roma Monte Mario) o nel sistema UTM e verrà disegnata di norma per le scale 1:5000 e 1:10000 con coordinate Gauss-Boaga o UTM nei fusi 32 o 33 e per le scale 1:500, 1:1000 e 1:2000 con coordinate "rettilinee".

In ogni caso, per le restituzioni in scala 1:2.000, la cartografia dovrà essere rappresentata sia in coordinate rettilinee che nel sistema cartografico indicato dal Direttore per l'Esecuzione del Contratto (UTM o Gauss Boaga).

L'Appaltatore, prima di iniziare il lavoro di restituzione, su richiesta della Direzione per l'Esecuzione del Contratto, dovrà comunicare i nominativi del personale addetto alla restituzione e con quali strumenti restitutori intende eseguire tale lavoro.

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di accertare l'idoneità del personale e del restitutore. Comunque criterio fondamentale per la valutazione di idoneità del restitutore è quello della precisione altimetrica strumentale: gli errori in quota di origine strumentale non debbono superare in nessun punto del modello l'uno per diecimila della quota di volo.

L'accertamento dello stato di rettifica strumentale, eseguito mediante restituzione di reticoli, deve essere compiuto prima dell'inizio della restituzione con la partecipazione eventuale di un incaricato della Direzione per l'Esecuzione del Contratto ed i documenti originali debbono essere trasmessi alla Direzione stessa.

Dalla restituzione di detti reticoli, compiuta secondo le modalità adeguate al tipo di restitutore, dovrà risultare che:

- gli s.q.m planimetrici m_x e m_y (calcolati dividendo lo s.q.m planimetrico sul modello per il numero degli ingrandimenti del modello stesso) siano contenuti:



- per la restituzione in scala l:1000 e l:2000 entro 4• ,
- per la restituzione in scala l:5000 e l:10000 entro 7• ;
- lo s.q.m altimetrico mz (ottenuto come s.q.m in Z sul modello e diviso per la distanza di proiezione), espresso percentualmente alla quota di volo, sia contenuto:
 - per la restituzione in scala l:1000 e l:2000 entro 0,05‰,
 - per la restituzione in scala l:5000 e l:10000 entro 0,1‰.

Nel restitutore deve potersi correggere la distorsione se questa superi 0,01 mm

Le operazioni di orientamento relativo ed assoluto di ogni modello debbono essere compiute da un operatore esperto e secondo la prassi normale. Per ogni modello orientato dovrà essere compilata una scheda dalla quale risultino: le indicazioni relative ai fotogrammi utilizzati, gli elementi di orientamento strumentali delle due camere, la scala del modello, gli scarti in planimetria e quota su tutti i punti di appoggio interni al modello, la data di inizio e di fine della restituzione.

Gli scarti planimetrici sui punti di appoggio non dovranno in nessun caso superare 0,3 mm grafici, gli scarti altimetrici devono essere contenuti nella metà delle tolleranze cartografiche stabilite per i punti quotati isolati.

Qualora, malgrado ripetuti tentativi, non risulti possibile portare gli errori su di un punto d'appoggio entro i limiti predetti, si dovrà innanzi tutto ricercare la causa di tale fatto (errori di calcolo, di identificazione o altro), dopo di che, se le discrepanze sussistono, detto punto non dovrà essere utilizzato per l'orientamento assoluto del modello. Ove possibile dovrà essere reintegrato con un altro punto di appoggio.

L'operatore allo strumento restitutore dovrà possedere esperienza e abilità sufficiente per eseguire le operazioni di restituzione e di foto-interpretazione delle fotografie aeree.

Nel corso della restituzione l'operatore dovrà saltuariamente assicurarsi che siano rimasti inalterati l'orientamento esterno della coppia dei fotogrammi e "l'ingrandimento" iniziale tra il modello ottico e il foglio di disegno. Qualora risultino variati, dovrà provvedere alle necessarie rettifiche con le modalità richieste dai singoli tipi di restitutore.

Corretto l'orientamento esterno o l'ingrandimento, si dovrà tornare sul tracciamento planaltimetrico eseguito procedendo a ritroso e sostituendo ad esso, fin dove occorra, un nuovo tracciamento.

Detti controlli andranno comunque eseguiti all'atto di ciascuna sospensione o ripresa del lavoro di restituzione e i singoli risultati ottenuti saranno trascritti in un apposito "Giornale di restituzione" che l'Appaltatore dovrà tenere nel locale ove si svolge il lavoro. Tale giornale dovrà essere consegnato alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto al termine della presente fase di lavoro.



L'Appaltatore è tenuto a permettere l'accesso di un incaricato della Direzione per l'Esecuzione del Contratto in qualsiasi momento ai locali ove si svolge la restituzione e a mettere a sua disposizione tutti i documenti relativi alle operazioni in corso che la Direzione per l'Esecuzione del Contratto stessa riterrà utile consultare.

Nella rappresentazione planimetrica saranno riportati tutti gli elementi di base del rilievo, tutte le particolarità topografiche e la nomenclatura, con speciale riguardo alle statali e alle relative opere d'arte, ai passaggi a livello, alle strade in genere, ai fabbricati, ai corsi d'acqua, ai canali e ai fossi, con rappresentazione convenzionale delle scarpate, degli argini e dei manufatti, così da avere l'esatta ed aggiornata raffigurazione planimetrica del terreno a mezzo del disegno e dei simboli di uso corrente che saranno sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

Le curve di livello saranno distinte in:

- Direttrici, con equidistanza pari a un duecentesimo del denominatore della scala cartografica e disegnate con una linea continua leggermente più marcata delle altre contraddistinte dal proprio valore metrico. Tale valore verrà sempre scritto con la base rivolta a valle e posizionato a cavallo della curva stessa che in quel tratto non sarà disegnata;
- Ordinarie, con equidistanza pari a un quinto di quella relativa alle curve direttrici e disegnate con una linea a tratto sottile;
- Ausiliarie, con equidistanza pari a un decimo di quella relativa alle curve direttrici e disegnate con linea a tratto sottile.

Le curve ausiliarie saranno usate quando, con l'equidistanza stabilita, non sia possibile esprimere tutte le irregolarità del terreno (cocuzzoli, selle, fossi, bruschi cambiamenti di pendio tra curva e curva).

Nelle zone in cui la determinazione dell'orografia risulti incerta per la presenza di fitta vegetazione le curve di livello saranno disegnate a tratti.

Esse comunque dovranno essere appoggiate ai saltuari vuoti presenti nell'arboratura, restituendo per un conveniente numero di punti le quote a terra.

Qualora la copertura sia eccezionalmente intensa e continua, tanto che la prassi indicata non risulti applicabile, verrà omesso il tracciamento delle curve di livello. In tale caso si avrà però cura di determinare al restitutore, e indicare in cartografia, le quote del maggior numero di punti a terra che possano essere osservati al restitutore secondo la prassi già indicata.

Le curve di livello non saranno tracciate in terreni uniformemente pianeggianti, con pendenza inferiore al 2%.

In questo caso si fornirà un numero di punti quotati atti a rappresentare il terreno stesso.



Di seguito sono elencate alcune prescrizioni generali riguardanti il contenuto delle planimetrie, il cui dettaglio è definito al punto 10 "Prescrizioni Tecniche per la Redazione degli Elaborati".

Le planimetrie in scala 1:10000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 50, quelle ordinarie con equidistanza di m 10 e le ausiliarie con equidistanza di m 5
- le quote di punti caratteristici del terreno
- almeno un punto quotato in media ogni 2 ettari, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione tecnica ogni 500 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote degli assi stradali rilevate mediante livellazione tecnica ogni 200 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutti i vertici della rete di raffittimento, i punti fotografici d'appoggio, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote.

Le planimetrie in scala 1:5000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 25, quelle ordinarie con equidistanza di m 5, le ausiliarie con equidistanza di m 2,50
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- almeno due punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione tecnica ogni 200 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote degli assi stradali rilevate mediante livellazione tecnica ogni 100 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)



- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutti i vertici della rete di raffittimento, i punti fotografici d'appoggio, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Le planimetrie in scala 1:2000 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 10, quelle ordinarie con equidistanza di m 2, le ausiliarie con equidistanza di m 1
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 20 m.
- almeno cinque punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 100 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 50 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere dalla cartografia le altezze dei fabbricati stessi
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Le planimetrie in scala 1:1000 dovranno contenere:



- le curve di livello direttrici con equidistanza di m 5, quelle ordinarie con equidistanza di m 1, le ausiliarie con equidistanza di m 0,50
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 10 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- almeno dieci punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 50 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Le planimetrie in scala 1:500 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza pari a un duecentesimo del denominatore della scala, quelle ordinarie con equidistanza pari a un quinto di quella stabilita per le curve direttrici;
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 10 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.



- almeno venti punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 20 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 10 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutte le entità con spessori e dimensioni superiori a 0.50 m
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote

Nelle cartografie, in tutte le suddette scale, dovrà tenersi particolare riguardo alla rappresentazione del corpo stradale indicando anche le opere d'arte ecc., con le relative nomenclature.

In particolare, per le scale 1:500, 1:1000 e 1:2000, si prescrive che per le opere d'arte (esclusi i tombini di luce inferiore ai due metri) dovranno essere effettuate ricognizioni e misurazioni dirette sul posto in modo da rilevare (quando non sia possibile desumerlo dai fotogrammi) la luce delle opere e le altre eventuali particolarità da riportare sulle planimetrie.

Al termine dei lavori l'Appaltatore dovrà consegnare la planimetria contenente la ripartizione e la numerazione dei fogli, i certificati originali (o copia autenticata) relativi allo stato di rettifica degli strumenti utilizzati per la restituzione, il "Giornale di restituzione", le minute di restituzione, il protocollo di restituzione.

2.13 RICOGNIZIONE ED INTEGRAZIONE DELLA MINUTA DI RESTITUZIONE CON OPERAZIONI A TERRA

L'integrazione metrica del rilievo riguarderà soprattutto i seguenti elementi:



- rilievo diretto sul terreno, a mezzo di operazioni topografiche ordinarie di precisione adeguata, in quelle zone rimaste defilate dalle ombre presenti sulle fotografie o mascherate da vegetazioni molto fitte
- inserimento, in posizione corretta, di elementi nuovi costruiti nel frattempo e, se necessario, delle costruzioni sotterranee interessate dalla fascia restituita
- misura dell'ampiezza delle grondaie dei tetti degli edifici allo scopo di correggere gli errori di restituzione relativamente alle dimensioni degli edifici (sgondature)

Dal punto di vista qualitativo con la ricognizione si dovrà:

- inserire la toponomastica, ricavandola sia da documenti scritti, sia da informazioni dirette;
- riportare i limiti amministrativi (statali, regionali, provinciali, comunali ecc.) tramite documenti forniti dalle Amministrazioni
- indicare le colture e le specie arboree principali
- contrassegnare gli edifici pubblici, quelli di importanza essenziale per la comunità e quelli di interesse storico-artistico
- prendere nota degli elementi morfologici necessari per una corretta compilazione della carta
- classificazione delle strade e delle linee ferroviarie

Completata questa attività, prima di passare all'approntamento dell'originale di restituzione, l'Appaltatore procederà ad un controllo completo verificando, con i fotogrammi, le minute di restituzione, i brogliacci della ricognizione sul terreno, i calcoli della poligonale, quelli della livellazione, e l'originale della carta, che vi sia congruenza tra i punti quotati e le curve di livello e che non vi siano errori grossolani nelle quote.

Dalla minuta di restituzione, così verificata, otterrà "l'originale di restituzione", che dovrà essere nitido e preciso.

L'Appaltatore controllerà quindi che il disegno sia fedele rispetto alla minuta di restituzione verificherà l'esattezza dei valori delle coordinate della parametratura, i toponimi, ecc.

2.14 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AI FOGLI CARTOGRAFICI

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto sottoporrà a controllo, in campagna, i rilievi eseguiti, scegliendo a suo insindacabile giudizio le zone da controllare sia per ubicazione che per estensione. Per l'esecuzione di detti controlli, l'Appaltatore fornirà la mano d'opera ausiliaria neces-



saria e una autovettura con autista, attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

2.14.1 CONTROLLO PLANIMETRICO

Il controllo planimetrico della cartografia tracciata prevederà le seguenti fasi:

a) Si determina lo scostamento $|d' - D.S. |$ tra la distanza d' fra due punti misurata sulla cartografia e quella D fra i due punti stessi misurata direttamente sul terreno e ridotta nella scala S della carta

- Criterio di verifica:

$|d' - D.S. | \cdot 0,3$ mm (e cioè non superiore all'approssimazione grafica) per misure effettuate tra asse dell'infrastruttura e punti notevoli dell'infrastruttura stessa (per es: marciapiedi, fabbricati, picchetti della poligonale, ecc.);

$|d' - D.S. | \cdot (0,3 + d'/1000)$ mm per distanze tra due punti caratteristici inferiori a 300 mm sulla carta;

$|d' - D.S. | \cdot 0,6$ mm per distanze tra due punti caratteristici superiori a 300 mm sulla carta.

b) Si leggono le coordinate di un punto caratteristico della carta e si confrontano con quelle calcolate a partire dai vertici della rete geodetica d'inquadramento

- Criterio di verifica:

dove:

$N'p, E'p$ = coordinate grafiche

Np, Ep = coordinate calcolate dai vertici della rete geodetica d'inquadramento

S = scala della carta

c) Si procede al nuovo tracciamento di particolari ben definiti, già tracciati con la coppia di fotogrammi montati nel restitutore.

- Criterio di verifica: gli scarti fra i due tracciamenti non devono superare il normale errore di graficismo (0,3 mm)

d) Si esegue un nuovo tracciamento di particolari ben definiti compresi nella zona marginale delle coppie in corso di lavoro e ricadenti anche nelle coppie contigue già tracciate

- Criterio di verifica: tra i due tracciamenti possono ammettersi scarti di entità di superiore al mezzo millimetro grafico, purché fuori dalla sede stradale



Nei quattro casi considerati, ove gli scarti superino i limiti sopraindicati, si stabiliranno le cause dell'errore e, se necessario, si dovranno apportare alla planimetria le rettifiche occorrenti.

2.14.2 CONTROLLO ALTIMETRICO

Il controllo altimetrico al restitutore dei punti quotati isolati e dei punti caratteristici (spalle di ponti, manufatti, piani stradali, eccetera) si effettuerà nella maniera seguente:

a) Si pone su alcuni punti quotati la marca e mediante la relativa lettura della quota strumentale, dopo aver accertato la perfetta collimazione in quota della marca sul modello ottico

• Criterio di verifica: fra la quota strumentale e quella indicata in cartografia è tollerato uno scarto non superiore a:

- ± m 0,05 per la scala 1:1000
- ± m 0,08 per la scala 1:1000
- ± m 0,16 per la scala 1:2000
- ± m 0,40 per la scala 1:5000
- ± m 0,80 per la scala 1:10000

b) Si determina la differenza massima fra le quote risultati in un profilo rilevato direttamente sul terreno e quelle corrispondenti dedotte graficamente dalla cartografia lungo lo stesso profilo in corrispondenza delle curve di livello

• Criterio di verifica: fra le quote rilevate e quelle dedotte dalla cartografia è tollerato uno scarto non superiore a:

- ± cm 5 per la scala I:500
- ± cm 10 per la scala I:1000
- ± cm 20 per la scala I:2000
- ± cm 50 per la scala I:5000
- ± cm 100 per la scala I:10000

Per controllare il tracciamento dell'altimetria rappresentata mediante curve di livello (solo per pendenze medie superiori al 2%), si effettueranno le seguenti operazioni:



a) si porrà la matita tracciante sopra un punto di una determinata curva di livello e si collimerà in quota con la marca del restitutore, il modello ottico del terreno nel punto corrispondente

• Criterio di verifica: la quota fornita al restitutore dovrebbe differire dalla quota della curva per uno scarto non superiore a:

± m 0,10 per la scala 1:500

± m 0,15 per la scala 1:1000

± m 0,30 per la scala 1:2000

± m 0,75 per la scala 1:5000

± m 1,50 per la scala 1:10000

a) nelle zone dove la pendenza media del terreno è maggiore del 15% le curve di livello saranno controllate mediante un secondo tracciamento

• Criterio di verifica n.1: la differenza fra i due tracciamenti deve essere compresa nei 2/3 della striscia limitata da due curve contigue del tracciato originale.

• Criterio di verifica n.2: le tolleranze suddette non devono essere superate per oltre il 5% dello sviluppo totale approssimativo delle curve ritracciate, ferme restando le tolleranze cartografiche stabilite

L'esito dei controlli sarà ritenuto favorevole soltanto se in nessun tipo di verifica effettuata si superino i seguenti limiti.

Non sarà dichiarato accettabile il foglio in cui si trovino più di due punti fuori tolleranza o nel quale vi sia più di un errore grossolano in un'area di $10 (N / 1000)^2$ ettari, ove N è il denominatore della scala cartografica.

Si intende per errore grossolano planimetrico quello che in planimetria supera il doppio della tolleranza ammessa.

L'errore grossolano altimetrico è invece quello che in quota supera una volta e mezza la tolleranza ammessa.



Errore grossolano è considerato anche la mancanza di uno solo dei particolari planimetrici, quali ad esempio fabbricati, ponti, viadotti, muri di sostegno strade, ecc., la sua errata rappresentazione planimetrica o cifre anagrammate di quote.

I fogli dichiarati non accettabili saranno restituiti all'Appaltatore, il quale provvederà a proprie cura e spese alla loro totale verifica e rettifica; detti fogli saranno poi sottoposti dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto ad un secondo controllo, fatte salve le risultanze dell'accertamento della regolare esecuzione o del collaudo.

L'Appaltatore è tenuto ad effettuare tutte le necessarie rettifiche che emergessero dal suddetto controllo.

L'Appaltatore dovrà quindi presentare i fogli cartografici alle Autorità competenti per il rilascio dell'autorizzazione alla diffusione. Le eventuali modifiche richieste dovranno essere riportate dall'Appaltatore sugli originali cartografici.

3 GENERAZIONE DI ORTOFOTO, MODELLI ALTIMETRICI A GRANDE SCALA

3.1 SPECIFICHE TECNICHE GENERALI

Le tipologie di ortofoto considerate sono sostanzialmente 3:

- Tipo A: ortofoto orientate ad applicazioni prevalentemente cartografiche, distinte nei sottotipi:
 - A1: ortofoto ordinaria;
 - A2: ortofoto di precisione;
- Tipo B: ortofoto speditive per applicazioni prevalentemente tematiche e di comparazione con carte tecniche.

Le caratteristiche individuate per la maggioranza dei valori standard esposti sono identiche nei 3 gruppi (in tale caso si indica una sola caratteristica senza differenziazione tra le tipologie); qualora in base agli scopi specifici di applicazione delle ortofoto si sia ritenuto necessario differenziare i parametri, questi vengono dettagliati separatamente. In questa parte del documento si riportano le prescrizioni per la produzione delle ortofoto ordinarie alla scala nominale grande (1:5000, 1:2000) e grandissima (1:1000, 1:500).

3.2 SISTEMI DI RIFERIMENTO



Nella produzione delle ortofoto digitali si prevede l'utilizzo dei seguenti sistemi di riferimento e di coordinate:

- il sistema geodetico (datum) ETRS89 nella sua realizzazione ETRF2000 (epoca 2008.0) materializzato dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN), con coordinate geodetiche Latitudine, Longitudine, Altezza ellissoidica riferite all'Ellissoide WGS84;
- la rappresentazione cartografica conforme UTM (coordinate cartografiche Est, Nord UTM-WGS84-ETRF2000).

Questo sistema di riferimento, detto "nativo", si utilizza nelle singole fasi di produzione quali l'acquisizione dei dati, il rilievo sul terreno, la Triangolazione Aerea. L'ortofoto, generata nel sistema di riferimento geodetico cartografico nativo, potrà essere successivamente sottoposta a passaggi in altri sistemi di riferimento, utilizzando i software e i grigliati di trasformazione.

3.3 TOLLERANZA PLANIMETRICA

Gli sqm planimetrici e le tolleranze planimetriche per le varie tipologie di ortofoto alle varie scale sono contenute in Tabella seguente.

Occorre puntualizzare che per le ortofoto ordinarie e speditive, sono state definite due tolleranze planimetriche determinate dal modello altimetrico utilizzato:

1. una prima tolleranza più restrittiva, legata ai punti al suolo;
2. una seconda tolleranza meno restrittiva (pari a 3 volte la tolleranza precedentemente definita) per i punti elevati rispetto al terreno come tetti di edifici, ponti, viadotti, tralicci e strutture artificiali analoghe.

Nel caso dell'ortofoto di precisione, invece, tutti gli elementi rappresentati (anche quelli rilevati rispetto al terreno) devono soddisfare le tolleranze cartografiche tradizionali.

L'errore di posizione di questi punti elevati rispetto alla superficie del terreno dipende sia dalla quota relativa dal terreno, sia dalla distanza dal centro del fotogramma.

3.4 RISOLUZIONE GEOMETRICA

La risoluzione geometrica, o spaziale, delle ortofoto è definita in base all'acuità visiva dell'occhio umano nella visione di una immagine digitale stampata alla scala nominale corretta, che corrisponde mediamente a 250-400 dpi.



Tale risoluzione per ortofoto digitali a grande e grandissima scala corrisponde alla dimensione del pixel al suolo (GSD, Ground Sample Distance) indicati nella seguente tabella:

In base alla tipologia di ortofoto considerata, si possono definire il valore minimo per la risoluzione a cui corrispondono i valori massimi del GSD visibili nella seguente tabella:

I valori di riferimento indicati in tabella sono tra quelli attualmente più in uso per grandi e grandissime scale in Italia e deve essere il riferimento corrente da adottare in applicazioni tematiche (tipo B).

I livelli inferiori della dimensione del pixel saranno adottati nel caso di esigenze specifiche di tipo cartografico.

3.5 RISOLUZIONE RADIOMETRICA

La risoluzione radiometrica è stabilita in funzione delle esigenze geometriche o tematiche dell'utilizzatore e della tipologia del dato spettrale (pancromatico, colore o multispettrale). I valori minimi di riferimento sono:

- 8 bit per pixel per le ortofoto B/N o pancromatiche, corrispondenti a 256 livelli di grigio. Questi valori radiometrici saranno rappresentati da una gamma di valori che va da 0 a 255, dove il valore 0 rappresenta il nero e il valore 255 il bianco; tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione di grigi dal nero al bianco;
- 24 bit per pixel per le ortofoto a colori, ovvero 8 bit per ogni banda cromatica principale (3 bande RGB: Red, Green, Blue) corrispondenti a 256 livelli di intensità per ciascuna banda. Questi valori radiometrici per ogni banda saranno rappresentati da una gamma di valori che va da 0 a 255, dove il valore 0 rappresenta il valore minimo e 255 il valore di saturazione della banda considerata (massima intensità); tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione dal minimo al massimo;
- $n \cdot 8$ bit per pixel per le ortofoto multispettrali e iperspettrali, ovvero 8 bit per ogni banda radiometrica con n bande radiometriche utilizzate, corrispondenti a 256 livelli di intensità per ciascuna banda radiometrica, in analogia con le immagini a colori. Questi valori radiometrici per ogni banda saranno rappresentati da una gamma di valori che va da 0 a 255, dove il valore 0 rappresenta il valore minimo e 255 il valore di saturazione della banda considerata (massima intensità); tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione dal minimo al massimo.

3.6 FORMATO DEI DATI DIGITALI



Per la fornitura delle ortofoto, a seguito di apposita autorizzazione da parte del Direttore per l'Esecuzione del Contratto, potranno essere utilizzati i seguenti formati standard:

- formato standard GeoTIFF nella versione Baseline. 2. il formato TIFF con associato il file di georeferenziazione avente stesso nome dell'immagine digitale ma estensione TFW;
- formato JPEG con associato il file di georeferenziazione avente stesso nome dell'immagine digitale ma estensione JGW;
- formato ECW (Enhanced Compression Wavelets);
- formato JPEG2000;
- formati BIL (Band interleaved by line), BIP (Band interleaved by pixel), BSQ (Band SeQuential).

3.7 DATA DEL RILIEVO

La data dell'ortofoto coinciderà con la data di acquisizione delle immagini digitali primarie (volo fotogrammetrico utilizzato o immagini da satellite) per la sua produzione.

E' necessario, altresì, indicare anche la data del modello altimetrico utilizzato che condiziona il contenuto metrico dell'ortofoto.

3.8 METADATI

Per la strutturazione delle informazioni inerenti i metadati si rinvia a quanto prescritto nel Decreto del 10 novembre 2011 "Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso".

3.9 PRODUZIONE DELLE ORTOFOTO DIGITALI

3.9.1 REQUISITI DELLE IMMAGINI PRIMARIE

Le immagini necessarie alla produzione di ortofoto digitali possono provenire da acquisizione aerea (analogica o digitale) e da piattaforma satellitare ad altissima risoluzione.

Date le differenti specificità del processo di acquisizione a seconda che si tratti di immagini aeree o satellitari requisiti associati a tali differenti tipologie vengono definiti con emissione di distinta documentazione.

Occorre comunque seguire le seguenti regole:



- il GSD massimo delle immagini primarie (ovvero la dimensione massima del pixel delle immagini proiettato a terra) deve essere sempre minore di 4/5 della dimensione del pixel nell'ortofoto finale;
- per la memorizzazione delle immagini primarie non è ammesso alcun tipo di compressione del tipo lossy: esse dovranno quindi essere memorizzate in formato TIFF non compresso o con compressione lossless (ad es. LZW), nel formato lossless del JPEG2000 o in altri formati non compressi.

3.9.2 IL MODELLO ALTIMETRICO

Il modello altimetrico utilizzato per la produzione delle ortofoto viene individuato in modo coerente con il documento "Ortoimmagini 10k e modelli altimetrici – Linee guida".

La Tabella seguente individua il livello caratteristico del modello altimetrico da utilizzare nella produzione di ortofoto a grande scala in funzione della tipologia di ortofoto e delle caratteristiche delle immagini acquisite.

Il livello altimetrico se non specificato nella Tabella seguente deve essere inteso con un DEM. La specifica dei modelli densi (DDEM o DDSM) sono indicati nelle celle apposite della Tabella seguente, per la produzione di ortofoto di precisione o ortofoto ordinaria o speditiva in scala 1:500.

Per ciascuno di questi casi si rinvia a specifica prescrizione nei documenti inerenti i modelli altimetrici.

3.9.3 PUNTI DI APPOGGIO (GCP) E DI CONTROLLO (CP)

Per svolgere le operazioni di orientamento esterno delle immagini digitali primarie è necessario determinare un insieme di punti d'appoggio (GCP = Ground Control Point) e di controllo (CP = Check Point). I risultati dell'orientamento esterno dipendono anche dalla precisione con cui tali punti sono stati determinati.

In particolare si prescrive che i GCP e i CP siano definiti secondo le precisioni planimetriche e altimetriche indicate in Tabella seguente.

In generale i GCP e i CP devono essere determinati mediante adeguate operazioni di rilievo topografico e geodetico sul terreno. Le precisioni stabilite per i punti d'appoggio sono uguali per le varie scale.

Nel caso di applicazioni speditive e/o tematiche (tipo B) per scale minori o uguali a 1:1000, è ammesso l'utilizzo di GCP e CP estratti da cartografia numerica preesistente a grande scala e comun-



que a una scala nominale adeguata con le precisioni indicate in Tabella: tali punti possono essere denominati MCP (Map Control Point).

3.9.4 GENERAZIONE DELL'ORTOFOTO E MOSAICATURA

L'ortorettifica deve essere realizzata adottando il modello altimetrico non sottoposto ad alcuna interpolazione preliminare.

Il metodo di ricampionamento delle immagini digitali da adottare può essere scelto tra l'interpolazione bilineare e la "convoluzione bicubica".

Qualora esistano delle significative variazioni di luminosità e contrasto tra fotogrammi adiacenti devono essere eseguite delle operazioni di stretching che omogeneizzino le radiometrie di fotogrammi da mosaicare. Tale operazione deve essere svolta in continuo su tutto il blocco in modo da determinare variazioni radiometriche variabili con continuità.

Nella produzione di ortofoto ordinaria o speditiva, la mosaicatura, effettuata attraverso la fase di assemblaggio dei dati digitali delle singole immagini allo scopo di ottenere le dimensioni stabilite per l'ortofoto, deve garantire la congruenza radiometrica e geometrica interna. Essa dovrà avvenire con l'istituzione di linee di taglio (cut line) che garantiscano la continuità degli elementi topografici tra i fotogrammi adiacenti e dovrà essere prodotta in formato vettoriale georiferito. Lo scostamento tra elementi geometrici corrispondenti a cavallo della linea di taglio non deve superare la tolleranza ammessa per l'ortofoto.

E' opportuno, in questa fase, scegliere le cut line tra linee naturali che delimitano il passaggio netto tra superfici ad elevata differenza radiometrica, consentendo quindi di mascherare l'abbinamento di immagini con diverse caratteristiche di luminosità e contrasto. Qualora non sia possibile eseguire tale scelta, le linee di sovrapposizione dovranno essere comunque individuate in modo da minimizzare le variazioni di tonalità.

In alcuni casi può essere applicato un filtraggio di smoothing lungo una predefinita fascia di sovrapposizione delle immagini al fine di rendere più omogeneo e graduale l'accostamento tra le immagini oggetto della mosaicatura. Tale miglioramento dei valori radiometrici deve essere localizzato e mirato esclusivamente a ridurre le differenze di tonalità nelle aree di unione tra le zone.

In fase di mosaicatura è opportuno l'utilizzo delle parti più centrali dei fotogrammi, che presentano in maniera meno evidente le deformazioni provocate dalle distorsioni d'altezza, in modo da garantire le tolleranze indicate in Tabella 1.

I manufatti a sviluppo verticale notevole (edifici, torri ecc.) sottoposti a forti distorsioni prospettiche, dovranno appartenere a un solo fotogramma.

Nel caso di ortofoto di precisione, è necessario utilizzare più fotogrammi sulla stessa zona in modo da recuperare tutte le informazioni possibili sul territorio rappresentato. In particolare, è necessario:



- per ogni porzione dell'ortofoto scegliere il fotogramma principale da cui estrarre la gran parte delle informazioni radiometriche;
- individuare le zone nascoste dagli edifici e dagli altri oggetti rialzati rispetto al terreno all'interno del fotogramma principale e procedere al loro riempimento, sfruttando i fotogrammi adiacenti che possono contenere immagini della stessa zona acquisite da centri di presa differenti;
- qualora non sia possibile ottenere le informazioni radiometriche sulle zone nascoste da nessun fotogramma, indicare queste parti di ortofoto con un colore predefinito a priori (per esempio bianco puro) che indica assenza di informazione.

Anche in questo caso, lo scostamento tra elementi geometrici corrispondenti estratti da differenti fotogrammi (per esempio a cavallo delle linee di separazione che delimitano le zone nascoste) non deve superare la tolleranza ammessa per l'ortofoto.

3.9.5 VERIFICHE SUL PRODOTTO FINALE

Sul prodotto finale si devono eseguire sostanzialmente le verifiche di:

- completezza: si valuta che le ortofoto fornite ricoprono l'area in oggetto, il formato dei dati sia corretto e leggibile, i metadati siano consistenti e corretti;
- contenuto: si verifica che il sistema di riferimento utilizzato, la dimensione e il taglio dei fogli siano corretti, la risoluzione geometrica e il contenuto radiometrico siano sufficienti;
- accuratezza: si controlla l'accuratezza del contenuto dell'ortofoto.

Quest'ultima verifica della qualità, da eseguire al termine della produzione come verifica dei risultati prodotti, si attua mediante la determinazione di una rete di punti di controllo (CP) caratterizzata da precisione più elevata rispetto ai dati da verificare e l'impiego di punti geodetici esistenti (punti o capisaldi fissi).

Questa rete di CP può essere realizzata con tecniche di rilievo diretto (stazione totale, misure GNSS, ...) che garantiscano precisioni di misura aventi accuratezza significativamente migliore (1 ordine di grandezza) rispetto alle tolleranze fissate

La verifica viene svolta su almeno il 5% dei fogli di ortofoto prodotti e dovrà coinvolgere per ogni foglio almeno:

- 20 dettagli planimetrici sul terreno;
- 20 particolari situati in posizione elevata.



4 PRODUZIONE DI MODELLI ALTIMETRICI MEDIANTE TECNICHE LIDAR A GRANDE SCALA

Ai fini del presente documento, il LiDAR è definito come un sistema laser aviotrasportato, installato a bordo di aerei o elicotteri, utilizzato per acquisire coordinate 3D di punti del terreno e di sue caratteristiche, siano esse naturali o artificiali. I sistemi LiDAR aviotrasportati comprendono un ricevitore GNSS, una Unità di Misura Inerziale (IMU) e un telemetro laser a scansione; sono poi necessarie stazioni GNSS a terra per il posizionamento differenziale.

Il sistema misura la distanza fra il laser e la superficie del terreno entro una striscia al di sotto del velivolo, la cui ampiezza dipende dalle finalità della missione e dalle densità e spaziatura che si desidera ottenere per i punti rilevati nonché da altri fattori.

La procedura per ottenere le coordinate 3D di un punto del terreno con LiDAR può essere divisa in due fasi principali:

- l'acquisizione dei dati da aeromobile (pianificazione del volo, approntamento delle stazioni di riferimento a terra, taratura del sistema, acquisizione dati vera e propria, elaborazione dei dati di navigazione);
- l'elaborazione dei punti laser rilevati, con applicazione di successivi filtraggi e classificazione dei punti del terreno (riduzione dei dati ed eliminazione dei punti rilevati su elementi non appartenenti al terreno, trasformazione delle coordinate nel sistema di riferimento prescelto, tenendo conto dell'ondulazione del geoido, interpolazione sulla griglia del DEM).

Inoltre la tecnologia LiDAR consente di ottenere direttamente anche il DSM per semplice interpolazione delle osservazioni, previa rimozione di eventuali errori grossolani (AIR point e LOW point).

4.1 CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE

I sensori utilizzati devono possedere i necessari requisiti di precisione, devono essere calibrati e testati in modo tale da garantire il raggiungimento dell'accuratezza prevista per ciascun prodotto.

Lo scanner laser installato a bordo dell'aeromobile dovrà avere:

- potenza conforme alle norme di sicurezza ovvero tali da garantire la salvaguardia della salute umana;
- capacità di registrare più distanze per ogni singolo impulso laser al fine di discriminare le altezze del terreno in presenza di coperture arboree e vegetali;
- capacità di registrare il valore di intensità del segnale di ritorno da utilizzarsi quale ulteriore parametro per la classificazione dei punti.



Il rilievo sarà effettuato oltre che con la strumentazione di bordo (GNSS – IMU), con almeno 3 ricevitori GNSS, di classe geodetica, posizionati a terra su punti noti o comunque determinabili nel sistema di riferimento adottato con precisione non inferiore a ± 5 cm, con frequenza di registrazione pari almeno a una misura al secondo (1 Hz). E' ammesso l'uso di Virtual RINEX generato da rete RTK in uno o più punti baricentrici rispetto alla zona del rilievo.

Le stazioni GNSS di riferimento a terra dovranno trovarsi a meno di 50 km dall'aeromobile e garantire la ricezione del segnale da almeno cinque satelliti intercettati contemporaneamente dal sistema GNSS a bordo dell'aeromobile.

Le stazioni a terra potranno coincidere con:

- stazioni di reti permanenti regionali o nazionali;
- vertici della rete geodetica fondamentale (attualmente IGM95) o suoi raffittimenti regionali;
- vertici di raffittimento, ottenuti mediante posizionamento rispetto alle reti di stazioni permanenti o tramite collegamento almeno a tre vertici appartenenti alla rete geodetica fondamentale (IGM95) o a suoi raffittimenti regionali.

Gli aeromobili utilizzati devono essere adeguati ad operare alle quote di progetto, risultare idonei a garantire le specifiche richieste in termini di densità, distribuzione e accuratezza dei punti quotati acquisiti con il sensore LiDAR e devono essere regolarmente abilitati alla specifica attività.

4.2 CALIBRAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

La strumentazione deve essere calibrata durante l'esecuzione di ciascun "blocco" di rilievo mediante l'utilizzo di aree-test.

Tali aree dovranno essere pianeggianti, contenere sia spazi aperti (ad es. piazzali, parcheggi, campi da calcio,...) sia fabbricati grandi e regolari (ad esempio edifici industriali), che presentino particolari chiaramente individuabili in corrispondenza di variazioni brusche di pendenza (spigoli). In ogni caso saranno scelte in modo tale che su di esse sia garantita un'alta precisione della misura delle quote. Nelle aree-test verranno effettuate, preventivamente alla calibrazione, rilievi a terra di punti di controllo sul terreno (GCP) con strumentazione che garantisca un'accuratezza significativamente superiore a quella del rilievo LiDAR (ad esempio misure GNSS con ricevitori di classe geodetica). In fase di acquisizione del dato, tali aree-test verranno utilizzate per verificare la stabilità della calibrazione dei sensori e l'eliminazione o la riduzione di eventuali errori sistematici.

Le analisi statistiche relative ai confronti tra dati LiDAR e dati acquisiti a terra dovranno essere rese disponibili e dovranno essere segnalate eventuali correzioni di errori sistematici.

4.3 MATERIALE DI CONSEGNA DOPO IL VOLO



Eseguito il volo dovranno essere consegnati, per la valutazione della qualità del rilievo, una relazione tecnica con la descrizione e la documentazione completa delle operazioni svolte, tutti i dati accessori utilizzati per il raggiungimento del risultato finale atteso e i prodotti finali di consegna.

Nella relazione dovranno essere inoltre riportate tutte le eventuali criticità riscontrate nella fase del volo e nelle successive elaborazioni. I grafici e le carte allegati saranno consegnati anche in un formato GIS da concordare con il Direttore per l'Esecuzione del Contratto.

In particolare essa dovrà contenere:

- L'autocertificazione scritta sui seguenti punti:
 - o che non si sono verificati problemi tecnici durante i voli per l'acquisizione dei dati;
 - o che i dati non sono affetti da bias; durante il rilievo non si sono verificate variazioni anomale dei parametri di assetto dell'aeromobile
 - o che le aree rilevate non presentano alcuna discontinuità.
- i grafici con l'interasse e l'ingombro delle strisciate e i dati dei voli;
- il rapporto di volo;
- le monografie dei punti e le coordinate dei rilievi effettuati a terra (incluse le aree-test e altre eventualmente ritenute necessarie), la documentazione relativa alla determinazione delle stazioni GNSS di riferimento e le loro monografie;
- i risultati dei confronti 3D tra i punti rilevati con il LiDAR e le aree-test e opportune analisi statistiche (valori minimo, massimo, media, sqm) sugli stessi: (disponibili anche in formato di foglio di calcolo elettronico);
- i file in formato RINEX relativi alle misure GNSS acquisite dai ricevitori di riferimento e dal ricevitore a bordo e la documentazione del processo di elaborazione;
- i file (in formato ascii) relativi alle misure IMU;
- tutti i dati e le elaborazioni, anche ai fini del controllo di qualità, compreso il corretto funzionamento dei sistemi di posizionamento satellitare sia a bordo dell'aeromobile sia delle stazioni a terra e i valori di PDOP; in particolare saranno consegnati:
 - o il grafico con l'andamento del PDOP;
 - o la tabella (in formato di foglio di calcolo elettronico) e il grafico del confronto tra le diverse (e almeno tre) soluzioni per la traiettoria, per ogni coordinata (anche nel caso di soluzione di rete)
 - o il grafico relativo alla modalità di determinazione delle ambiguità, ovvero se sono state fissate intere o reali;
 - o il grafico delle coperture satellitari sulle stazioni GNSS di riferimento e sul ricevitore dell'aeromobile.



- il grafico e il tabulato in formato di foglio di calcolo elettronico con il ricoprimento trasversale tra le varie strisciate;
- i dati acquisiti in formato LAS o LAZ (LASer common data exchange format, vedi).

4.4 DEFINIZIONE DELLE QUOTE ORTOMETRICHE

La georeferenziazione dell'aeromobile e, conseguentemente, dei punti rilevati deve essere riferita al sistema di riferimento adottato per la produzione delle cartografie.

Inoltre, le quote ellissoidiche devono essere trasformate in quote ortometriche in base al modello di geoide (ITALGEO) più recente (attualmente ITALGEO2005), messo a disposizione dall'Istituto Geografico Militare.

Qualora i dati siano richiesti anche in altri sistemi geodetici – cartografici utilizzati in ambito nazionale (ROMA1940, ED1950), le trasformazioni dovranno essere eseguite con la metodologia e gli strumenti messi a disposizione dall'Istituto Geografico Militare (procedura Verto, nella versione più recente).

4.5 FILTRAGGIO E CLASSIFICAZIONE

Tra i prodotti oggetto di consegna, l'esecutore del rilievo deve fornire il modello digitale del terreno, ottenuto per interpolazione dalle sole quote del terreno nudo; deve pertanto eliminare dai dati LiDAR i punti rilevati su ponti, edifici e altre strutture e quelli sulla vegetazione.

Tale operazione prende il nome di filtraggio e classificazione e consiste nell'assegnazione dei punti della nuvola LiDAR ad almeno 3 categorie. Innanzitutto si dovranno separare le classi terreno e non terreno e, in seguito, i punti non terreno dovranno essere classificati in vegetazione e artefatti.

In questa fase dovranno essere individuati e indicati con una categoria apposita i punti che risultino, in base a test statistici, errori grossolani. Un possibile approccio a questo riguardo è l'utilizzazione di un'interpolazione polinomiale localizzata (funzioni spline) con passo ampio (indicativamente 30-50 m) e l'analisi delle differenze tra valori interpolati e valori rilevati. Una differenza significativa (tale valore dipendente fortemente dalla morfologia del terreno) può essere indicatrice di un possibile dato anomalo.

Dovranno essere consegnati in questa fase

- relazione sulle procedure e software utilizzati per la rimozione degli errori grossolani e per il filtraggio, contenente anche l'indicazione di eventuali criticità riscontrate;
- test e verifiche eseguite dall'esecutore del rilievo per verificare la bontà del risultato ottenuto;



- i file contenenti le coordinate planimetriche, le quote ortometriche, il valore dell'intensità e il codice di classificazione.

4.6 DATI ELABORATI E PRODOTTI FINALI DI CONSEGNA

Dovranno essere consegnati in questa fase:

- relazione sulle procedure e software utilizzati per il calcolo dei prodotti finali di consegna, contenente anche l'indicazione di eventuali criticità riscontrate;
- il DSM – primo ritorno: è il grigliato regolare ottenuto dai dati grezzi del rilievo, opportunamente filtrati, selezionati (rimozione degli errori grossolani) e interpolati per rappresentare l'andamento della superficie (primo ritorno);
- DSM – ultimo ritorno: è il grigliato regolare ottenuto dai dati grezzi del rilievo, opportunamente filtrati, selezionati (rimozione degli errori grossolani) e interpolati per rappresentare l'andamento della superficie (ultimo impulso);
- DTM: è il grigliato regolare ottenuto per interpolazione dalle quote corrispondenti all'ultimo ritorno dei soli punti terreno (con esclusione quindi dei punti corrispondenti a errori grossolani, artefatti e vegetazione).

4.7 VERIFICHE DI QUALITÀ

Le verifiche di qualità devono essere svolte per quanto riguarda le due fasi principali del processo di produzione del modello altimetrico: la fase di acquisizione dei dati mediante volo LiDAR e la fase di filtraggio e classificazione.

VERIFICA DEL VOLO

Al termine del volo LiDAR, i dati grezzi devono essere consegnati secondo le specifiche definite in . E' necessario verificare:

- la calibrazione pre-volo effettuata sulle aree test deve essere correttamente svolta al fine di permettere la determinazione di eventuali sistematismi presenti;
- le acquisizioni della strumentazione GNSS-IMU devono permettere un corretto posizionamento cinematico del velivolo entro le accuratezze stabilite. In particolare occorre analizzare:
 - o la bontà delle configurazioni satellitari del ricevitore GNSS posto sul velivolo e dei 3 ricevitori a terra: coperture satellitari con almeno 5 satelliti e andamento del PDOP con valori sempre minori di 5;



- o la correttezza del posizionamento: le posizioni devono essere determinate sempre ad ambiguità fissata ad un intero per la gran parte del percorso (almeno il 95%) e occorre confrontare le 3 traiettorie indipendentemente determinate con le 3 stazioni GNSS permanenti a terra e quella derivante dall'elaborazione congiunta GNSS-IMU. Le differenze tra queste traiettorie permette di valutare la congruenza tra le acquisizioni effettuate (che deve essere sufficiente per soddisfare le accuratezze previste) e di scegliere infine la soluzione ottimale;
- la congruenza tra strisciate adiacenti nelle zone di ricoprimento: è necessario che le strisciate adiacenti si sovrappongano di almeno il 20% della loro larghezza media.
- la densità di acquisizione (numero di punti posizionati per ogni cella della griglia corrispondente al prodotto finale) e la completezza mediante la carta corrispondente.

4.8 VERIFICHE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI

In questa fase si devono eseguire i seguenti controlli:

- La correttezza dell'applicazione del più recente modello di geoide messo a disposizione dall'IGM per la determinazione delle quote ortometriche;
- L'efficacia della classificazione della nuvola di punti;
- Verifica della presenza di errori grossolani



5 PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO CELERIMETRICO

Si prescrive un rilievo celerimetrico nei seguenti casi:

- in prossimità dell'innesto delle opere d'arte principali previste nel progetto
- in corrispondenza di opere d'arte esistenti da modificare e/o inserire nella cartografia
- in corrispondenza di aree da modificare e/o inserire in cartografia

Il rilievo effettuato con il metodo celerimetrico dovrà essere idoneo ad una restituzione in scala 1:500 o 1:200.

La posizione dei punti di stazione dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- la reciproca distanza non sia superiore a 300 m (se in numero > 1)
- siano reciprocamente visibili (se in numero > 1)
- ne siano note le coordinate Est, Nord, Quota slm
- il terreno da rilevare sia chiaramente visibile, cioè privo di "zone d'ombra"
- le apparecchiature topografiche di misura non subiscano alterazioni significative durante la fase di restituzione

Prima dell'inizio delle operazioni di campagna è previsto un controllo della strumentazione, con modalità da concordare da entrambi le parti.

La Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva di chiedere all'Appaltatore la presentazione dei certificati di rettifica della strumentazione, rilasciati da laboratori ritenuti idonei dalle due parti.

Dovrà essere redatta una versione "vestita" bidimensionale, da stampare su carta, avente le caratteristiche tipiche della cartografia in scala 1:500 ed 1:200 ed i contenuti di cui in seguito, ed una versione "non vestita" tridimensionale da consegnare esclusivamente su supporto informatico (file DWG) che dovrà avere caratteristiche idonee per l'estrazione delle sezioni trasversali con qualsiasi interesse ed orientamento.

Ai fini della progettazione esecutiva di dettaglio, ogni elemento lineare o poligonale dovrà essere rappresentato con polilinea 3D per il piede per la sommità e per l'eventuale larghezza o spessore.

ANAS S.p.A. ha la facoltà di scegliere la tecnologia o la strumentazione da impiegare nello svolgimento delle attività topografiche sopraelencate, come ad esempio ricorrere all'uso di Stazioni Totali, GPS o Laser Scanner, in ogni caso il Referente Tecnico individuato da ANAS S.p.A.



dovrà essere informato preliminarmente sulla scelta relativa alla tipologia di strumentazione ed avrà facoltà di veto sulle scelte effettuate.

Si intendono incluse nel contratto tutte le prestazioni necessarie a fornire gli elaborati specialistici e di dettaglio richiesti nei tempi contrattuali e secondo i migliori standard.

Qualora necessario, ANAS S.p.A. metterà a disposizione dell'Appaltatore il materiale di supporto per la predisposizione degli elaborati richiesti. Rimangono inoltre a carico dell'Appaltatore tutte le spese necessarie per fornire le prestazioni richieste quali, ad esempio, quelle per copie di revisione, materiali, spostamenti, ecc.

5.1 INQUADRAMENTO GEODETICO PRELIMINARE

L'Appaltatore dovrà istituire, sul territorio oggetto della progettazione, almeno 4 (quattro) vertici tridimensionali da materializzare su strutture stabili per ogni area oggetto di rilievo.

I vertici della rete di inquadramento dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Borchie con testa emisferica e riferimento per il centramento ottico in acciaio inox;
- Rondella in acciaio inox, con diametro minimo di 60 mm indicante il numero di codice del vertice tramite punzonatura;

L'inquadramento dei vertici dovrà avvenire tramite utilizzo contemporaneo di almeno 2 ricevitori geodetici GPS a doppia frequenza, da utilizzarsi esclusivamente in modalità statica e con riferimento ad almeno 2 (due) vertici della rete geodetica IGM95.

La trasformazione delle coordinate WGS84 dovrà essere eseguita esclusivamente tramite utilizzo del software Verto dell'IGM dotato del relativo grigliato di trasformazione, si dovrà altresì effettuare un controllo delle quote geoidiche calcolate con rilievo diretto di almeno 2 capisaldi di livellazione della linea di alta precisione dell'IGM più vicina all'area oggetto di rilievo, se disponibile.

Per ogni caposaldo dovrà essere redatta una monografia contenente le seguenti informazioni in un'unica pagina in formato A4:

- Indicazione dell'accesso al vertice;
- Indicazioni sulla materializzazione;
- Schizzo monografico;
- Fotografia panoramica a colori;
- Particolare dello schizzo monografico con min. 3 riferimenti planimetrici con misure;



- Coordinate nei sistemi:
 - o WGS84 Geografiche – Roma 40 Geografiche – ED50 Geografiche – Gauss Boaga Piane – UTM-WGS Piane – quota ellissoidica – quota geoidica.

5.2 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL RILIEVO CELERIMETRICO E RELATIVO CONTENUTO CARTOGRAFICO

Il rilievo celerimetrico commissionato dovrà essere utilizzato per attività di progettazione esecutiva e di dettaglio, quindi dovrà contenere tutte le informazioni necessarie ai progettisti per il corretto dimensionamento di ogni parte d'opera, a tal fine di seguito verranno elencati i contenuti delle cartografie da restituire e le tolleranze delle stesse.

In particolare dovranno essere rilevate le seguenti entità:

discontinuità del terreno;

- viabilità distinta per categorie;
- limiti amministrativi;
- orografia (scarpate, rocce);
- topografia (vertici di rete, capisaldi);
- edifici, manufatti ed opere d'arte di qualsiasi genere (con un numero di quote sufficiente alla loro definizione);
- ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia, etc. (con un numero di quote sufficiente alla loro definizione);
- muri di sostegno (con quote testa/piede);
- muri divisorii (con quote testa/piede), recinzioni, staccionate;
- marciapiedi (con quote testa/piede), limiti pavimentazione;
- viabilità: strade asfaltate, strade sterrate, barriere, ferrovie, tranvie;
- impianti: tombini, botole, armadietti, caditoie, griglie, etc.;
- pali di illuminazione, di linee elettriche e telefoniche;
- acquedotti fognature e gasdotti;
- vegetazione: filari di alberi, alberi isolati, limiti di zone boschive, limiti colture e siepi;
- quant'altro di interesse progettuale nell'area oggetto di intervento.



In ogni caso, il rilievo è finalizzato all'acquisizione della completa e dettagliata conoscenza dello stato dei luoghi.

Ogni tipologia rappresentata dovrà essere contenuta in un layer avente codice specifico così come indicato nelle prescrizioni tecniche per la redazione degli elaborati grafici.

Le planimetrie in scala 1:500 dovranno contenere:

- le curve di livello direttrici con equidistanza pari a un duecentesimo del denominatore della scala, quelle ordinarie con equidistanza pari a un quinto di quella stabilita per le curve direttrici;
- le quote dei punti caratteristici del terreno
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 10 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- almeno venti punti quotati in media per ettaro, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello
- le quote del piano del ferro delle linee ferroviarie esistenti rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 20 m circa, in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, opere d'arte, ecc.)
- le quote delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 10 m circa, e in corrispondenza di ogni punto particolare (passaggi a livello, incroci stradali, opere d'arte, ecc.)
- le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti, ecc.
- tutte le entità con spessori e dimensioni superiori a 0.50 m
- una quota sulla sommità di ciascun fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti) in modo da poter desumere, dalla cartografia, le altezze dei singoli corpi di fabbrica
- tutti gli elementi base del rilievo, della poligonale e della livellazione, i capisaldi di livellazione I.G.M.I. ed i punti trigonometrici I.G.M.I. di I, II e III ordine ricadenti nella planimetria, nonché le particolarità topografiche con la relativa nomenclatura
- tutti i picchetti ben stabili di eventuali precedenti rilievi e le rispettive quote



Le planimetrie in scala 1:200 dovranno contenere:

- Curve di livello direttrici con equidistanza di 1 m;
- Curve di livello intermedie con equidistanza di 0.25 m;
- Le quote dei punti caratteristici del terreno;
- Il rilievo topografico dei cigli di tutte le strade di competenza di ANAS S.p.A. e di tutte le strade interessate dalla progettazione ed indicate nelle planimetrie che verranno preliminarmente consegnate all'Appaltatore. Dovranno essere rilevati i cigli di destra e di sinistra con rappresentazione di un punto ogni 5 m. il rilievo dei cigli dovrà essere effettuato con riferimento ad almeno 2 capisaldi (inizio e fine della tratta) aventi quota assegnata tramite livellazione geometrica di precisione.
- Cinquanta punti per ogni Ha di superficie rappresentata, dove la pendenza del terreno non permette la rappresentazione a curve di livello;
- Le quote del piano del ferro della ferrovia esistente con distanza minima di 10 m;
- Le quote del pelo dell'acqua dei fiumi, torrenti, laghetti ecc.;
- Una quota in sommità ad ogni fabbricato o parte di esso (piano terrazzo di copertura o linea di gronda sui fabbricati coperti con tetti), in modo da potere desumere, dalla restituzione, le altezze dei singoli corpi di fabbrica;
- Tutti gli elementi di base del rilievo (poligonale, capisaldi, IGM95 ecc.);
- tutte le entità con spessori e dimensioni superiori a 0.25 m

Tutte le opere d'arte esistenti con rappresentazione del piede e della testa con polilinee 3D;

In un apposito layer dovrà essere contenuto il modello matematico di tipo TIN dell'area rilevata e le linee di discontinuità utilizzate per la creazione dello stesso.

5.3 PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AL RILIEVO CELERIMETRICO

I controlli previsti in relazione al Rilievo celerimetrico sono i seguenti:



a) Si confrontano le coordinate planimetriche di un punto caratteristico della carta con quelle del medesimo punto rilevate direttamente

- Criterio di verifica:

Per la scala 1:500: $|TP| \cdot 10 \text{ cm}$

Per la scala 1:200: $|TP| \cdot 5 \text{ cm}$

dove TP è la tolleranza planimetrica

b) Si confrontano le coordinate altimetriche di un punto caratteristico della carta con quelle del medesimo punto rilevate direttamente

- Criterio di verifica:

Per la scala 1:500: $|TA| \cdot 3 \text{ cm}$

Per la scala 1:200: $|TA| \cdot 1 \text{ cm}$

dove TA è la tolleranza altimetrica

Per l'esecuzione dei controlli stessi l'Appaltatore dovrà fornire la mano d'opera ausiliaria necessaria, nonché un'autovettura con autista attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

Nel caso di mancata osservanza delle prescrizioni esecutive da parte dell'Appaltatore, con particolare riguardo alla registrazione dei dati sui libretti di campagna o sui tabulati di calcolo, a misurazioni eseguite fuori tolleranza, ad omissione di particolari cartografici rilevanti, il relativo lavoro non sarà ritenuto accettabile e quindi dovrà essere ripetuto o corretto a tutta cura e spese dell'Appaltatore medesimo, senza che ciò possa costituire motivo di prolungamento del termine utile contrattuale; quanto sopra oltre all'applicazione delle eventuali penalità che siano stabilite nel contratto.

6 RILIEVO GEOREFERENZIATO PER SEZIONI TRASVERSALI E PROFILI LONGITUDINALI

Trattasi di attività di indagine, per elaborazione di sezioni trasversali e profili longitudinali di alvei fluviali o fossi, finalizzata all'acquisizione della completa e dettagliata conoscenza dello stato dei luoghi.

In particolare dovranno essere eseguite le seguenti attività:

- rilievo celerimetrico del terreno (strade, sponde, argini e fondo alveo) e di punti intermedi alle sezioni (incluse le quote di briglie, pile di ponti o in generale di opere interferenti rispetto alla linea di sezione);



- restituzione in formato DWG secondo le specifiche di rappresentazione previste, della planimetria in scala appropriata di tutti gli elementi rilevati, delle linee di sezione numerate e dell'asse del profilo;
- estrazione e vestizione sezioni trasversali in scala appropriata, con l'indicazione di distanze parziali, progressive e quota terreno;

La posizione delle estremità delle sezioni, verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro. Detti tondini saranno adeguatamente sporgenti dal terreno e verniciati di colore intenso per facilitarne il ritrovamento.

Le sezioni si estenderanno per oltre 20 m circa dal ciglio esterno della piattaforma stradale.

Le stazioni di rilievo saranno possibilmente poste sulla linea d'asse della sezione stessa o ad un suo estremo, in caso contrario esse saranno materializzate come i punti terminali delle sezioni.

In ogni caso, le stazioni di rilievo potranno essere più di una e non necessariamente visibili tra di loro.

Tutti i punti di stazione debbono essere collegati plano-altimetricamente con la poligonale a lati corti effettuata per il rilievo aerofotogrammetrico relativo alla cartografia in scala 1:1000 o appositamente realizzata.

Tale collegamento deve avvenire tramite procedura di intersezione in avanti facendo stazione su due vertici della poligonale, ogni qual volta le condizioni di visibilità lo permettano e la distanza tra i due vertici non superi i 500 metri; negli altri casi il collegamento va sviluppato svolgendo una poligonale aperta vincolata con estremi su due vertici della poligonale suddetta.

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

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

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

Qualora le sezioni costituiscano l'integrazione di un rilievo aerofotogrammetrico o celerimetrico dell'area considerata la loro posizione dovrà essere indicata nella relativa cartografia.



7 RILIEVI LASER SCANNER

La tecnologia laser Scanner 3D può essere adottata sia per il rilievo geometrico o difettologico delle opere d'arte che per il rilievo di versanti rocciosi.

L'impiego di tale tecnologia per scopi differenti rispetto a quanto sopra descritto, dovrà essere concordato con il referente tecnico di ANAS S.p.A. , il quale dovrà valutare la proposta tecnica ricevuta ed eventualmente autorizzare le attività di rilievo.

La rilevazione geometrica e lo stato di degrado delle opere d'arte dovrà essere condotta attraverso rilievi geometrici e fotogrammetrici condotti sull'opera di interesse mediante dispositivi laser scanner e fotografici.

I dispositivi laser da utilizzare dovranno differenziarsi in funzione delle tipologie di manufatti da rilevare e delle aree di interferenza circostanti (pareti rocciose, dissesti, edifici ecc) sia in termini di principio di funzionamento (tempo di volo e differenza di fase), che di portata (min 100 - max 1500 m).

Le attività di rilievo dovranno essere supportate da rilievi topografici di dettaglio che avranno lo scopo di misurare e georiferire i target utilizzati per la registrazione delle singole scansioni. Le poligonali topografiche condotte con stazioni totali dovranno essere chiuse e compensate e fornire coordinate dei punti di interesse in sistemi metrici non distorti

Precisione nella determinazione delle coordinate dei punti di interesse: <5mm

Precisioni laser scanner della nuvola di punti acquisita: <10mm

7.1 REQUISITI TECNICI GENERALI DELLA STRUMENTAZIONE LASER SCANNER TERRESTRE PER IL RILIEVO DELLE OPERE D'ARTE STRADALI:

- Laser class: classe 1 e/o 3A in funzione dell'altezza e della tipologia dell'opera da rilevare.
- Range: fino ad un massimo di m. 300. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche inferiori purché rispettino e migliorino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.
- Accuratezza: 6 mm su 50 m. Tutti gli strumenti con grado di accuratezza migliore a tale valore, quindi inferiore a 6 mm su 50 m, sono ammessi.
- Finestra di scansione orizzontale: 360° massima. Finestra di scansione verticale: 80° minima. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche superiori, purché rispettino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.



7.2 PRESCRIZIONI SULLA METODOLOGIA DI RILIEVO

Modalità di rilevamento

La procedura di rilievo laser scanner richiesta dovrà prevedere il simultaneo impiego di tre modalità di rilevamento:

- Il rilevamento rangometrico, che restituisce le coordinate spaziali X, Y, Z dei punti scanditi;
- il rilevamento riflettometrico, che restituisce i coefficienti di riflettanza caratteristica dei vari tipi di materiali che costituiscono l'opera d'arte;
- il rilevamento fotografico digitale, che restituisce la caratterizzazione grafica RGB, che verrà proiettata tridimensionalmente sulla nube di punti generata al computer dalla restituzione rangometrica e riflettometrica. Il rilievo fotografico digitale dovrà essere effettuato da ogni stazione sull'intero campo visivo (360° in orizzontale e 270° gradi in verticale) e comunque dovrà comprendere l'intera opera da rilevare.

7.3 PRESCRIZIONI SULLE IMPOSTAZIONI GENERALI

- Le dimensioni della maglia di scansione potranno variare, all'interno della stessa opera, da un minimo di 5 mm ad un massimo di 10 cm sulla superficie dell'oggetto a seconda dell'elemento costruttivo da rilevare. In ogni caso, il passo di scansione dovrà essere compatibile con le dimensioni delle singole forme geometriche dell'elemento costruttivo, in modo da garantire un rilievo dettagliato sia delle caratteristiche geometriche che delle singole aree di degrado;
- Lo strumento potrà essere utilizzato esclusivamente su treppiede in legno o carbonio, avente caratteristiche idonee a garantire la stabilità durante tutto il periodo dell'acquisizione delle nuvole di punti. Non sono ammessi stazionamenti su mezzi mobili (automezzi, quad, autocarri ...etc.), o altre modalità di stazionamento simili che non garantiscono la stabilità della strumentazione utilizzata;
- Per ogni opera d'arte da rilevare, l'operatore dovrà utilizzare almeno 4 (quattro) target riflettenti, aventi dimensioni e caratteristiche idonee per la successiva registrazione delle nuvole di dati e georeferenziazione del rilievo. I target dovranno essere disposti uniformemente su tutta l'opera, al fine di garantire la massima precisione in fase di rototraslazione e georeferenziazione del rilievo. Per almeno 4 (quattro) target utilizzati durante i rilievi, l'Appaltatore dovrà provvedere alla materializzazione di borchie in acciaio opportunamente fissate alla struttura, o altri segnali da concordare con la D.S., che dovranno essere utilizzati sia in fase di collaudo dei rilievi eseguiti che per la ripetizione degli stessi da parte di ANAS S.p.A.. Per ognuno dei 4 target di riferimento, dovrà essere redatta una monografia;



- Tutte le operazioni di rilievo dovranno essere pianificate in modo tale che, in fase di elaborazione dei dati, la registrazione (unione) delle nuvole di punti acquisite da stazioni diverse possa avvenire esclusivamente per correlazione dei target collimati o con il metodo di rilievo "per poligonale".

In ogni caso, l'operatore dovrà provvedere a collimare un numero adeguato di target (minimo 4) uniformemente distribuiti sull'opera.

Non saranno ammesse registrazioni di nuvole di dati per aree omologhe rilevate da stazioni diverse, se non espressamente autorizzate dalla D.S. a seguito di richiesta motivata.

- Le scansioni dovranno essere effettuate da diversi punti di vista per ottenere il rilievo geometrico dell'oggetto ed evitare così che vi siano delle zone d'ombra caratterizzate da assenza di dati.

Saranno tollerate, per particolari condizioni di difficoltà di rilievo, da verificare in fase di opera con la struttura di controllo/DL, eventuali zone d'ombra per un massimo del 5% della superficie totale dell'opera..

L'Appaltatore dovrà provvedere, preliminarmente all'inizio delle attività di rilievo in campo, all'eliminazione di tutti gli ostacoli presenti sui luoghi (vegetazione e/o materiali) che possano impedire il raggiungimento del risultato di cui sopra.

- L'alta qualità della fotografia digitale utilizzata in campo deve consentire la corretta assegnazione del valore di RGB alle nuvole di punti ed una visualizzazione molto dettagliata del degrado;
- Al fine dell'ottenimento dell'alta qualità della fotografia digitale richiesta, tale da consentire una visualizzazione molto dettagliata del degrado, dovranno essere acquisiti dati fotografici digitali con risoluzione non inferiore a 150 pixel per pollice quadrato di superficie reale rilevata del Ponte (circa 23 pixel per cm²). I dati fotografici dovranno essere restituiti sia in formato RAW che in formato TIFF. A partire dai dati RAW (dati grezzi acquisiti dalla fotocamera digitale) dovranno essere generati i file TIFF previa correzione radiometrica, eseguita in modo da uniformare le immagini ad un analogo livello di illuminazione. Inoltre, per ogni immagine fotografica, dovranno essere restituiti file ASCII con informazioni sul posizionamento e sull'orientamento delle fotocamere.

7.4 INQUADRAMENTO GEODETICO E RILIEVI CELERIMETRICI INTEGRATIVI

Tutte le misure dovranno essere riferite al sistema piano UTM-ETRF2000. Le quote dovranno essere determinate con riferimento al l.m.m. con derivazione dai vertici della rete IGM95 o dalle linee di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano.



7.5 RETE DI CAPISALDI LOCALE ED INQUADRAMENTO NEL SISTEMA UTM

Per ogni opera saranno materializzati i necessari punti di inquadramento, per un minimo di quattro punti stabili di riferimento, materializzati con chiodi di tipo topografico con sottostante rondella in acciaio inox, infissi su strutture stabili esistenti o appositamente realizzate, il fissaggio dovrà essere effettuato tramite resina bicomponente, rispetto ai quali dovrà essere garantita la ripetibilità delle misure eseguite. Ogni punto di inquadramento dovrà essere numerato con il suffisso CS ed una numerazione consecutiva univoca; per ogni punto d'inquadramento dovrà eseguirsi una idonea monografia contenente le informazioni di materializzazione e localizzazione sia descrittive che grafiche, uno stralcio della localizzazione su cartografia ufficiale, le coordinate plano-altimetriche espresse nel sistema di riferimento, ed almeno una fotografia d'inquadramento, secondo uno schema da concordare con la Stazione Appaltante.

I capisaldi dovranno essere ubicati tutti esternamente rispetto all'opera d'arte da rilevare e dovranno essere uniformemente distribuiti, al fine di garantire la massima precisione in fase di inquadramento per rototraslazione di rilievi successivi. Lo schema geometrico dovrà essere preventivamente progettato al fine di comprendere l'intera opera d'arte da rilevare all'interno del poligono composto dalle baseline congiungenti i 4 capisaldi materializzati.

L'inquadramento dei vertici dovrà avvenire tramite utilizzo contemporaneo di almeno 2 ricevitori geodetici GPS a doppia frequenza, da utilizzarsi esclusivamente in modalità statica o rapido-statica, con riferimento ad almeno 2 (due) vertici della rete geodetica IGM95.

I nuovi capisaldi dovranno essere collegati reciprocamente con baseline rilevate in modalità statica o statico-rapida.

Per tutte le fasi del rilievo di inquadramento geodetico dei capisaldi non potranno essere utilizzate le tecnologie di rilievo "RTK" o "VRS" e le modalità di collegamento a "Sbraccio" o "Stella".

La trasformazione delle coordinate geografiche WGS84 - ETRF2000 dovrà avvenire esclusivamente tramite utilizzo del software Verto dell'IGM.

Le quote ellissoidiche dovranno essere trasformate con riferimento ai grigliati di trasformazione IGM.

Nel caso in cui nell'area oggetto di rilievo siano presenti linee di livellazione IGM a distanze inferiori a 5 Km, l'Appaltatore dovrà effettuare un controllo delle quote geoidiche calcolate con rilievo diretto di almeno 2 capisaldi di livellazione di alta precisione.

L'opera da rilevare dovrà essere rappresentata in coordinate rettilinee "pseudo-UTM", determinando le stesse direttamente dal sistema WGS84-ETRF2000.

Per la determinazione delle coordinate rettilinee "pseudo-UTM" dovrà essere fissato un meridiano centrale all'area oggetto di rilievo, passante per il baricentro dell'opera, allo stesso dovranno essere



assegnati dei valori di "Falsa Est" e "Falsa Ovest" in modo da garantire che per tutto lo sviluppo della restituzione ci siano sempre valori positivi.

A seguito della determinazione delle coordinate rettilinee, al fine di poter inquadrare l'opera nel sistema UTM 32 o 33, dovrà essere effettuata una rototraslazione rigida, senza fattore di scala, tra le coordinate UTM dei vertici posti alle estremità dell'opera (min. 4) e le coordinate determinate secondo la procedura di cui sopra.

Dovrà essere consegnato un report contenente le seguenti informazioni:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

7.6 INTEGRAZIONE RILIEVO CON MODALITÀ CELERIMETRICA

Il rilievo laser scanner dovrà essere integrato con un rilievo topografico celerimetrico dei punti notevoli delle strutture orizzontali e verticali oltre che del piano viabile, in modo da poter ricostruire un modello semplificato dell'opera con l'uso di linee o polilinee tridimensionali, rappresentanti le discontinuità.

Il rilievo celerimetrico dovrà essere effettuato tramite stazione totale, avente le seguenti caratteristiche tecniche minime:

precisione angolare Hz, V: 5" (1.5 mgon)

range compensatore: 4' (0.07 gon) -- precisione Compensatore: 1.5" (0.5 mgon)

precisione distanze: 1 mm + 2 ppm

Il sistema GPS in modalità RTK potrà essere utilizzato per il rilievo del piano viabile dei ponti o viadotti, ma non per le parti d'opera sottostanti e per i target di riferimento.

Il rilievo celerimetrico integrativo dovrà essere georeferenziato nel sistema UTM-ETRF2000, tramite collegamento diretto alla rete di capisaldi precedentemente istituita e dovrà altresì comprendere il rilievo dei 4 target di riferimento da utilizzare per la georeferenziazione delle nuvole di punti.

Tolleranze:



Tolleranza posizionamento planimetrico: $\pm 0,015$ m

Tolleranza posizionamento altimetrico: $\pm 0,015$ m

7.7 ANALISI DEL DEGRADO

Sull'analisi del degrado, all'interno della Rapporto finale dovrà essere redatta una sezione relativa al rilievo Laser Scanner che integri l'ispezione visiva e che comprenda:

- descrizione particolareggiata degli elementi di degrado, (es: distacchi superficiali di calcestruzzo, distacchi dei copriferro, ossidazione dei ferri di armatura, infiltrazioni di umidità, degrado della impermeabilizzazione, ecc.);
- individuazione degli ammaloramenti sulle tavole tecniche elaborate;
- individuazione delle cause e del livello di degrado.

La classificazione degli elementi di degrado e degli ammaloramenti dovrà essere eseguita in funzione dell'effettivo riscontro. Per agevolare la classificazione dei difetti ANAS fornirà, come suddetto, un manuale difettologico.

Ogni elemento di degrado visualizzato deve essere localizzato nel contesto di tutto l'oggetto del rilievo.

Il modello finale dell'area di degrado, ottenuto attraverso le tre modalità di rilievo sopra elencate, deve essere un modello tridimensionale gestibile attraverso un normale personal computer con applicativi CAD.

Come sopra citato, dovrà essere possibile effettuare l'analisi difettologica sia attraverso le fotografie digitali a colori composte sul modello sferico che attraverso le scansioni laser opportunamente raffittite nelle aree degradate ed implementate con i valori di riflettanza ed RGB.

La camera fotografica utilizzata dall'affidatario dovrà avere ottica e risoluzione tali da potere visualizzare ogni particolare dei difetti presenti sull'opera d'arte.

Le fotografie digitali a colori dell'intera opera d'arte, dovranno essere ortorettificate sul modello 3D ottenuto dalle scansioni 3D al fine di potere effettuare ogni tipo di misurazione ed analisi GIS del degrado.

In caso di rilievo laser scanner, la densità della nuvola di punti dovrà permettere la visualizzazione e la successiva analisi del singolo degrado, anche senza l'uso delle fotografie digitali a colori.

7.8 VERIFICHE DI CONFORMITÀ DEL DIRETTORE PER L'ESECUZIONE DEL CONTRATTO.



Il D.S., provvederà ad effettuare le verifiche in corso d'opera di tutte le lavorazioni sopra descritte e dei relativi elaborati.

Le verifiche potranno essere eseguite sia in campo che presso la sede dell'Appaltatore.

Rilievo GPS di inquadramento geodetico

Prestazione o elaborato da verificare	Tipologia verifica	Tolleranza ammessa
---------------------------------------	--------------------	--------------------

Materializzazione capisaldi	Conformità materiali - stabilità struttura - configurazione geometrica rete.	
-----------------------------	--	--

Scheda monografica	Verifica contenuto e compilazione	
--------------------	-----------------------------------	--

Collegamento rete IGM	Verifica monografia IGM	
-----------------------	-------------------------	--

Misure statiche GPS	Rielaborazione Rinex baseline	planimetrica: ± 5 cm altimetria: ± 5 cm
---------------------	-------------------------------	---

Calcolo di compensazione	Verifica dati o rielaborazione	planimetrica: ± 5 cm altimetria: ± 5 cm
--------------------------	--------------------------------	---

Rilievo Laser Scanner

Prestazione o elaborato da verificare	Tipologia verifica	Tolleranza ammessa
---------------------------------------	--------------------	--------------------

Strumento Laser Scanner	Conformità strumento rispetto le prescrizioni del CSA e certificato di taratura	
-------------------------	---	--

Target di riferimento	Controllo numero e distribuzione geometrica	
-----------------------	---	--

File nuvole di punti	Caricamento file PTS e controllo singole scansioni	
----------------------	--	--

Registrazione nuvole di punti	Rielaborazione con verifica scarti	posizionamento: ± 6 mm su 50 m
-------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Georeferenziazione modello registrato	Verifica report e rielaborazione	± 5 mm
---------------------------------------	----------------------------------	------------

Modello registrato	Verifica zone d'ombra	5%
--------------------	-----------------------	----

Controllo fotografie digitali	Verifica completezza, esposizione e qualità	
-------------------------------	---	--

Modello navigabile	Verifica completezza informazioni	
--------------------	-----------------------------------	--

Restituzione CAD	Verifica misure relative	± 1 cm
------------------	--------------------------	------------

Rilievo Celerimetrico Integrativo

Prestazione o elaborato da verificare	Tipologia verifica	Tolleranza ammessa
---------------------------------------	--------------------	--------------------



Strumento Total Station Conformità strumento rispetto le prescrizioni del CSA e certificato di taratura

Georeferenzazione rilievo Verifica report e rielaborazione ± 1 cm

Target di riferimento Controllo numero e distribuzione geometrica

Restituzione CAD Verifica misure ± 1 cm

Analisi Difettologica

Prestazione o elaborato da verificare Tipologia verifica Tolleranza ammessa

Report difettologico Sopralluogo per verifica completezza informazioni

Nuvola di punti Verifica griglia di scansione e visibilità difetto

Fotografie digitali a colori Verifica copertura intera opera

Fotografie digitali a colori Verifica qualitativa ortorettifica

Fotografie digitali a colori Verifica formati

Fotografie digitali a colori Verifica valori di orientamento

7.9 RILIEVI LASER SCANNER IN GALLERIA

7.9.1 RILIEVI LASER-SCANNER GALLERIE ESISTENTI DA ESEGUIRSI IN MODALITÀ DINAMICA.

I rilievi laser scanner in modalità dinamica, da effettuarsi per l'acquisizione delle nuvole di punti all'interno delle gallerie o di tratte stradali con particolari conformazioni geometriche, potranno essere effettuati esclusivamente dopo la redazione di un dettagliato progetto di acquisizione dei dati, da sottoporre alla preventiva approvazione del Direttore per l'Esecuzione del Servizio di ANAS S.p.A.

Per l'esecuzione dei rilievi dinamici, dovrà essere utilizzato un laser a scansione, integrato in un automezzo, dotato di tutte le strumentazioni ausiliarie necessarie per l'acquisizione dei dati secondo le precisioni richieste.

Il sistema dovrà essere composto oltre che dal laser scanner anche da un sistema traiettografico inerziale (IMU-GPS) che consenta di associare ad ogni impulso laser la reale posizione del sensore ed il relativo assetto spaziale (roll-pitch, yaw).

Trattandosi di un impiego in galleria e quindi in assenza di segnale GPS, il sistema dovrà, mediante idonei filtri e sfruttando le componenti accelerometriche e giroscopiche, derivare la posizione del mezzo, in ogni punto, con accuratezza migliore di 15 cm.



In prossimità degli imbocchi delle gallerie, dovranno essere posizionati almeno 8 target (4 + 4), visibili dal laser scanner e georeferenziati tramite sistemi topografici di precisione, da utilizzare per le verifiche di congruità delle 2 nuvole di punti (andata e ritorno) ed eventuale correzione degli errori di posizionamento dei dati derivati dalla piattaforma inerziale/GPS. La tolleranza per la determinazione delle coordinate piano altimetriche dei target di cui sopra è fissata in +/- 3 cm sia per la planimetria che per le quote, con riferimento al sistema cartografico di progetto e quote s.l.m.m.

L'affidatario dovrà pianificare l'esecuzione delle misure sia in andata che in ritorno, in modo da sfruttare per entrambi gli imbocchi la migliore accuratezza del dato (primi secondi dopo la perdita del segnale GPS).

La strumentazione dovrà essere fissata sul mezzo in modo da garantire il rilievo di tutte le parti d'opera della galleria, compreso il piano viabile e la segnaletica orizzontale con una percentuale di copertura non inferiore al 95% delle parti visibili.

La velocità di percorrenza in galleria durante i rilievi non potrà essere superiore a 50 Km/h se la galleria è in esercizio e di 30 Km/h in assenza di traffico veicolare.

In ogni caso, la nuvola di punti dovrà avere una densità tale da garantire la possibilità di rappresentare ogni parte strutturale dell'opera rilevata (calotta, piedritti, cunette, portali, bypass ...) oltre al piano viabile.

Al fine di garantire la densità della nuvola di punti e la copertura delle aree di cui sopra, nonché la possibilità di percorrere, alla velocità massima prestabilita, il tunnel in ambedue i sensi di marcia, nel caso in cui i rilievi vengano effettuati in presenza di traffico veicolare, l'affidatario del servizio dovrà utilizzare un ulteriore autocarro, dotato dei sistemi di segnalazione previsti dalla normativa vigente, in modo che nessun automezzo in transito possa superare il "VAR" ed ostacolare il campo di visibilità della strumentazione.

Al termine delle misure i dati IMU-GPS e laserscanner Mobile dovranno essere elaborati con idonei software, al fine di ottenere un modello numerico del manufatto, utile per le successive fasi di restituzione vettoriale (sezioni, piante, ecc).

7.9.1.1 Inquadramento geodetico

Tutte le misure dovranno essere riferite al sistema di rappresentazione adottato per la progettazione. Le quote dovranno essere determinate con riferimento al l.m.m. con derivazione dai vertici della rete IGM95 o dalle linee di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano.

L'opera da rilevare dovrà essere rappresentata in coordinate rettilinee, determinando le stesse direttamente dal sistema di progetto.



Per la determinazione delle coordinate rettilinee "pseudo-UTM o Gauss Boaga" dovrà essere fissato un meridiano centrale all'area oggetto di rilievo, passante per il baricentro dell'opera, allo stesso dovranno essere assegnati dei valori di "Falsa Est" e "Falsa Ovest" in modo da garantire che per tutto lo sviluppo della restituzione ci siano sempre valori positivi.

A seguito della determinazione delle coordinate rettilinee, al fine di poter inquadrare l'opera nel sistema di progetto, dovrà essere effettuata una rototraslazione rigida, senza fattore di scala, tra le coordinate di progetto dei vertici posti alle estremità dell'opera (min. 4) e le coordinate determinate secondo la procedura di cui sopra.

Dovrà essere consegnato un report contenente le seguenti informazioni:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

7.9.1.2 Requisiti tecnici generali della strumentazione

Componente di navigazione

- Odometro ad alta precisione: 100 impulsi/giro
- GNSS-IMU tipo Novatel IGM1A o Applanix AP15, 200Hz, Frequenze GPS utilizzate L1-L2GPS, L1-L2 Glonass

Componente Laser Scanner

- Laserscanner a differenza di fase con velocità di acquisizione di almeno 1.000.000 punti/sec, copertura di una fascia di 360 gradi nel verso di spostamento del mezzo, portata 150m, , classe laser 1, sincronizzazione mediante PPS, NMEA sentence da ricevitore GPS.

7.9.2 RILIEVI LASER-SCANNER GALLERIE ESISTENTI DA ESEGUIRSI IN MODALITÀ STATICA.

La tecnologia laser Scanner 3D può essere adottata sia per il rilievo geometrico che difettologico delle gallerie.



Le attività di rilievo laser scanner, dovranno essere supportate da rilievi topografici di dettaglio, che avranno lo scopo di georiferire e registrare le singole scansioni.

Le poligonali topografiche, condotte con stazioni totali di adeguata precisione, dovranno essere chiuse e compensate e fornire coordinate dei punti di interesse in sistemi metrici non distorti.

7.9.2.1 Requisiti tecnici generali della strumentazione:

- Classe Laser 1
- Range: fino ad un massimo di m. 200. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche inferiori purché rispettino e migliorino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.
- Accuratezza: 6 mm su 50 m. Tutti gli strumenti con grado di accuratezza migliore a tale valore, quindi inferiore a 6 mm su 50 m, sono ammessi.
- Finestra di scansione orizzontale: 360° massima. Finestra di scansione verticale: 320° minima. Sono quindi ammessi gli strumenti con capacità di rilievo anche superiori, purché rispettino gli altri parametri previsti nei requisiti tecnici.

7.9.2.2 Prescrizioni sulla metodologia di rilievo

La procedura di rilievo laser scanner richiesta dovrà prevedere il simultaneo impiego di tre modalità di rilevamento:

- rilevamento rangometrico, che restituisce le coordinate spaziali X, Y, Z dei punti scanditi;
- rilevamento riflettometrico, che restituisce i coefficienti di riflettanza caratteristica dei vari tipi di materiali che costituiscono l'opera d'arte;
- rilevamento fotografico digitale, che restituisce la caratterizzazione grafica RGB, che verrà proiettata tridimensionalmente sulla nube di punti generata al computer dalla restituzione rangometrica e riflettometrica. Il rilievo fotografico digitale dovrà essere effettuato da ogni stazione sull'intero campo visivo (360° in orizzontale e 320° gradi in verticale) e comunque dovrà comprendere l'intera opera da rilevare.

Il rilevamento fotografico digitale dovrà essere eseguito esclusivamente se ordinato dal Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A.

7.9.2.3 Prescrizioni sulle impostazioni generali

- Le dimensioni delle maglie di scansione dovranno essere costanti per tutta l'opera rilevata.

Il valore massimo ammissibile della maglia di scansione non dovrà essere superiore a 5 mm * 5 mm per ogni nuvola di punti acquisita (stazione Laser scanner).

In ogni caso, il passo di scansione dovrà essere compatibile con le dimensioni delle singole forme geometriche dell'elemento costruttivo, in modo da garantire un rilievo dettagliato sia delle caratteristiche geometriche che delle singole aree di degrado;



- Lo strumento potrà essere utilizzato esclusivamente su treppiede in legno o carbonio, avente caratteristiche idonee a garantire la stabilità durante tutto il periodo dell'acquisizione delle nuvole di punti. Non sono ammessi stazionamenti su mezzi mobili (automezzi, quad, autocarri ...etc.), o altre modalità di stazionamento similari che non garantiscono la stabilità della strumentazione utilizzata;
- Le scansioni dovranno essere effettuate da diversi punti di vista per ottenere il rilievo geometrico dell'oggetto ed evitare così che vi siano delle zone d'ombra caratterizzate da assenza di dati.

Saranno tollerate, per particolari condizioni di difficoltà di rilievo, da verificare in fase di opera con la struttura di controllo/DL, eventuali zone d'ombra per un massimo del 5% della superficie totale dell'opera..

L'Appaltatore dovrà provvedere, preliminarmente all'inizio delle attività di rilievo in campo, all'eliminazione di tutti gli ostacoli presenti sui luoghi (vegetazione e/o materiali) che possano impedire il raggiungimento del risultato di cui sopra.

- Nel caso in cui venga richiesto il rilievo fotografico, l'alta qualità della fotografia digitale dovrà consentire la corretta assegnazione del valore di RGB alle nuvole di punti ed una visualizzazione molto dettagliata del degrado.

Al fine dell'ottenimento dell'alta qualità della fotografia digitale richiesta, tale da consentire una visualizzazione molto dettagliata del degrado, dovranno essere acquisiti dati fotografici digitali con risoluzione non inferiore a 150 pixel per pollice quadrato di superficie reale rilevata (circa 23 pixel per cmq). I dati fotografici dovranno essere restituiti sia in formato RAW che in formato TIFF. A partire dai dati RAW (dati grezzi acquisiti dalla fotocamera digitale) dovranno essere generati i file TIFF previa correzione radiometrica, eseguita in modo da uniformare le immagini ad un analogo livello di illuminazione. Inoltre, per ogni immagine fotografica, dovranno essere restituiti file ASCII con informazioni sul posizionamento e sull'orientamento delle fotocamere.

7.9.2.4 Inquadramento geodetico

Tutte le misure dovranno essere riferite al sistema di rappresentazione adottato per la progettazione. Le quote dovranno essere determinate con riferimento al l.m.m. con derivazione dai vertici della rete IGM95 o dalle linee di livellazione di alta precisione dell'Istituto Geografico Militare Italiano.

L'opera da rilevare dovrà essere rappresentata in coordinate rettilinee, determinando le stesse direttamente dal sistema di progetto.

Per la determinazione delle coordinate rettilinee "pseudo-UTM o Gauss Boaga" dovrà essere fissato un meridiano centrale all'area oggetto di rilievo, passante per il baricentro dell'opera, allo stesso dovranno essere assegnati dei valori di "Falsa Est" e "Falsa Ovest" in modo da garantire che per tutto lo sviluppo della restituzione ci siano sempre valori positivi.



A seguito della determinazione delle coordinate rettilinee, al fine di poter inquadrare l'opera nel sistema di progetto, dovrà essere effettuata una rototraslazione rigida, senza fattore di scala, tra le coordinate di progetto dei vertici posti alle estremità dell'opera (min. 4) e le coordinate determinate secondo la procedura di cui sopra.

Dovrà essere consegnato un report contenente le seguenti informazioni:

- latitudine e longitudine del punto baricentrico che darà origine al meridiano centrale;
- Valori di falsa Est e falsa Ovest
- Ampiezza in gradi della zona di calcolo
- Valore del coefficiente di contrazione "c"
- Quota media adottata
- Scarti del calcolo di rototraslazione rigida tra le coordinate rettilinee locali e le coordinate UTM dei vertici di inquadramento

7.9.2.5 Rilievo Topografico di appoggio e tecnica di georeferenziazione e registrazione delle nuvole di punti

Il rilievo in galleria dovrà essere effettuato utilizzando contemporaneamente sia la strumentazione laser scanner che una Total Station di precisione, da adottare per la determinazione delle coordinate plano-altimetriche dei punti di scansione e dei punti di orientamento.

Le tecniche di rilievo, per la registrazione delle nuvole di punti, dovrà variare in funzione della presenza o meno di traffico veicolare durante l'esecuzione delle misure.

7.9.2.6 Procedura per rilievi effettuati in assenza totale di traffico veicolare

- Materializzazione dei vertici di una poligonale di precisione chiusa ed a lati corti, con lunghezza massima dei lati non superiore a 150 m. I vertici iniziali e finali della poligonale dovranno essere posti esternamente rispetto alla galleria, ad una distanza non inferiore a 100 m dagli imbocchi;
- Misura e determinazione delle coordinate della poligonale di precisione chiusa ed a lati corti (rif. Par. 2.9.2 e 2.9.3 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche);
- Esecuzione di una livellazione di precisione sui vertici della poligonale (rif. Par. 2.10.1 e 2.10.2 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche)
- Esecuzione delle misure laser scanner, con stazionamenti in corrispondenza dell'asse della galleria e misure su almeno 4 target per ogni stazione Laser Scanner;
- La distanza massima tra le stazioni Laser Scanner non dovrà mai essere superiore a 1.5 volte la larghezza della galleria, misurata alla base dei piedritti;



- I 4 target dovranno essere posizionati in modo che almeno 2 siano ogni volta visibili dalle stazioni Laser Scanner consecutive;
- Per ogni 100 m di rilievo laser scanner, con riferimento alla poligonale di precisione, dovranno essere determinate le coordinate planimetriche e le quote dei target ubicati agli estremi della tratta;
- In fase di acquisizione delle misure in galleria, l'operatore dovrà impostare dei filtri che impediscano l'acquisizione di dati a distanze superiori di 25 m rispetto alla posizione di ogni singola stazione;
- La registrazione delle nuvole di punti dovrà restituire un'unica nuvola di punti in cui non si presentino sfasamenti dei dati superiori a 5 mm per le tratte esaminate in fase di collaudo.

7.9.2.7 Procedura per rilievi effettuati in presenza di traffico veicolare

- Materializzazione dei vertici di una poligonale di precisione chiusa ed a lati corti, con lunghezza massima dei lati non superiore a 150 m. I vertici iniziali e finali della poligonale dovranno essere posti esternamente rispetto alla galleria, ad una distanza non inferiore a 100 m dagli imbocchi;
- Misura e determinazione delle coordinate della poligonale di precisione chiusa ed a lati corti (rif. Par. 2.9.2 e 2.9.3 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche);
- Esecuzione di una livellazione di precisione sui vertici della poligonale (rif. Par. 2.10.1 e 2.10.2 delle Norme Tecniche per Indagini Topografiche);
- Esecuzione delle misure laser scanner, con stazionamenti ai margini del piano viabile o passo pedonale;
- Per la determinazione delle coordinate del laser scanner ed orientamento delle singole nuvole di punti, dovrà essere adottato un sistema software che permetta la determinazione, in sito, delle coordinate del centro di fase della strumentazione laser scanner e di un prisma riflettente da utilizzare quale orientamento del sistema di rilievo (ad esempio: TMS ScanControl o similari);
- La distanza massima tra le stazioni Laser Scanner non dovrà mai essere superiore a 1.5 volte la larghezza della galleria, misurata alla base dei piedritti;
- In fase di acquisizione delle misure in galleria, l'operatore dovrà impostare dei filtri che impediscano l'acquisizione di dati a distanze superiori di 25 m rispetto alla posizione di ogni singola stazione;
- Al fine di garantire l'acquisizione di almeno il 95% delle superfici visibili, compreso il piano viabile e la segnaletica orizzontale, le misure dovranno essere eseguite sia in andata che in ritorno.
- La registrazione delle nuvole di punti dovrà restituire un'unica nuvola di punti in cui non si presentino sfasamenti dei dati superiori a 5 mm per le tratte esaminate in fase di collaudo



7.9.2.8 Caratteristiche minime del sistema topografico per l'esecuzione della poligonale

La Total Station di appoggio, per l'esecuzione della poligonale e la determinazione delle coordinate dei target (per i rilievi in assenza di traffico veicolare) o dei prismi (per rilievi in presenza di traffico veicolare) dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- o Precisione misure angolari: 0.5" (0.15 mgon)
- o Precisione misure di distanza: 0.6 mm + 1 ppm
- o Dimensione spot laser a 50 m: 8 mm*20 mm
- o Tecnologia di misura: laser rosso visibile coassiale
- o Sistema di riconoscimento automatico dei prismi con precisione di misura di 0.5" (0.15 mgon)
- o Disponibilità di doppia tastiera
- o Dotazione di Kit per esecuzione di poligonali di precisione in galleria

7.9.3 VERIFICHE DI CONFORMITÀ DEL DIRETTORE PER L'ESECUZIONE DEL CONTRATTO.

Il D.S., provvederà ad effettuare le verifiche in corso d'opera di tutte le lavorazioni sopra descritte e dei relativi elaborati.

Le verifiche potranno essere eseguite sia in campo che presso la sede dell'Appaltatore.

Rilievi Laser Scanner in Galleria (rilievi dinamici)

Prestazione o elaborato da verificare	Tipologia verifica	Tolleranza ammessa
---------------------------------------	--------------------	--------------------

Consistenza geometrica	Analisi della nuvola di punti registrata	3 cm
------------------------	--	------

Accuratezza della nuvola di punti	Verifica a campione con rilievo di sezioni trasversali della galleria tramite una Total Station con puntatore laser coassiale	+/- 5 cm
-----------------------------------	---	----------

Restituzione CAD	Verifica misure	± 5 cm
------------------	-----------------	--------

Rilievi Laser Scanner in Galleria (rilievi statici)

Prestazione o elaborato da verificare	Tipologia verifica	Tolleranza ammessa
---------------------------------------	--------------------	--------------------

Consistenza geometrica	Analisi della nuvola di punti registrata	5 mm
------------------------	--	------



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

Accuratezza della nuvola di punti Verifica a campione con rilievo di sezioni trasversali della galleria tramite una Total Station con puntatore laser coassiale +/- 1 cm

Restituzione CAD Verifica misure ± 1 cm



8 RILIEVI BATIMETRICI

Le indagini batimetriche dovranno essere effettuate mediante ecoscandaglio single-beam o multi-beam installato su una imbarcazione di pescaggio adeguato al fondale da investigare.

In caso di battenti ridotti i rilevamenti potranno essere effettuati anche con ACV (Air Cushion Vehicle) o equivalente.

Ove non accessibile con i natanti sopra descritti potrà essere adottata la tecnologia "Tethered drone – rough water) sensorizzato, in modo da rispettare le specifiche di rilevamento indicate.

Viene richiesto un rate di acquisizione non inferiore a 1 Hz (un impulso al secondo) eventualmente incrementabile a 0.5 Hz nel caso i cui la velocità del natante sia superiore a 15 Km/h. a tal proposito verrà chiesto di fornire adeguata documentazione tecnica relativa alla strumentazione utilizzata.

Nella selezione dell'imbarcazione deve essere garantito lo spazio necessario per la strumentazione e per operare in completa sicurezza.

L'equipaggiamento dovrà essere adeguato al raggiungimento del grado di risoluzione richiesto, in particolare:

- per il posizionamento deve essere adottata una strumentazione di tipo DGPS con correzione RTK;
- per il rilievo multibeam è richiesta una copertura totale dell'area con risoluzione 0,5 X 0,5 m.

L'esecuzione del rilievo dovrà essere supportata da un adeguato sistema di controllo della navigazione, che integri al suo interno l'acquisizione dei dati dei diversi sensori.

Il rilievo dell'alveo attivo dei corsi d'acqua, ove non sia possibile la navigabilità, dovrà essere effettuato dall'Appaltatore con un sistema tradizionale e nel caso delle fasce attraverso il rilievo di transetti a distanza costante ed omogenea con metodologia GPS in modalità RTK. La densità dei punti misurati e la distribuzione dei transetti dovrà essere tale da cogliere le accidentalità del fondale, sia fangoso che ghiaioso, con un passo di rappresentazione delle profondità tale da rappresentare al meglio la situazione reale del fondo alveo e consona al passo del modello digitale del terreno (DTM) che verrà successivamente generato.

Il sistema di riferimento dei rilievi batimetrici dovrà essere lo stesso dei rilievi che riguardano la superficie asciutta.

Tutte le operazioni di post-elaborazione, filtraggio dei dati, restituzione del rilievo, la compilazione dei database e quant'altro occorra per dare il lavoro compiuto in perfetta regola d'arte sono da considerarsi comprese nel prezzo di affidamento.

I risultati del rilevamento batimetrico dovranno essere analizzati, interpretati, elaborati e successivamente riassunti in un Rapporto Tecnico, corredato di cartografia tematica, che dovrà contenere:



- la descrizione del piano d'indagine progettato ed eseguito;
- la descrizione della dotazione strumentale utilizzata;
- la descrizione delle procedure operative adottate;
- la descrizione delle procedure di controllo qualità e validazione adottate e dei loro risultati;
- i risultati del rilievo restituiti in forma cartografica ed alfanumerica, in forma cartacea e su supporto informatico.

Le versioni digitali degli elaborati dovranno essere georiferite nel sistema UTM WGS84 fuso 32 N

I dati dovranno essere forniti in un file formato ASCII come valori separati da virgola riportanti, nell'ordine: ascissa, ordinata e quota slmm del fondale.

La risoluzione minima richiesta è di un punto quotato per celle di 0,5 X 0,5 m.

Una carta formato raster georeferenziato con risoluzione minima pari a 2 X 2 m.

Il fondale sarà totalmente investigato mediante rotte descritte dall'affidatario e delle quali dovranno essere indicate le specifiche (distanza minima strumento-fondo ecc.).

Il sistema di riferimento richiesto per tutti i file georeferenziati è l'UTM WGS84 fuso 32 N.

Il rilievo dovrà essere eseguito con l'appoggio di stazioni di riferimento topografico collegate alla rete geodetica nazionale a cura dell'esecutore. La metodologia utilizzata per l'acquisizione e materializzazione di eventuali vertici integrativi della rete di raffittimento dovrà essere descritta nel dettaglio da parte dell'Affidatario.

Il rilievo batimetrico dovrà essere effettuato ovunque possibile, compatibilmente con la profondità del fondale e con la presenza di manufatti emersi e/o sommersi, mediante sistema singl-beam o multi-beam. Nella restanti aree potranno essere utilizzati un sistema di acquisizione di tipo topografico, garantendo comunque la copertura di tutta l'area oggetto di indagine.

9 SOVRAPPOSIZIONI DELLE MAPPE CATASTALI

La cartografia Catastale è estesa a tutto il territorio nazionale e realizzata per circa l'80% alla scala 1:2.000. Essa rappresenta il tematismo della proprietà ed è dunque uno strumento imprescindibile per la gestione delle attività di progettazione delle nuove opere.

Sebbene non aggiornate, le mappe di impianto, conservate c/o le sedi provinciali dell'Agenzia delle Entrate, rappresentano la base metrica "più precisa" a disposizione.

Per facilitare l'integrazione del DB catastale con altri DB topografici e ortofoto a grande scala, si rende necessaria la condivisione dello stesso sistema di riferimento trasformando le mappe cata-



stali verso il nuovo sistema cartografico UTM WGS84, nella realizzazione ETRF2000, definita dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN).

Per la trasformazione delle mappe catastali nel sistema UTM, adottato per le progettazioni, dovranno essere effettuate trasformazioni "globali" tramite l'utilizzo del sistema dei "punti doppi", secondo la seguente procedura:

- Individuazione dei fogli di mappa attraversati dal tracciato di progetto;
- Acquisizione c/o l'Agenzia delle Entrate (Ex Agenzia del Territorio) dei file vettoriali relativi ai fogli catastali interessati dal tracciato di progetto;
- Visualizzazione diretta c/o l'Agenzia del Territorio dei fogli di mappa di impianto;
- Individuazione dei fabbricati di impianto presenti sulle mappe catastali;
- Individuazione sulle ortofoto dei fabbricati di impianto ancora esistenti sui luoghi;
- Lettura diretta, sui fogli di mappa di impianto, delle coordinate di tutti gli elementi rilevabili sui luoghi (spigoli di fabbricati, spigoli di elementi in muratura);
- Rilievo in campo di tutti gli elementi di impianto individuati e di cui sono state fornite le coordinate, tale operazione potrà essere effettuata anche per fogli contigui;
- Trasformazione delle coordinate di rilievo in rettilinee;
- Georeferenzazione in Cassini Soldner dei fogli di mappa vettoriali;
- Rototraslazione delle coordinate catastali (lettura su fogli di impianto) in rettilinee e valutazione degli scarti;
- Applicazione dei parametri di cui al punto 9 ai fogli vettoriali;
- Sovrapposizione dei fogli catastali vettoriali al progetto.

10 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI

In questo capitolo verranno prese in esame le specifiche di consegna degli elaborati, in particolare in relazione alla cartografia numerica e grafica.

La cartografia numerica e grafica dovrà fornire il supporto alla progettazione e quindi verrà costruita in modo tale da poter essere utilizzata per l'estrazione, con procedimenti automatici, di profili e sezioni del terreno tra due punti qualsiasi della carta, per la realizzazione del modello digitale del terreno (DTM) e per una eventuale trasformazione in banca dati.

La cartografia dovrà contenere tutti gli elementi naturali ed artificiali utili per la descrizione del terreno.



Ogni punto della cartografia sarà geometricamente individuato dalle tre coordinate analitiche ricavate direttamente dal modello stereoscopico ricostruito al restitutore con sistema di acquisizione e registrazione automatica dei dati. Dovrà inoltre essere garantita la congruenza geometrica all'interno dei singoli "modelli" stereoscopici e fra gli elementi che appartengono a diversi "modelli".

Le linee degli elementi del terreno saranno composte da un numero di punti tale che siano rispettati i valori delle tolleranze planoaltimetriche. In particolare per le curve di livello si dovrà limitare l'angolo di vettore ad un valore non superiore a 10 gradi.

Gli elementi che costituiscono i fabbricati dovranno essere geometricamente e numericamente congruenti e ogni superficie chiusa verrà effettivamente individuata da un perimetro chiuso.

I fabbricati e le strutture in elevazione dovranno essere descritti tramite le linee di base e quelle di sommità. Nel caso di fabbricati o muri verticali, onde evitare che punti di stesse coordinate planimetriche abbiano quote diverse, si prescrive uno scostamento planimetrico interno del perimetro della sommità rispetto alla base pari a 1 cm.

Agli elementi per i quali non sia possibile od opportuno il disegno reale si assocerà una rappresentazione schematica applicata ad un singolo punto baricentrico.

Tutti gli spostamenti effettuati rispetto ai punti originariamente acquisiti in sede di restituzione dovranno essere tali da non superare i valori di precisione intrinseca del rilievo.

10.1 FILE DATI

I file della restituzione numerica devono essere consegnati nei seguenti formati:

- formato ASCII
- formato DWG

La nomenclatura dei file seguirà la seguente convenzione:

- lunghezza Nome: 8 caratteri
- lunghezza Estensione: 3 caratteri



I file su ciascun supporto ottico dovranno essere organizzati secondo le seguenti directory:

ID_PROG

REVxy

DWG RASTERTXT DTM DOC

Dove:

- ID_PROG è un codice alfanumerico identificativo del progetto per il quale la cartografia è stata richiesta (lunghezza massima 8 caratteri)
- REVxy è l'identificativo della revisione del progetto per il quale la cartografia è stata richiesta (xy è un codice numerico costituito di 2 interi)
- "DWG" è la directory contenente i file grafici in formato binario "DWG" (rif. par. 5.1.1)
- "RASTER" è la directory contenente i file grafici in formato binario di tipo "Raster"
- "TXT" è la directory contenente la cartografia numerica in formato "ASCII" (rif. par. 5.1.2)
- "DTM" è la directory contenente i dati di cartografia numerica, in formato "ASCII", utili alla generazione del modello DTM (rif. par. 5.1.2)
- "DOC" è la directory contenente la documentazione

L'estensione dei file seguirà la convenzione seguente:

Estensione	Directory	Descrizione Tipologia File
DWG DWG		File contenenti la cartografia 3D completa di vestizione, ovvero i Blocchi AutoCad
BMP	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
WMF	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
TIF	RASTER	File contenenti immagini "Raster"
TXT	TXT, DTM	File contenenti la cartografia numerica in formato ASCII
DOC	DOC	File contenenti Documenti e Relazioni



DAT	DOC	File contenenti Documentazione in formato ASCII
XLS	DOC	File contenenti Documenti e Relazioni (calcoli)
LIN	DWG	File contenenti i "Tipi Linea" Autocad

10.1.1 File "DWG"

I nomi dei file in formato "DWG" e i nomi dei livelli in essi contenuti seguiranno la convenzione prevista.

In particolare, i nomi dei file con estensione "DWG" contengono l'informazione della IdClasseGen. , del numero di foglio e della scala.

Ciascun file conterrà esclusivamente le informazioni relative a ciascuna classe generale IdClasseGen per ciascun foglio cartografico.

Le impostazioni generali dei file in formato "DWG" saranno le seguenti:

- origine: 0,0,0
- sistema angolare: centesimale
- orientamento: 0 ° Nord
- lettura angolare: destrorsa
- valori angolari: 5 decimali
- valori lineari: 3 decimali
- LTSCALE: 1
- PLINEGEN: 1
- PDMODE: 0
- PDSIZE: 0
- Stile di testo: Romans
- Altezza testo: 0
- Fatt. di larghezza testo: 1
- Angolo obliquo testo: 0

Tutte le entità lineari dovranno essere memorizzate sotto forma di polilinee.



L'Appaltatore dovrà memorizzare e consegnare la simbologia prevista per le classi descritte creando un file ".DWG" per ciascun "blocco" ed il file ".LIN" contenente esclusivamente le informazioni dei "tipi linea" previsti; il formato di riferimento per tali file è "AutoCad R12"

10.1.2 File "TXT"

I nomi dei file con estensione "TXT" contengono l'informazione della IdClasseGen. del numero di foglio e della scala, salvo il caso particolare di rilievo per sezioni, descritto al termine del corrente paragrafo.

Ciascun file conterrà esclusivamente le informazioni relative a ciascuna classe generale IdClasseGen per ciascun foglio cartografico.

10.1.2.1 Rilievo "tradizionale"

La struttura dei file dovrà essere la seguente:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri "*D," seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà il nome della classe generale IdClasseGen,.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri "*I," seguita dalla stringa "," e dalla quota z dell'elemento (se trattasi di curva di livello), seguita dalla IdClasse e dalla stringa "," seguita da uno dei seguenti codici:

Codice	Tipo entità
L	Entità lineare 3D
P	Entità puntuale 3D
T	Testo/toponimi
C	Curva di livello

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni Est, Nord, ... dei punti appartenenti alla medesima IdClasse, ed avranno il seguente formato:

Caso 1:Entità lineare 3D



Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- "F12.3, F12.3, F9.3"
dove:
- F individua un numero reale
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata "z" (quota assoluta)
- l'unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il "."

Caso 2: Curva di livello

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- "F12.3, F12.3"
dove:
- F individua un numero reale
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- l'unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il "."

Caso 3: Entità puntuale 3D

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- "F12.3, F12.3, F9.3"



dove:

- F individua un numero reale
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata "z" (quota assoluta)
- l'unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il "."

L'inizio e la fine dell'elemento individuato dalle stringhe "*I,,ldClasse, P" e "*F" racchiude un insieme di punti che definisce una poligonale, che nel caso di rilievo a terra, non deve presentare intersezioni con le altre entità che saranno utilizzate per la costruzione del modello numerico del terreno (DTM). Nel caso di rilievo aerofotogrammetrico il numero di punti contenuti all'interno di ciascun elemento delimitato dalle stringhe "*I,,ldClasse, P" e "*F" non dovrà essere maggiore di 200.

Caso 4: Entità di tipo toponimi

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- "F12.3, F12.3, F7.3, F18.7, \n, A44"

dove:

- F individua un numero reale
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- \n individua la combinazione "Carriage Return" e "Line Feed"
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- A44 individua un campo alfanumerico di 44 colonne
- il primo elemento è la coordinata Est del punto in basso a sinistra del teorico rettangolo che racchiude l'area occupata dal testo



- il secondo elemento è la coordinata Nord del punto in basso a sinistra del teorico rettangolo che racchiude l'area occupata dal testo
- il terzo elemento è l'altezza del carattere, espressa in cm
- il quarto elemento è l'azimuth del testo
- il quinto elemento è l'informazione descrittiva contenuta nel testo
- l'unità di misura utilizzata per le coordinate E,N è il metro
- l'unità di misura utilizzata per la altezza testo è il centimetro
- l'unità di misura utilizzata per l'azimuth è il grado centesimale
- il separatore per le cifre decimali è il "."

Il singolo elemento "toponimo" è delimitato dalle stringhe "*I,,IdClasse, T" e "*F" e conterrà un numero di punti non superiore a 200.

d. Record di determinazione "Fine elemento"

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri "*F"

e. Record di inizio successivo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (b).

f. Record delle informazioni puntuali relative al medesimo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (c).

10.1.2.2 Rilievo per Sezioni Trasversali

La struttura dei file dovrà essere in accordo ad uno dei due seguenti metodi, la cui adozione va concordata con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

Metodo 1:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri "*D," seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà un testo che individui l'elemento di riferimento adottato per le sezioni.



b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri "*I,X," seguita dalle informazioni seguenti (scritte nell'ordine seguente) :

- numero progressivo della sezione
- Progressiva della Sezione
- coordinata Est del punto di Stazione
- coordinata Nord del punto di Stazione
- quota del punto di Stazione
- azimuth del punto di stazione
- numero di punti rilevati nella singola sezione

Ciascuna delle informazioni succitate saranno separate dal separatore di campo ",".

L'informazione "Progressiva della sezione" può essere omessa, se concordato con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto: in tal caso tale informazione assume il valore "".

Il formato di tai campi è:

- "A2","A1","I1","F12.3","F12.3","F12.3","F12.3","F8.3","F32.7","I3"

dove:

- F individua un numero reale
- I individua un numero intero
- "12" individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell'eventuale segno negativo "-")
- ".3" individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- non è prevista alcuna giustificazione dei campi, che sono individuati esclusivamente dal separatore di elenco ","
- A2 individua un campo alfanumerico di 2 colonne
- l'unità di misura utilizzata per le coordinate E,N,quota è il metro
- l'unità di misura utilizzata per l'azimuth è il grado centesimale
- il separatore per le cifre decimali è il "."



c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni scostamento (negativo se a sinistra, positivo se a destra dell'asse nel verso delle progressive crescenti) dei punti appartenenti alla medesima sezione trasversale, ed avranno il seguente formato (tutte le informazioni sono giustificate :a destra)

Tipo Informazione	Colonne
Scostamento punto no.1	11-18
Quota punto no.1	19-26
Scostamento punto no.2	27-34
Quota punto no.2	35-42
Scostamento punto no.3	43-50
Quota punto no.3	51-58
Scostamento punto no.4	59-66
Quota punto no.4	67-74
Scostamento punto no.5	11-18
Quota punto no.5	19-26
Scostamento punto no.6	27-34
Quota punto no.6	35-42
..... -....	
..... -....	

Il numero di righe per ciascuna sezione sarà tale da contenere le informazioni di tutti i punti costituenti la sezione medesima, con la condizione che il numero massimo di colonne utilizzate è 74.

Nota:

- l'unità di misura utilizzata per lo scostamento e la quota è il metro
- ciascuna informazione numerica prevede 3 decimali



- il separatore per le cifre decimali è il “.”

d. Ultimo Record del file

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri “*F”

Metodo 2:

a. 1° Record del file:

Il primo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*D;” seguita dalla descrizione del contenuto del file medesimo, che conterrà un testo che individui l’elemento di riferimento adottato per le sezioni.

b. 2° Record del file:

Il secondo record del file dovrà contenere la stringa di caratteri “*I,X

c. 3° Record del file e successivi (informazioni puntuali)

Il terzo e i successivi record del file conterranno le informazioni Est, Nord, ... di tutti i punti appartenenti alla medesima Sezione trasversale, ed avranno il seguente formato:

Il formato sarà del tipo (secondo la convenzione Fortran):

- “F12.3, F12.3, F9.3”

dove:

- F individua un numero reale
- “12” individua un campo di 12 colonne (comprensivo dell’eventuale segno negativo “-”)
- “.3” individua la presenza di 3 colonne dopo il separatore decimale
- il contenuto dei campi è allineato a destra
- il primo elemento è la coordinata Est
- il secondo elemento è la coordinata Nord
- il terzo elemento è la coordinata “z” (quota assoluta)
- l’unità di misura utilizzata è il metro
- il separatore per le cifre decimali è il “.”



d. Record di determinazione "Fine elemento"

Tale record sarà individuato dalla stringa di caratteri "*F"

e. Record di inizio successivo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (b).

g. Record delle informazioni puntuali relative al medesimo elemento

Tale record seguirà le convenzioni previste al punto (c).

10.1.2.3 File "DAT"

La directory DOCU includerà il file GLIST.DAT dove sarà descritto il contenuto del CD ROM sotto forma di elenco dei nomi dei file comprensivi del loro "path"; contenente le associazioni "Nome del File - Contenuto del File", nonché i file IDDWG.DAT, IDASC.DAT, IDRASTER.DAT che conterranno le associazioni "IdClasse-Foglio di Riferimento-File di Riferimento".

Ciascun file avrà un formato fisso, che prevede in insieme di campi separati dal carattere "|".

- Il file GLIST.DAT, riporta la lista dei nomi dei file comprensivi del loro path contenuti nel CD ROM.

Il primo record è un record di intestazione. Ciascun record successivo conterrà un campo con il nome del file.

Il formato è il seguente:

campo n° 1: Ampiezza (n° colonne)

nome del file comprensivo del "path"60

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:



nome del file|

GRA/REV01/TXT/F01OROG0.TXT|

.....|

.....|

GRA/REV01/TXT/F01VIAP0.TXT|

- Il file IDDWG.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero di foglio e al nome del file in formato DWG che ne contiene le entità relative, comprensivo del path

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

No.Campo (n° colonne)	Descrizione Contenuto	Ampiezza
1	IdClasse	9
2	Numero del Foglio	11
3	nome del file comprensivo del "path"	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

i.e.:

IdClasse	No.Foglio	nome del file
OR025D	1	GRA/Rev01/DWG/F01OROG0.DWG
...
OR025D	2	GRA/Rev01/DWG/F02VIAP00.DWG



- Il file IDTXT.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero del foglio e al nome del file in formato ASCII che ne contiene le entità relative, comprensivo del path.

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

No.Campo (n° colonne)	Descrizione Contenuto	Ampiezza
1	IdClasseGen	9
2	Numero del Foglio	11
3	Nome del file comprensivo del "path"	66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

```
IdClasse|      No.Foglio|      nome del file|
OR025D|    1|    GRA/Rev01/TXT/F01OROG0.TXT|
...|    ..|    .....|
OR025D|    2|    GRA/Rev01/TXT/F02VIAP0.TXT|
```

- Il file IDRASTER.DAT riporta la lista delle classi cartografiche, ed il riferimento al numero del foglio e al nome del file in formato ASCII che ne contiene le entità relative, comprensivo del path.

Il formato è il seguente:

(Il primo record è un record di intestazione)

Il contenuto del campo n.1 è elencato in ordine alfabetico.

No.Campo (n° colonne)	Descrizione Contenuto	Ampiezza
1	Numero del Foglio	11



2 nome del file comprensivo del "path" 66

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

No.Foglio	nome del file
1	GRA/Rev01/RASTER/AURE01NG.BMP
..
3	GRA/Rev01/RASTER/AURE03NG.BMP

10.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CODIFICA DELLA CARTOGRAFIA NUMERICA

La cartografia numerica dovrà essere fornita sia su supporto cartaceo che su supporto magnetico.

Il formato dei file di disegno cartografico sarà "DWG" 3D nel quale saranno contenute le entità cartografiche elencate nei paragrafi seguenti in funzione delle scale di rappresentazione.

Sempre in base alle scale di rappresentazione ogni elemento cartografico sarà codificato secondo le convenzioni indicate nei successivi paragrafi.

L'elenco delle entità cartografiche è indicativo e non limitativo. Qualora nella cartografia siano contenuti elementi non definiti nei paragrafi seguenti la loro codifica sarà concordata con la Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

La convenzione sui nomi dei file ".DWG" e ".TXT" contenenti le entità cartografiche 3D è la seguente:

FxyldClasseGen.DWG
FxyldClasseGen.TXT

Dove: xy individua un numero intero (2 cifre) identificativo del foglio cartografico a cui il file si riferisce.



Viene fissato un limite superiore alla dimensione di tali file pari a 1 Mb.

Qualora una determinata IdClasseGen per un particolare foglio contenga un numero di entità tali da superare tale limite, occorrerà suddividere le informazioni in più file, sostituendo l'ultimo carattere della IdClasseGen con un numero progressivo $x = "1,2,3,..."$, con l'ulteriore condizione che le informazioni relative a ciascuna IdClasse siano contenute solamente in uno di questi file e non siano suddivise in file diversi, per un medesimo foglio cartografico.

La convenzione sui nomi dei file ".DWG" relativi ai blocchi (simbologia) è la seguente:

- FxyIdClasse.DWG
- LTScala.LIN

Dove: xy individua un numero intero (2 cifre) identificativo del foglio cartografico a cui il file si riferisce, IdClasse è la codifica prevista e Scala è un numero intero che coincide con il denominatore della scala ("10000", "5000", ...).

La nomenclatura dei file ".DWG" contenenti i dati del rilievo per sezioni trasversali seguirà la seguente convenzione:

Xnin-nfin.DWG

Dove:

nin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla prima sezione contenuta nel file ".DWG"

nfn è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla ultima sezione contenuta nel file ".DWG"

I nomi dei "layer" contenuti in tali file devono essere univocamente determinati e documentati dall'Appaltatore.

La nomenclatura dei file ".TXT" contenenti i dati del rilievo per sezioni trasversali seguirà la seguente convenzione:



Xnin-nfin.TXT

Dove:

nin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla prima sezione contenuta nel file ".TXT"

nfin è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla ultima sezione contenuta nel file ".TXT"

Per le sezioni trasversali l'identificativo IdClasseGen è "SEZIONIX".

10.2.1 Classi Cartografiche per la scala 1:10000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:10000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA

FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE

RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:10000)



IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
autostrada	autostrade	polilinea	vi010d	
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea	vi015d
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020d	
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025d	
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea	vi030d
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035d	
casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040d	
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045d	
strada asfaltata in costruzione		strade_asfaltate_c	polilinea	vi050d
strada asfaltata in galleria		strade_asfaltate_g	polilinea	vi055d
ponte, viadotto, cavalcavia in	cls	ponti_cls	polilinea	vi060d
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro		ponti_ferro	polilinea	vi065d
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura		ponti_muratura	polilinea	vi070d

VIABILITA' SECONDARIA (1:10000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
strada non asfaltata		strade_n_asfaltate	polilinea	vi075d
strada campestre		strade_campestri	polilinea	vi080d
sentiero	sentieri	polilinea	vi085d	
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090d	
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095d	



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100d	
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110d	

FERROVIE (1:10000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010d
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020d
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030d
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040d
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050d
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060d
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070d
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080d

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:10000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010d
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020d
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025d
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030d
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040d



limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050d
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060d

TOPOGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010d
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020d
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030d
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040d
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050d
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060d

OROGRAFIA (1:10000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010d
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015d
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020d
curva di livello direttrice (50 m)	curve_dir_50	polilinea	or025d
curva di livello ordinaria (10 m)	curve_ord_10	polilinea	or030d
curva di livello ausiliaria (5 m)	punto_aus_5	polilinea	or035d

IDROGRAFIA (1:10000)



IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010d
fiume, torrente sotterraneo		fiumi_st polilinea	id015d
fosso	fossi	polilinea	id020d
fosso sotterraneo		fossi_st polilinea	id025d
canale	canali	polilinea	id030d
canale sopraelevato		canali_sp polilinea	id035d
canale sotterraneo		canali_gp polilinea	id040d
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045d
diga in cemento		dighe_cls polilinea	id050d
vasca, cisterna, abbeveratoio		vasche punto/blocco	id055d
pozzo, fontana, sorgente		pozzi punto/blocco	id060d
palude	paludi	polilinea	id065d
costa mare	coste_mare	polilinea	id070d
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075d

FABBRICATI (1:10000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010d
edificio civile in costruzione		edifici_civ_c polilinea	fa015d
edificio civile diruto		edifici_civ_r polilinea	fa020d
rudere	ruderi	polilinea	fa025d
cortile, pertinenza di edifici		cortili polilinea	fa030d
edificio industriale		edifici_ind polilinea	fa035d



edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040d
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045d
chiesa chiese	polilinea	fa050d	
campanile campanili	polilinea	fa055d	
torre torri	polilinea	fa060d	
serra serre	polilinea	fa065d	
cimitero cimiteri	polilinea	fa070d	
silos silos	polilinea	fa075d	
ciminiera ciminiere	polilinea	fa080d	
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085d
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090d
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095d
baracca baracche	polilinea	fa100d	

OPERE PARTICOLARI (1:10000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010d
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015d
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020d
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025d
stazione di servizio	stazioni_servizioblocco		op030d
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035d
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040d
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	blocco	op045d
traliccio tralici	punto/blocco		op050d



linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055d
serbatoio	serbatoi	blocco	op060d
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065d

MURI (1:10000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010d
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020d
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030d
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040d

CONDOTTE (1:10000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010d
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015d
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020d
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025d
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030d
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035d
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040d
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045d



acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050d
elettrodotta sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055d
elettrodotta superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060d
elettrodotta diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065d

VEGETAZIONE (1:10000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010d
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020d
frutteto frutteti		polilinea	ve030d
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040d
oliveto oliveti		polilinea	ve050d
vigneto vigneti		polilinea	ve060d
risaia risaie		polilinea	ve070d
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080d
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090d

RECINZIONI (1:10000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010d
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020d
cancello	cancelli	polilinea	re030d



siepe siepi polilinea re040d

TOPONOMASTICA (1:10000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione livello entità IdClasse

viabilità nomi_viabilità	punto/stringa	no010d
ferrovie nomi_fs	punto/stringa	no020d
confini amministrativi nomi_confini	punto/stringa	no030d
topografia nomi_topografia	punto/stringa	no040d
orografia nomi_orografia	punto/stringa	no050d
idrografia nomi_idrografia	punto/stringa	no060d
fabbricati nomi_fabbricati	punto/stringa	no070d
opere particolari nomi_opere	punto/stringa	no080d
muri nomi_muri	punto/stringa	no090d
condotte nomi_condotte	punto/stringa	no100d
vegetazione nomi_vegetazione	punto/stringa	no110d

DTM (1:10000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione livello entità IdClasse

autostrada autostrade	polilinea	vi010d
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea vi015d
strada statale strade_statali	polilinea	vi025d



strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030d
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045d
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050d
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	clsponti_cls	polilinea	vi060d
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065d
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070d
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075d
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080d
sentiero	sentieri	polilinea	vi085d
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090d
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095d
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100d
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110d
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010d
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030d
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040d
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050d
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060d
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070d
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010d
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020d
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030d
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040d
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050d
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060d
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010d
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015d
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020d



curva di livello direttrice (50 m)	curve_dir_50	polilinea	or025d
curva di livello ordinaria (10 m)	curve_ord_10	polilinea	or030d
curva di livello ausiliaria (5 m)	punto_aus_5	polilinea	or035d
fiume, torrente fiumi	polilinea	id010d	
canale canali	polilinea	id030d	
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035d
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045d
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050d
palude paludi	polilinea	id065d	
costa mare	coste_mare	polilinea	id070d
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075d
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010d
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015d
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020d
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025d
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035d
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040d

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

10.2.2 Classi Cartografiche per la scala 1:5000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:5000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI



TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA

FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE

RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:5000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010e
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea vi015e
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020e
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025e
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea vi030e
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035e
casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040e
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045e
strada asfaltata in costruzione		strade_asfaltate_c	polilinea vi050e
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055e
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	clsponti_cls	polilinea	vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065e



ponte, viadotto, cavalcavia in ponti_muratura polilinea vi070e
muratura

VIABILITA' SECONDARIA (1:5000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e
sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095e
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100e
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110e

FERROVIE (1:5000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010e
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020e
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030e
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040e
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050e
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060e
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070e



passaggio a livello pass_liv_fs polilinea fs080e

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:5000)

IdClasseGen = coam0

descrizione livello entità IdClasse

limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010e
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020e
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025e
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030e
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040e
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050e
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060e

TOPOGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = topo0

descrizione livello entità IdClasse

vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010e
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020e
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030e
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040e
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050e
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060e



OROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010e
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015e
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020e
curva di livello direttrice (25 m)	curve_dir_25	polilinea	or025e
curva di livello ordinaria (5 m)	curve_ord_10	polilinea	or030e
curva di livello ausiliaria (2,5 m)	punto_aus_2	polilinea	or035e

IDROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010e
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015e
fosso	fossi	polilinea	id020e
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025e
canale	canali	polilinea	id030e
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
canale sotterraneo	canali_gp	polilinea	id040e
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045e
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050e



vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	punto/blocco	id055e
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	punto/blocco	id060e
palude paludi	polilinea		id065e
costa mare	coste_mare	polilinea	id070e
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075e

FABBRICATI (1:5000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010e
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015e
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020e
rudere ruderi	polilinea	fa025e	
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030e
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035e
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040e
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045e
chiesa chiese	polilinea	fa050e	
campanile campanili	polilinea	fa055e	
torre torri	polilinea	fa060e	
serra serre	polilinea	fa065e	
cimitero cimiteri	polilinea	fa070e	
silos silos	polilinea	fa075e	
ciminiera ciminiere	polilinea	fa080e	
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085e
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090e



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095e
baracca baracche	polilinea	fa100e	

OPERE PARTICOLARI (1:5000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e
stazione di servizio	stazioni_servizioblocco		op030e
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	blocco	op045e
traliccio/tralici	punto/blocco		op050e
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055e
serbatoio	serbatoi	blocco	op060e
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065e

MURI (1:5000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010e
--------------	--------	-----------	--------



muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020e	
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030e	
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040e	

CONDOTTE (1:5000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
-------------	---------	--------	----------	--

gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010e	
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015e	
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020e	
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025e	
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030e	
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035e	
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040e	
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045e	
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050e	
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055e	
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060e	
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065e	

VEGETAZIONE (1:5000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
-------------	---------	--------	----------	--



bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010e
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020e
frutteto frutteti	polilinea	ve030e	
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040e
oliveto oliveti	polilinea	ve050e	
vigneto vigneti	polilinea	ve060e	
risaia risaie	polilinea	ve070e	
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080e
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090e

RECINZIONI (1:5000)

IdClasseGen = reci0

descrizione livello entità IdClasse

muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010e
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020e
cancello	cancelli	polilinea	re030e
siepe siepi	polilinea	re040e	

TOPONOMASTICA (1:5000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione livello entità IdClasse

viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010e
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020e



confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030e
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040e
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050e
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060e
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070e
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080e
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090e
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100e
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110e

DTM (1:5000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010e
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea vi015e
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025e
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea vi030e
casello autostradale	autostrade_caselli	punto/blocco	vi040e
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045e
strada asfaltata in costruzione		strade_asfaltate_c	polilinea vi050e
ponte, viadotto, cavalcavia in cls		clsponti_cls	polilinea vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro		ponti_ferro	polilinea vi065e
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura		ponti_muratura	polilinea vi070e
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e



sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095e
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100e
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110e
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010e
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030e
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040e
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060e
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070e
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010e
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020e
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030e
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040e
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050e
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060e
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010e
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015e
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020e
curva di livello direttrice (25 m)	curve_dir_25	polilinea	or025e
curva di livello ordinaria (5 m)	curve_ord_10	polilinea	or030e
curva di livello ausiliaria (2,5 m)	punto_aus_2	polilinea	or035e
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010e
fosso	fossi	polilinea	id020e
canale	canali	polilinea	id030e
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045e
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050e
palude	paludi	polilinea	id065e



costa mare	coste_mare	polilinea	id070e	
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075e	
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010e	
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015e	
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020e	
rudere	ruineri	polilinea	fa025e	
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035e	
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040e	
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045e	
serra	serre	polilinea	fa065e	
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070e	
silos	silos	polilinea	fa075e	
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090e	
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095e	
baracca	baracche	polilinea	fa100e	
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e	
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e	
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e	
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e	
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e	
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e	
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010e	
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020e	
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030e	
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040e	

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).



10.2.3 Classi Cartografiche per la scala 1:2000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:2000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA

FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE

RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:2000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
------------	------------	-----------	--------

autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea	vi015f
---------------------------	--	--------------	-----------	--------

autostrada in galleria		autostrade_g	polilinea	vi020f
------------------------	--	--------------	-----------	--------

strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
----------------	----------------	-----------	--------



strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f

VIABILITA' SECONDARIA (1:2000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f

FERROVIE (1:2000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------



linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080f
banchina	banchine	polilinea	fs085f

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:2000)

IdClasseGen = coam0

descrizione livello entità IdClasse

limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010f
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020f
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025f
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030f
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040f
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050f
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060f

TOPOGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = topo0



descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f

OROGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f

IDROGRAFIA (1:2000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015f



fosso	fossi	polilinea	id020f
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
canale sotterraneo	canali_gp	polilinea	id040f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055f
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060f
palude	paludi	polilinea	id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f

FABBRICATI (1:2000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
rudere	ruderi	polilinea	fa025f
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
chiesa	chiese	polilinea	fa050f
campanile	campanili	polilinea	fa055f



torre	torri	polilinea	fa060f
serra	serre	polilinea	fa065f
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos	silos	polilinea	fa075f
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080f
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
baracca baracche		polilinea	fa100f

OPERE PARTICOLARI (1:2000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)		centrali_el_lim	polilinea op010f
aeroporto (limite)		aeroporti_lim	polilinea op015f
eliporto (limite)		eliporti_lim	polilinea op020f
porto (limite)		porti_lim	polilinea op025f
stazione di servizio		stazioni_servizi	polilinea op030f
campeggio (limite)		campeggi_lim	polilinea op035f
impianto sportivo (limite)		impianti_sport_lim	polilinea op040f
stazione, sottostazione elettrica		stazioni_el	polilinea op045f
traliccio tralicci			polilinea op050f
linea elettrica aerea		linee_el_aeree	polilinea op055f
serbatoio		serbatoi	polilinea op060f
tettoia, pensilina		tettoie	polilinea op065f



MURI (1:2000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f	
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f	
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f	
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f	

CONDOTTE (1:2000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010f	
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015f	
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020f	
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025f	
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030f	
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035f	
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040f	
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045f	
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050f	
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055f	
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060f	
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065f	



VEGETAZIONE (1:2000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010f
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020f
frutteto frutteti		polilinea	ve030f
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040f
oliveto oliveti		polilinea	ve050f
vigneto vigneti		polilinea	ve060f
risaia risaie		polilinea	ve070f
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080f
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090f

RECINZIONI (1:2000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione		recinzioni_m	polilinea re010f
rete di recinzione		recinzioni_r	polilinea re020f
cancello	cancelli	polilinea	re030f
siepe siepi		polilinea	re040f



TOPONOMASTICA (1:2000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010f
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020f
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030f
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040f
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050f
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060f
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070f
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080f
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090f
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100f
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110f

DTM (1:2000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea vi015f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea vi030f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f



strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	clsponti_cls	polilinea	vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080f
banchina	banchine	polilinea	fs085f
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f



scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f
fiume, torrente fiumi	polilinea	id010f	
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015f
fosso fossi	polilinea	id020f	
canale canali	polilinea	id030f	
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055f
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060f
palude paludi	polilinea	id065f	
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
rudere ruderi	polilinea	fa025f	
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
serra serre	polilinea	fa065f	
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos silos	polilinea	fa075f	
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f



baracca baracche	polilinea	fa100f		
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f	
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f	
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f	
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f	
stazione di servizio	stazioni_serviziopolilinea		op030f	
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f	
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f	
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f	
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065f	
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f	
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f	
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f	
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f	

Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

10.2.4 Classi Cartografiche per la scala 1:1000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:1000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE

VIABILITA' SECONDARIA

FERROVIE

CONFINI AMMINISTRATIVI

TOPOGRAFIA

OROGRAFIA

IDROGRAFIA



FABBRICATI

OPERE PARTICOLARI

MURI

CONDOTTE

VEGETAZIONE

RECINZIONI

TOPONOMASTICA

DTM

VIABILITA' PRINCIPALE (1:1000)

IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse	
autostrada	autostrade	polilinea	vi010g	
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea	vi015g
autostrada in galleria		autostrade_g	polilinea	vi020g
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025g	
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea	vi030g
strada statale in galleria		strade_statali_g	polilinea	vi035g
casello autostradale		autostrade_caselli	polilinea	vi040g
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045g	
strada asfaltata in costruzione		strade_asfaltate_c	polilinea	vi050g
strada asfaltata in galleria		strade_asfaltate_g	polilinea	vi055g
ponte, viadotto, cavalcavia in cls		ponti_cls	polilinea	vi060g
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro		ponti_ferro	polilinea	vi065g
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura		ponti_muratura	polilinea	vi070g



VIABILITA' SECONDARIA (1:1000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075g
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080g
sentiero	sentieri	polilinea	vi085g
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090g
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095g
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100g
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110g
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115g

FERROVIE (1:1000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010g
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020g
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030g
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040g
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050g
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060g
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070g
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080g



banchina banchine polilinea fs085g

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:1000)

IdClasseGen = coam0

descrizione livello entità IdClasse

limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010g
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020g
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025g
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030g
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040g
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050g
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060g

TOPOGRAFIA (1:1000)

IdClasseGen = topo0

descrizione livello entità IdClasse

vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010g
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020g
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030g
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040g
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050g
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060g



OROGRAFIA (1:1000)

IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione		punto_quotato	punto/blocco or010g
scarpata ciglio rappresentabile		scarpata_ciglio	polilinea or015g
scarpata piede rappresentabile		scarpata_piede	polilinea or020g
curva di livello direttrice (10 m)		curve_dir_10	polilinea or025g
curva di livello ordinaria (2 m)		curve_ord_2	polilinea or030g
curva di livello ausiliaria (1 m)		punto_aus_1	polilinea or035g

IDROGRAFIA (1:1000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010g
fiume, torrente sotterraneo		fiumi_st	polilinea id015g
fosso	fossi	polilinea	id020g
fosso sotterraneo		fossi_st	polilinea id025g
canale	canali	polilinea	id030g
canale sopraelevato		canali_sp	polilinea id035g
canale sotterraneo		canali_g	polilinea id040g
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045g
diga in cemento		dighe_cls	polilinea id050g
vasca, cisterna, abbeveratoio		vasche	polilinea id055g



pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060g
palude paludi	polilinea	id065g	
costa mare	coste_mare	polilinea	id070g
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075g

FABBRICATI (1:1000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010g
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015g
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020g
rudere ruderi	polilinea	fa025g	
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030g
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035g
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040g
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045g
chiesa chiese	polilinea	fa050g	
campanile campanili	polilinea	fa055g	
torre torri	polilinea	fa060g	
serra serre	polilinea	fa065g	
cimitero cimiteri	polilinea	fa070g	
silos silos	polilinea	fa075g	
ciminiera ciminiere	polilinea	fa080g	
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085g
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090g
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095g



baracca baracche polilinea fa100g

OPERE PARTICOLARI (1:1000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione livello entità IdClasse

centrale elettrica (limite)		centrali_el_lim	polilinea	op010g
aeroporto (limite)		aeroporti_lim	polilinea	op015g
eliporto (limite)		eliporti_lim	polilinea	op020g
porto (limite)		porti_lim	polilinea	op025g
stazione di servizio		stazioni_servizi	polilinea	op030g
campeggio (limite)		campeggi_lim	polilinea	op035g
impianto sportivo (limite)		impianti_sport_lim	polilinea	op040g
stazione, sottostazione elettrica		stazioni_el	polilinea	op045g
traliccio		tralicci	polilinea	op050g
linea elettrica aerea		linee_el_aeree	polilinea	op055g
serbatoio		serbatoi	polilinea	op060g
tettoia, pensilina		tettoie	polilinea	op065g

MURI (1:1000)

IdClasseGen = muri0

descrizione livello entità IdClasse

muro (testa)		muri_t	polilinea	mu010g
muro (piede)		muri_p	polilinea	mu020g



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030g
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040g

CONDOTTE (1:1000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------

gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010g
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015g
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020g
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025g
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030g
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035g
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040g
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045g
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050g
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055g
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060g
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065g

VEGETAZIONE (1:1000)

IdClasseGen = vege0



descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010g
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020g
frutteto frutteti		polilinea	ve030g
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040g
oliveto	oliveti	polilinea	ve050g
vigneto	vigneti	polilinea	ve060g
risaia	risaie	polilinea	ve070g
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080g
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090g

RECINZIONI (1:1000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione		recinzioni_m	polilinea re010g
rete di recinzione		recinzioni_r	polilinea re020g
cancello		cancelli	polilinea re030g
siepe	siepi	polilinea	re040g

TOPONOMASTICA (1:1000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
-------------	---------	--------	----------



viabilità nomi_viabilità punto/stringa no010g
ferrovie nomi_fs punto/stringa no020g
confini amministrativi nomi_confini punto/stringa no030g
topografia nomi_topografia punto/stringa no040g
orografia nomi_orografia punto/stringa no050g
idrografia nomi_idrografia punto/stringa no060g
fabbricati nomi_fabbricati punto/stringa no070g
opere particolari nomi_opere punto/stringa no080g
muri nomi_muri punto/stringa no090g
condotte nomi_condotte punto/stringa no100g
vegetazione nomi_vegetazione punto/stringa no110g

DTM (1:1000)

IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione		autostrade_c	polilinea vi015f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione		strade_statali_c	polilinea vi030f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione		strade_asfaltate_c	polilinea vi050f
ponte, viadotto, cavalcavia in	cls	ponti_cls	polilinea vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro		ponti_ferro	polilinea vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura		ponti_muratura	polilinea vi070f
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f



strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
banchina	banchine	polilinea	fs085f
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fosso	fossi	polilinea	id020f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f



diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f	
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f	
palude paludi	polilinea	id065f		
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f	
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f	
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f	
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f	
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f	
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f	
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f	
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f	
serra serre	polilinea	fa065f		
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f	
silos	silos	polilinea	fa075f	
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f	
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f	
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f	
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f	
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f	
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f	
stazione di servizio	stazioni_servizi	polilinea	op030f	
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f	
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f	
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f	
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f	
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f	
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f	
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f	



Nota: per i poligoni chiusi le coordinate del punto finale devono essere ripetute e coincidenti con quelle del punto iniziale (se n è il numero dei lati del poligono il numero dei punti deve essere pari a n+1).

10.3 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA CARTOGRAFIA

NUMERICA

Le entità cartografiche classificate in base a quanto descritto nei paragrafi precedenti dovranno essere rappresentate con le modalità grafiche sotto definite.

Comunque la Direzione per l'Esecuzione del Contratto si riserva la facoltà di fornire all'Appaltatore le librerie aggiornate delle linee e dei simboli in fase di consegna dei lavori.

VIABILITA' PRINCIPALE

Autostrada

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,20		autostrade	
0,20		in costruzione	autostrade_c
0,20		in galleria	autostrade_g

Strada Statale

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,20		strade_statali	
0,20		in costruzione	strade_statali_c



0,20 in galleria strade_statali_g

Casello autostradale

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 autostrade_caselli

Ponte, viadotto, cavalcavia in cls e muratura (rilievo a misura per luci superiori a 2m)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 ponti_cls, ponti_muratura

0,13 pile ponti_cls, ponti_muratura

0,25 spalle ponti_cls, ponti_muratura

0,13 luce ponti_cls, ponti_muratura

Ponte, viadotto, cavalcavia in ferro (rilievo a misura per luci superiori a 2m)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 ponti_ferro

0,13 pile ponti_ferro

0,25 spalle ponti_ferro

0,13 luce ponti_ferro



Strada asfaltata

spessori (mm)	tipo	livello
0,15	strade_asfaltate	
0,15	in costruzione strade_asfaltate_c	
0,15	in galleria strade_asfaltate_g	

VIABILITA' SECONDARIA

Strada non asfaltata

spessori (mm)	tipo	livello
0,15	strade_n_asfaltate	

Strada campestre (si rileva e si rappresenta il solo asse)

spessori (mm)	tipo	livello
0,25	strade_campestri	

Sentiero (si rileva e si rappresenta il solo asse)

spessori (mm)	tipo	livello
0,25	sentieri	



Mulattiera (si rileva e si rappresenta il solo asse)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		mulattiere	
------	--	------------	--

Ponte in legno

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		ponti_legno	
------	--	-------------	--

Sottopassaggio stradale

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,13		sottopassaggi_s	
------	--	-----------------	--

Sottopassaggio pedonale

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,13		sottopassaggi_p	
------	--	-----------------	--

Marciapiede

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		marciapiedi	
------	--	-------------	--



FERROVIE

Linea ferroviaria a doppio binario (rilevare planimetricamente la rotaia di sinistra; il rilievo altimetrico, nei tratti in curva, dovrà essere riferito alla rotaia interna alla curva e associato all'asse)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		ferrovie_2b	
------	--	-------------	--

0,15	in costruzione	ferrovie_2b_c	
------	----------------	---------------	--

0,15	in galleria	ferrovie_2b_g	
------	-------------	---------------	--

Linea ferroviaria a singolo binario (rilevare planimetricamente la rotaia di sinistra; il rilievo altimetrico, nei tratti in curva, dovrà essere riferito alla rotaia interna alla curva e associato all'asse)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		ferrovie_1b	
------	--	-------------	--

0,15	in costruzione	ferrovie_1b_c	
------	----------------	---------------	--

0,15	in galleria	ferrovie_1b_g	
------	-------------	---------------	--

Stazione ferroviaria



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25	stazioni_fs		
------	-------------	--	--

Passaggio a livello

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,13	pass_liv_fs		
------	-------------	--	--

Limite banchina

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15	limiti_banchine		
------	-----------------	--	--

CONFINI AMMINISTRATIVI

Limite di Stato

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

+ + + + + + + + + + + + + + + +	0,35		limiti_stato
---------------------------------	------	--	--------------

Limite di Regione

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

- + - + - + - + - + - + - + - +	0,35		limiti_regione
---------------------------------	------	--	----------------



TOPOGRAFIA

Vertice Trigonometrico IGMI (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 vertici_igm

127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Vertice Trigonometrico ANAS (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 vertici_anas

127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Vertice di poligonale (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 vertici_polig

127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Caposaldo di livellazione IGMI (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,20 capisaldi_igm

127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Caposaldo di livellazione ANAS (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 capisaldi_anas

127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Punto fotografico di appoggio (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 punto_foto_app

127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

OROGRAFIA

Punto quotato da restituzione (quota rappresentata con 2 cifre decimali)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

• 0,20 punto_quotato

127.59

(altezza carattere = 2 mm, font ROMANS)



Scarpata ciglio rappresentabile

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
.....	0,25		scarpata_ciglio

Scarpata piede rappresentabile

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,25		scarpata_piede

Curva di livello direttrice

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,25		curve_dir

Curva di livello ordinaria

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,15		curve_ord

Curva di livello ausiliaria

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
	0,15		curve_aus



IDROGRAFIA

Fiume, torrente (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)

spessori (mm)	tipo	livello
0,25	fiumi	
0,25	sotterraneo	fiumi_st

Fosso (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)

spessori (mm)	tipo	livello
0,20	fossi	
0,20	sotterraneo	fossi_st

Canale (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m; va rappresentata simbolicamente la direzione della corrente)

spessori (mm)	tipo	livello
0,20	canali	



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,20 sopraelevato canali_sp

0,20 in galleria canali_g

Diga (Con larghezza del letto non rappresentabile se minore a 1 m. Il rilievo è simbolico: si rileva l'asse del letto. Si determina la direzione della corrente, che va rappresentata con l'uso del simbolo).

 rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

..... 0,15 in terra dighe_t

0,25 in cemento dighe_cls

Vasche, cisterne, abbeveratoi

 rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 vasche

Pozzo, fontana, sorgente

 rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 pozzi

Palude



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		paludi	
------	--	--------	--

Costa

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25	mare	coste_mare	
------	------	------------	--

0,25	lago	coste_laghi	
------	------	-------------	--

FABBRICATI

(La rappresentazione grafica delle entità di tipo "piede" è prevista solo per le scale 1:1000, 1:500, 1:200)

Edificio civile

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		edifici_civ	
------	--	-------------	--

0,25	in costruzione	edifici_civ_c	
------	----------------	---------------	--

0,25	diruti	edifici_civ_r	
------	--------	---------------	--

Rudere

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------



0,25 ruderi

Cortile, pertinenza di edifici

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 cortili

Edificio industriale

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 edifici_ind

0,25 in costruzione edifici_ind_c

0,25 diruti edifici_ind_r

Chiesa

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 chiese

Campanile

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 campanili

Torre



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		torri	
------	--	-------	--

Serra

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		serre	
------	--	-------	--

Cimitero

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		cimiteri	
------	--	----------	--

Silos

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		silos	
------	--	-------	--

Ciminiera

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		ciminiere	
------	--	-----------	--

Divisione tetti edifici



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		edifici_tetti	
------	--	---------------	--

Edificio civile piede

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

		edifici_civ_p	
--	--	---------------	--

Edificio industriale piede

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

		edifici_ind_p	
--	--	---------------	--

Baracca

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		baracche	
------	--	----------	--

OPERE PARTICOLARI

Centrale elettrica (limite)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,20		centrali_el_lim	
------	--	-----------------	--

Aeroporto (limite)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto – Parte 2^
IT.PRL.05.12 - Rev.1.0
Rilievi e Cartografia

0,20 aeroporti_lim

Eliporto (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 eliporti_lim

Porto (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 porti_lim

Stazione di servizio (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 stazioni_servizio

Campeggio (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 campeggi_lim



Impianto sportivo (limite)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,20		impianti_sport_lim	
------	--	--------------------	--

Stazione, sottostazione elettrica

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		stazione_el	
------	--	-------------	--

Traliccio

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		tralicci	
------	--	----------	--

o

Linea elettrica aerea

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		linee_el_aeree	
------	--	----------------	--

Serbatoio

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		serbatoi	
------	--	----------	--

Tettoia, pensilina



rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,25		tettoie	
------	--	---------	--

MURI

(La rappresentazione grafica delle entità di tipo "piede" è prevista solo per le scale 1:1000, 1:500, 1:200)

Muro (testa)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,20		muri_t	
------	--	--------	--

Muro (piede)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		muri_p	
------	--	--------	--

Mura di città, bastioni (testa)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,20		mura_t	
------	--	--------	--

Mura di città, bastioni (piede)

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------

0,15		mura_p	
------	--	--------	--



CONDOTTE

Gasdotto, metanodotto

spessori (mm)	tipo	livello
0,20	sotterraneo	gasdotti_st
0,20	superficie	gasdotti_su
0,20	diruto	gasdotti_dir

Oleodotto

spessori (mm)	tipo	livello
0,20	sotterraneo	oleodotti_st
0,20	superficie	oleodotti_su
0,20	diruto	oleodotti_dir

Acquedotto

spessori (mm)	tipo	livello
0,20	sotterraneo	acquedotti_st
0,20	superficie	acquedotti_su



0,20 diruto acquedotti_dir

Elettrodotto

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 sotterraneo elettrodotti_st

0,20 superficie elettrodotti_su

0,20 diruto elettrodotti_dir

VEGETAZIONE

Bosco (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 boschi_lim

bosco fitto bosco rado

bosco ceduo

Coltura (limite)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 colture_lim

Frutteto

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 frutteti



Agrumeto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15		agrumeti	

Oliveto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15		oliveti	

Vigneto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15		vigneti	

Risaia

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,15		risaie	

Parco, giardino

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
--------------------------	---------------	------	---------



0,15 giardini

Albero isolato

representazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 alberi

RECINZIONI

Muro di recinzione

representazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 recinzioni_m

Rete di recinzione

representazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 recinzioni_r

Cancello

representazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,20 cancelli

Siepe



rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello
0,20		siepi	

TOPONOMASTICA

ELEMENTO TOPOGRAFICO	TIPO CARATTERE	ALTEZZA (mm)
CENTRI ABITATI E TOPONOMASTICA IN GENERE		
Comune	BUDRIO	4,5
Centro	MEZZOLARA	4,0
Nucleo	IL SANTISSIMO	3,5
Case sparse	CASE VANNINO	3,0
Regione	REGIONE LAZIO	5
Provincia	PROVINCIA di RIETI	4

VIABILITA' STRADALE E FERROVIARIA

Lo stesso carattere si utilizza per indicare i manufatti di cui si rende opportuna l'identificazione (es.: fori, canali, chiese, conventi, torri, edifici pubblici, viadotti, caselli autostradali, caselli ferroviari, scalo merci, impianti estrattivi, edifici industriali, ecc.).

Per la viabilità stradale e ferroviaria e per i casi sopra riportati, in caso di necessità, sono consentite riduzioni dell'altezza dei caratteri.

AUTOSTRADA A1

S.S. DELLA CISA (N° 62)

S.P. PARMA-COLORNO

F.S. BOLOGNA RIMINI

VIA CAVOUR

PIAZZA MAGGIORE



km 20			
3,0			
ANTICHITA'	PALAZZO RE ENZO	2,5	
LOCALITA', BOSCO, PARCO, TENUTA	TENUTA GHIGI	3,0	
OROGRAFIA			
Monte principale	MONTE CIMONE	4,0	
Monte secondario	MONTE ADONE	3,5	
Colle, passo, sella, valico, cresta, gola, altopiano	PASSO DELLA CISA	3,0	
Grotta	Grotta del Farneto	2,5	
Valle, pianura, litorale	VALLE DEL DARDAGNA	2,5	
IDROGRAFIA			
Fiume o Torrente	FIUME TEVERE	3,5	
Fosso	FOSSO di ACQUAFREDDA	3,0	

11 PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CONSEGNA DEGLI ELABORATI

E' stato predisposto un elenco dei tipi di elaborato che dovranno essere prodotti dall'Appaltatore. Tale elenco non deve considerarsi limitativo e può essere ampliato su esplicita richiesta della Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

Per ogni elaborato richiesto sono definiti i contenuti minimi e le specifiche di redazione. L'elenco degli elaborati da produrre e consegnare è descritto nei paragrafi successivi.

Tutto il materiale prodotto resterà di esclusiva proprietà del Committente precludendo quindi all'Appaltatore ogni diritto sullo stesso.

Tutte le cartografie dovranno essere eseguite su fogli di dimensioni A0 o A1. Tutte le relazioni, rilegate in fascicoli di formato A4, dovranno essere consegnate anche su supporto informatico registrate in file gestibili dai software commerciali di maggiore diffusione. Dovranno inoltre essere consegnati tutti i dati di ingresso, cioè le osservazioni strumentali e le coordinate dei punti noti, ed i dati di uscita dei calcoli eseguiti nelle varie fasi di lavoro, cioè le coordinate compensate di tutti i punti presi in esame. La consegna sarà effettuata su supporto informatico.

Il materiale dovrà essere consegnato ordinatamente raccolto in appositi contenitori.



Le modalità di consegna del materiale saranno definite dalla Direzione per l'Esecuzione del Contratto.

11.1 PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI

Con almeno quindici giorni di anticipo sulla data di inizio dei lavori l'Appaltatore è tenuto a consegnare alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto due copie del diagramma di Gant relativo alla programmazione di tutte le attività definite nel presente capitolato.

11.2 VOLO E PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA

Per quanto concerne le attività relative al volo ed alla presa aerofotogrammetrica l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione per l'Esecuzione del Contratto:

- progetto di volo in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata
- planimetria in scala 1:25000 delle strisciate effettivamente eseguite, con l'aggiunta dell'indicazione del riquadro e l'annotazione del numero progressivo del fotogramma
- relazione nella quale verranno descritte la metodologia impiegata e le caratteristiche di tutte le apparecchiature utilizzate
- corrispondenza con le Autorità competenti relativa agli adempimenti degli obblighi legislativi ed amministrativi
- il certificato di taratura originale della macchina da presa (o copia autenticata) di data non anteriore a quattro anni, 2 anni per le riprese aeree con camera digitale.
- tutti i fotogrammi con i dati di ripresa in formato originale del sistema di acquisizione

11.3 RETE DI INQUADRAMENTO

Per quanto concerne le attività relative alla rete di inquadramento l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- monografie dei vertici eventualmente utilizzati in precedenti raffittimenti eseguiti per conto del Committente
- monografie di tutti i vertici I.G.M.I. utilizzati



- monografie dei nuovi vertici della rete di inquadramento e di quelli rideterminati
- schemi delle operazioni topografiche eseguite per la determinazione dei vertici comprendenti i dati di rilievo e gli s.q.m.
- relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- schema della Rete Geodetica (grafo di tutti i vertici, con annotazione delle coordinate planaltimetriche)

11.4 RETE DI RAFFITTIMENTO

Per quanto concerne le attività relative alla rete di raffittimento l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- delle monografie di tutti i vertici istituiti
- planimetria del progetto della rete di raffittimento in scala 1:25000
- planimetria della rete di raffittimento prodotta in scala 1:25000
- relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- schemi operativi relativi alla rete di raffittimento (operazioni topografiche eseguite, dati di rilievo, s.q.m.)

11.5 PUNTI FOTOGRAFICI DI APPOGGIO

Per quanto concerne le attività relative ai punti fotografici di appoggio l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- planimetrie in scala 1:25000 contenenti gli schemi operativi utilizzati per la determinazione dei punti
- monografie dei punti
- tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio e dei punti quota
- relazione di calcolo delle coordinate dei punti



11.6 RILIEVI CON TECNOLOGIA GPS

Per quanto concerne le attività relative ai punti determinati tramite tecnologia GPS, l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura

11.7 PUNTI FOTOGRAFICI DA TRIANGOLAZIONE AEREA

Per quanto concerne le attività relative ai punti fotografici da Triangolazione Aerea l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- planimetria in scala 1:25000 contenente l'indicazione della strisciata o del blocco, la posizione dei punti fotografici e i dati di compensazione
- monografie dei punti
- tutti i fotogrammi aerotriangolati riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio dei modelli e della strisciata o del blocco
- relazione di calcolo contenente i moduli delle osservazioni strumentali, i dati di partenza e i risultati prodotti dal software (comprendenti gli s.q.m)

11.8 POLIGONALE

Per quanto concerne le attività relative alla poligonale l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- monografie di tutti i vertici della poligonale, contenenti:
 - coordinate "rettilinee" e Gauss-Boaga
 - quota del vertice
 - schizzo planimetrico con almeno 3 distanze da punti caratteristici stabili e facilmente individuabili sul terreno
 - schizzo prospettico o fotografia



- breve descrizione dell'ubicazione con indicazione del Comune, frazione, località e via in cui ricade il vertice
- data di materializzazione
- monografie dei punti trigonometrici I.G.M.I. di riferimento per la poligonale e sui quali sono state eseguite le previste chiusure di controllo
- planimetria in scala 1:25000 relativa alla poligonale, ai collegamenti con i punti trigonometrici I.G.M.I., ai capisaldi posti in opera, ai limiti ed ai numeri delle tavolette interessate
- profilo degli elementi della poligonale (distanze, angoli al vertice, angoli di direzione, coordinate e quote)
- relazione contenente la descrizione delle modalità esecutive dei rilievi, i criteri ed i calcoli sia per la determinazione delle coordinate "rettilinee" e Gauss-Boaga della poligonale che per la verifica delle chiusure di controllo, considerazioni sui risultati raggiunti e sulla precisione ottenuta

11.9 LIVELLAZIONE GEOMETRICA DI PRECISIONE

Per quanto concerne le attività relative alla livellazione geometrica di precisione l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- monografie dei capisaldi di livellazione e di quelli eventualmente posti in opera lungo il percorso tra caposaldo I.G.M.I. e caposaldo da collegare
- relazione contenente i risultati del controllo dei capisaldi, il riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita con i dislivelli di campagna (andata, ritorno, media) e le distanze di ogni singola battuta, i criteri adottati per la determinazione delle quote e per i calcoli di compensazione, la valutazione dei risultati raggiunti e della precisione ottenuta

11.10 LIVELLAZIONE TECNICA



Per quanto concerne le attività relative alla livellazione tecnica l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- monografie dei capisaldi di livellazione e di quelli eventualmente posti in opera lungo il percorso tra caposaldo I.G.M.I. e caposaldo da collegare
- relazione contenente i risultati del controllo dei capisaldi, il riepilogo di ogni linea di livellazione eseguita con i dislivelli di campagna (andata, ritorno, media) e le distanze di ogni singola battuta, i criteri adottati per la determinazione delle quote e per i calcoli di compensazione, la valutazione dei risultati raggiunti e della precisione ottenuta

11.11 RESTITUZIONE E RICOGNIZIONE

Per quanto concerne le attività relative alla restituzione l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- planimetria contenente la ripartizione e la numerazione dei fogli cartografici in sovrapposizione allo schema di copertura dei singoli fotogrammi numerati
- i certificati originali (o copia autenticata) relativi allo stato di rettifica degli strumenti utilizzati per la restituzione di data non anteriore ad un anno
- il "Giornale di restituzione"
- 1 copia delle minute di restituzione con le annotazioni delle operazioni eseguite in campagna per il controllo e l'integrazione della cartografia
- il protocollo di restituzione contenente le schede originali con l'indicazione degli scarti planimetrici grafici, degli scarti residui in quota sui punti fotografici d'appoggio, dei valori dei parametri di orientamento strumentale; in corrispondenza della posizione grafica dei punti d'appoggio dovrà essere indicato in scala opportuna lo scarto planimetrico e quello in quota

11.12 FOGLI CARTOGRAFICI



Per quanto concerne le attività relative ai fogli cartografici l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia della corrispondenza con le Autorità competenti relativa all'adempimento degli obblighi legislativi ed amministrativi
- della planimetria contenente il quadro di unione dei fogli della restituzione cartografica con annotazione della numerazione progressiva e l'indicazione della posizione delle principali località interessate
- copia dei fogli cartografici
- file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D, ASCII, o "XLS" e "DOC"

11.13 RILIEVO CELERIMETRICO E PER SEZIONI TRASVERSALI

Per quanto concerne le attività relative al rilievo celerimetrico e per sezioni trasversali l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- i libretti di campagna od i tabulati di calcolo unitamente ai file di registrazione dei dati completi delle specifiche per la loro corretta lettura
- monografie per ogni punto di stazione, riportanti tutte le informazioni idonee ad identificare la posizione ed uno schizzo planimetrico con annotate le distanze di almeno 3 punti riconoscibili sul terreno
- i certificati di rettifica della strumentazione
- relazione di accompagnamento, riportante i valori di temperatura, pressione ed umidità relativa per ciascuna misura
- relazione del calcolo effettuato per determinare distanze e quote di tutti i punti, compresi quelli di stazione
- planimetria contenente il quadro di unione dei fogli della restituzione cartografica con annotazione della numerazione progressiva e l'indicazione della posizione delle principali località interessate
- planimetria del piano quotato con l'eventuale indicazione delle sezioni trasversali numerate
- copia dei fogli cartografici
- file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D ed ASCII

11.14 RILIEVI LASER SCANNER



Per quanto concerne le attività relative al rilievo laser scanner l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- Inquadramento geodetico
- Relazione sulle metodologie operative di inquadramento ed istituzione dei nuovi capisaldi;
- Schema delle rete geodetica GPS di inquadramento con rappresentazione dei vertici IGM95 utilizzati e dei nuovi capisaldi materializzati.
- Lo schema dovrà essere rappresentato in scala 1/20.000 su base cartografica CTR regionale aggiornata;
- Monografie dei vertici IGM95 e dei capisaldi di livellazione IGM utilizzati per l'inquadramento geodetico;
- Monografie dei nuovi capisaldi materializzati secondo lo schema ANAS;
- Report della compensazione eseguita con indicazione degli scarti;
- File Rinex delle acquisizioni statiche o statico-rapide.
- File txt del report di trasformazione del software VERTO.
- Certificato di taratura dello strumento;
- Relazione sulle metodologie operative adottate, con indicazione degli scarti ottenuti in fase di registrazione delle nuvole di punti e degli scarti di georeferenziazione delle nuvole di punti già registrate nel sistema UTM;
- Planimetria schematica dell'opera d'arte rilevata, con indicazione delle posizioni di tutte le stazioni, dei target rilevati e delle aree sottoposte a scansione. Le aree sottoposte a scansione dovranno essere differenziate per tipologia, con riferimento al livello di dettaglio impostato nello strumento. La planimetria dovrà essere corredata da una tabella, indicante per ogni stazione di misura i target rilevati, il numero delle scansioni e le caratteristiche delle stesse;
- File delle nuvole di punti nei formati ASCII, PTS e nel formato "grezzo" dello strumento utilizzato. I formati ASCII e PTS dovranno contenere, oltre alle informazioni relative alle coordinate Nord, Est e Quote, anche i valori di riflettenza ed RGB di ogni punto rilevato.
- File in formato RAW contenenti le singole fotografie digitali ottenute da camera Reflex esterna coassiale allo strumento.
- Immagini in formato jpg con matrici di rototraslazione per l'orientamento sul modello.
- Ricostruzione 3D dell'intera opera rilevata, pubblicabile su rete, con possibilità di navigazione 3D, misurazione accurata, ed inserimento di commenti numerici ed alfanumerici;
- Rilievo elaborato con restituzione CAD delle seguenti tavole:



- Planimetria generale a livello top (carreggiata)
- Planimetria degli impalcati o delle volte
- Planimetria delle pile
- N. 2 Prospetti laterali per ogni carreggiata
- N. 3 Sezioni Trasversali per ogni campata
- N. Sezioni Longitudinali per ogni carreggiata (Sezione ciglio destro + sezione ciglio sinistro)
- Rilievo Celerimetrico Integrativo
- Certificato di taratura della stazione totale adottata;
- Relazione sulle metodologie operative adottate ed indicazione della procedura di georeferenziazione del rilievo nel sistema UTM-ETRF2000;
- Elenco dei target di riferimento del rilievo laser scanner collimati ed indicazione delle coordinate UTM-ETRF2000 piane degli stessi;
- File CAD (dwg o dxf) 3D contenente tutte le parti d'opera rilevate rappresentate da polilinee 3D distribuite su appositi layers.
- Le primitive geometriche rappresentate nel file CAD dovranno essere georeferenziate nel sistema UTM-ETRF2000;
- Files nel formato ASCII di esportazione delle misure celerimetriche eseguite in campagna. I files in formato ASCII dovranno contenere, per le stazioni, le informazioni relative al nome della stazione, l'altezza strumentale, il nome del punto di orientamento, l'angolo di orientamento azimutale, la distanza inclinata dal punto di orientamento e l'altezza della mira; per i punti di dettaglio misurati, il nome univoco del punto, i valori di angolo azimutale, angolo verticale, distanza inclinata, altezza della mira, e codice topologico identificativo. I dati dovranno essere separati dal carattere TAB;
- Analisi difettologica
- Relazione dettagliata con indicazione e codifica di tutte le tipologie di degrado individuati
- Tavola del degrado impalcati (vista dal basso)
- Tavola del degrado prospetto 1
- Tavola del degrado prospetto 2
- Tavole del degrado sezioni trasversali
- Tavole del degrado in 3D su nuvola di punti semplificata (formato dxf o dwg)



Tutti i dati dovranno essere forniti sia in formato cartaceo che su HD di adeguata capacità di memorizzazione

11.15 RILIEVI BATIMETRICI

Per quanto concerne le attività relative al rilievo batimetrico l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- Relazione tecnica con i seguenti contenuti:
- descrizione del piano d'indagine progettato ed eseguito
- descrizione della dotazione strumentale utilizzata
- descrizione delle procedure operative adottate
- descrizione delle procedure di controllo qualità e validazione adottate e dei risultati
- cartografia con ubicazione dei transetti e dei percorsi del natante
- sezioni batimetriche in scala adeguata
- cartografia con quote batimetriche in scala adeguata

11.16 RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR

Descrizione generale dei prodotti di consegna

- Dati grezzi (Lidar e Dati sorgente aerofotogrammetrici)
- GCP (punti d'inquadratura geometrico)
- Dati GPS
- Nuvola di punti classificati terreno, Nuvola di punti classificati come Overground,
- Rilievi aerofotogrammetrici: Ortoimmagini digitali ottenute da ortorettifica e mosaicatura di fotogrammi.
- Relazione tecnica del rilievo
- Dati grezzi LIDAR ASCII formato che prevede per ogni impulso il tempo di emissione, e per ogni risposta (First e Last pulse) le coordinate UTMWGS84 (Est, Nord) e la quota ellissoidica, approssimate alla seconda cifra decimale, e il valore di intensità.
- Nuvola dei soli punti utili GROUND ed OVERGROUND * ASCII formato che prevede per ogni punto le coordinate UTMWGS84 (Est, Nord), la quota ellissoidica, approssimate alla seconda



cifra decimale e il valore di intensità (intero). Campo classificazione tipologica per OVER GROUND.
Densità media >40 Punti/m²

- ORTOFOTO - Dati grezzi, immagini RAW
- ORTOFOTO - Immagini digitali ortorettificate in formato TIFF + TFW con risoluzione <3 cm/Pixel

12 RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR

12.1 PROGETTAZIONE E PIANIFICAZIONE DELLE RIPRESE LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICHE

Le riprese devono essere eseguite mediante velivoli ad ala fissa o multirottore di adeguate caratteristiche dei quali sia garantita la libera e completa disponibilità da parte dell'Appaltatore per il periodo necessario per le riprese. Devono, inoltre, essere comunicati al Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A., gli estremi della Certificazione ENAC e le caratteristiche del SAPR utilizzato: casa costruttrice, tipo, numero e potenza del o dei motori, peso del Payload, autonomia, quota massima operativa, velocità di crociera alla quota operativa ecc

La progettazione e la pianificazione delle riprese dovrà avere una ricopertura sufficiente a garantire la continuità della rilevazione. Sarà suddivisa in blocchi di volo in funzione dell'andamento plano-altimetrico della superficie di rilevazione. Ogni blocco di volo dovrà essere dotato in modo autonomo di strisciate trasversali alla direzione principale di volo, indicativamente in testa e in coda. La pianificazione dei voli e delle attività a terra (stazioni fisse GPS, e GCP) dovrà garantire risultati correttamente georeferenziati e minimizzazione dell'errore sistematico che dovrà comunque essere compatibile con l'accuratezza dei prodotti richiesti.

Le riprese dovranno essere effettuate nelle condizioni più favorevoli rispetto allo specifico sistema di rilievo e ciò con riferimento sia alle condizioni contingenti (atmosferiche e di illuminazione) che alle variabili stagionali. Per il LIDAR altimetrico (indicativamente dicembre-marzo), si dovrebbe minimizzare la portata dei fiumi e la vegetazione (arborea, arbustiva, colturale e ripariale in prossimità di corsi d'acqua). Per le riprese fotografiche (indicativamente aprile-settembre), oltre all'assenza di nuvole, nebbie o foschie, si dovranno privilegiare idonee condizioni di illuminazione (le ore a cavallo del mezzogiorno) che minimizzino le ombre e le dominanti di colore. Tutti gli aspetti di cui sopra dovranno essere preventivamente valutati al fine di pianificare le attività. Qualora vi siano problemi non altrimenti risolvibili, l'Appaltatore provvederà a segnalare al Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A. la non fattibilità della rilevazione su determinate zone e consegnerà una delimitazione vettoriale del perimetro delle stesse, proponendo soluzioni alternative o rinunciando per quelle aree a ogni corrispettivo.



12.2 STRUMENTAZIONE

I sistemi di rilievo nel loro complesso dovranno possedere i requisiti di precisione ed accuratezza, e dovranno essere calibrati e testati in modo tale da garantire il raggiungimento dell'accuratezza prevista per ciascun prodotto. Al Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A devono essere comunicati i dati inerenti la marca, il tipo della strumentazione, le caratteristiche tecniche delle quali l'impresa deve fornire, in copia, i certificati di taratura con data non anteriore a due anni.

Il sensore LiDAR di classe 1 e con la funzione Dual Return, dovrà avere una portata non inferiore a 100m ed una accuratezza <3cm e con la possibilità di essere sincronizzato mediante time stamp.

La componente inerziale IMU-GPS di bordo dovrà essere in grado di sincronizzarsi con il laserscanner ed avere una accuratezza angolare su Roll e Pitch di almeno 0.035° e 0.15° o migliori in Post Processing, una frequenza non inferiore a 200Hz ed un componente GPS doppia frequenza in grado di ricevere segnale GPS e Glonass.

La fotocamera Digitale, dovrà avere non meno di 16Mpx e consentire, in funzione delle caratteristiche del terreno da rilevare, l'utilizzo dei diversi tipi di obiettivi con ottiche diverse. La modalità di acquisizione dovrà avvenire in modo automatico mediante attenta pianificazione della missione e dovrà essere possibile monitorare da terra tutte le fasi della missione. I singoli scatti lungo le strisciate dovranno garantire sovrapposizione longitudinale tra i fotogrammi di almeno 80% e di almeno il 60% tra strisciate contigue. Il formato del dato acquisito dovrà essere il RAW in modo da consentire in fase di post processing la correzione radiometrica delle singole immagini.

12.3 MISSIONE DI VOLO

Ciascuna missione di volo dovrà iniziare e finire con almeno 5 minuti di registrazione dei dati statici del drone. Preliminarmente all'esecuzione della missione dovrà essere pianificato, tramite opportuno software di simulazione, il periodo di esecuzione, in modo da garantire una buona copertura satellitare tale da ottenere, per tutta la durata della missione, un PDOP non superiore a 3 e comunque in linea con le metodiche applicate e con le accuratezze richieste. Successivamente all'esecuzione della ripresa aerea (LIDAR e fotogrammetrica) dovranno essere elaborati i dati registrati dal ricevitore di bordo e di quelle permanenti a terra in modo da determinare le coordinate planimetriche e la quota ellissoidica dei dati LIDAR ed i centri di presa e l'orientamento delle immagini fotogrammetriche.

Nell'area di rilevazione, opportune aree-test dovranno essere previste. Tali aree, che dovranno essere pianeggianti, contenere fabbricati grandi e regolari (ad es.: piazzali ed edifici industriali, parcheggi e centri commerciali, ecc.), tali cioè da consentire un'alta accuratezza delle misure,



dovranno essere rilevati mediante GPS alcuni punti di controllo sul terreno, tali aree verranno utilizzate per verificare la stabilità della calibrazione degli strumenti e l'esclusione o minimizzazione di eventuali errori sistematici. Nelle relazioni tecniche verranno sintetizzati i risultati delle analisi statistiche di confronto tra dati acquisiti e i dati misurati a terra sulle aree test. Durante l'esecuzione delle rilevazioni dovranno essere registrati, oltre ai segnali satellitari della stazione montata a bordo del velivolo, con epoca di 1 secondo, anche quelli di un certo numero di stazioni GPS a terra di coordinate note per l'impiego della tecnica differenziale. Le stazioni, dotate di ricevitori GPS a doppia frequenza, con acquisizione di 1 Hz, devono essere posizionate in modo da garantire la ricezione contemporanea del segnale di un numero sufficiente di satelliti (non meno di cinque), i medesimi intercettati dal sistema GPS del drone. Potranno essere utilizzate come stazioni permanenti sia stazioni appositamente dedicate (le cui coordinate dovranno essere determinate con una accuratezza analoga a quelle dei vertici della rete di inquadramento), sia stazioni pubbliche i cui dati siano affidabili e disponibili, in mancanza o a integrazione di queste è consentito l'utilizzo di stazioni temporanee installate ad hoc le cui coordinate siano determinate nella rete geodetica IGM95. L'Appaltatore dovrà comunicare in anticipo la stazione permanente che intende utilizzare. Sarà cura e responsabilità dell'Appaltatore assicurare il funzionamento della stazione permanente con inizio e fine prima e dopo l'avvio delle registrazioni della stazione situata sul Drone. Ai fini delle attività di verifica e di collaudo dovranno essere resi disponibili i dati GPS delle stazioni utilizzate relativi ai periodi di effettuazione della rilevazione, sia in termini di valori DOP che di numero di satelliti presenti.

12.4 TRATTAMENTO DEI DATI E MATERIALE AUSILIARIO

I dati acquisiti dovranno essere trattati con i rispettivi software, tenendo conto di tutte le informazioni derivanti dalla rete GPS di terra, dal GPS e dalle piattaforme inerziali di bordo, al fine di definire in modo ottimale la georeferenziazione dei dati lidar e delle immagini fotogrammetriche. Di norma si esclude l'utilizzazione di altre fonti per adattare i dati rilevati nell'ambito della presente fornitura, a eccezione di procedure ampiamente documentate e concordate con il Direttore per l'Esecuzione del Contratto di ANAS S.p.A .

I formati e il taglio di consegna devono perseguire l'obiettivo di ottimizzare, in relazione alla natura dell'informazione, il rapporto tra dimensione/gestibilità del file e qualità dell'informazione. Si precisa che il taglio geografico dovrà essere concordato con il Appalte per l'Esecuzione del Contratti di ANAS S.p.A.



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.05.27- Rev. 1

Impianti Tecnologici in Galleria

Nuove Opere/Man. Straordinaria

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione di Appalto
IT.PRL.05.27- Rev. 1.0
Impianti Tecnologici in galleria – Nuove opere/Man. Straordinaria

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzione Operation e Coordinamento Territoriale	
Verifica	Direzione Ingegneria e Verifiche	
Approvazione	Presidente	

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



SOMMARIO

1	OGGETTO DELL'APPALTO	12
1.1	DESIGNAZIONE DELLE OPERE D'APPALTO	12
1.2	DESCRIZIONE ANALITICA DELLE OPERE E FORNITURE DI MANUTENZIONE	13
1.3	REQUISITI MINIMI DI SERVIZIO	14
1.4	CONOSCENZA DELLE CONDIZIONI DI APPALTO	20
1.5	OSSERVANZA DI LEGGI, REGOLAMENTI DEL CAPITOLATO GENERALE DI APPALTO	20
1.6	DOCUMENTAZIONE TECNICA RICHIESTA PER GLI IMPIANTI	21
1.7	MESSA IN ESERCIZIO DELLA GALLERIA	23
1.8	VERIFICHE E PROVE FINALI	25
2	OPERE CIVILI	26
2.1	PREMESSA	26
2.2	SCAVI	26
2.3	SCAVI IN MICROTRINCEA	28
2.4	SCAVI PER TUBAZIONI	28
2.5	POZZETTI	29
2.6	ATTRAVERSAMENTI INTERRATI	30
2.7	VERNICIATURA	30
2.8	ACQUA	31
2.9	LEGANTI IDRAULICI	31
2.10	SABBIE, GHIAIE E PIETRISCHI	32
2.11	CALCESTRUZZI STRUTTURALI	33
3	IMPIANTO DI DRENAGGIO LIQUIDI INFIAMMABILI E DI CALOTTA	34
3.1	PREMESSA	34
3.2	LAMIERE PER RACCOLTA DELLE ACQUE DI VOLTA	34
3.3	CANALETTA ISPEZIONABILE FRANGIFIAMMA PER DRENAGGIO PIATTAFORMA	34
3.4	VASCA DI ACCUMULO LIQUIDI	35
4	IMPIANTO FOTOVOLTAICO	36



4.1	GENERALITÀ	36
4.2	MODULO FOTOVOLTAICO IN SILICIO POLICRISTALLINO DA 250WP	37
4.3	MODULO FOTOVOLTAICO IN SILICIO MONOCRISTALLINO DA 270WP	38
4.4	GRUPPO DI CONVERSIONE	38
4.5	CAVI ELETTRICI E CABLAGGI	39
4.6	QUADRO DI STRINGA LATO CORRENTE CONTINUA	40
4.7	QUADRO GENERALE LATO CORRENTE ALTERNATA	40
4.8	QUADRO DI SEZIONAMENTO	40
4.9	IMPIANTO DI MESSA A TERRA	40
4.10	SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO	41
5	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN GALLERIA E ALL'APERTO	42
5.1	PREMESSA	42
5.2	APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE A LED PER GALLERIA	42
5.3	APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE A LED PER ESTERNO	43
5.4	PALI E SOSTEGNI	43
5.5	SONDE FOTOELETTRICHE	44
5.6	SISTEMA DI CONTROLLO E REGOLAZIONE ILLUMINAZIONE A LED	46
6	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA	49
6.1	PREMESSA	49
6.2	CORPO ILLUMINATE PUNTUALE PER ILLUMINAZIONE DI EVACUAZIONE	50
6.3	PLAFONIERA PER IDENTIFICAZIONE USCITA DI EMERGENZA	50
6.4	SEGNA MARGINE OTTICO A LED	51
6.5	ALIMENTATORE STABILIZZATO AC/DC	52
7	IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	53
7.1	PREMESSA	53
7.2	ELETTOVENTILATORE ASSIALE PER GALLERIA	54
7.3	INVERTER PER ELETTOVENTILATORE IN GALLERIA	55
7.4	SENSORI DI VIBRAZIONE E CEDIMENTO	56



7.5	PRESA CON INTERRUTTORE DI BLOCCO	57
7.6	ANEMOMETRO AD ULTRASUONI	58
7.7	DISPOSITIVO PER LA MISURA DEL FUMO E DELLA TEMPERATURA IN GALLERIA	58
7.8	DISPOSITIVO PER LA MISURA DI OP-CO-NO-NO2	59
7.9	DISPOSITIVO PER LA MISURA DI OP-CO	60
7.10	BOX DI ALIMENTAZIONE E INTERFACCIA MODBUS	60
8	APPARECCHIATURE E DISTRIBUZIONE ELETTRICA IN CABINA	61
8.1	STRUTTURA PREFABBRICATA PER LOCALE TECNICO	61
8.2	SHELTER	62
8.3	IMPIANTO LUCE, FM E SPECIALI IN CABINA	63
8.4	IMPIANTO DI TERRA	64
8.5	ACCESSORI	64
8.6	QUADRI DI BASSA TENSIONE	65
8.7	CARATTERISTICHE TECNICHE	65
8.8	RISPONDEZZA A NORME TECNICHE E LEGGI ANTINFORTUNISTICHE	65
8.9	COMPOSIZIONE E SUDDIVISIONE DEL QUADRO	66
8.10	STRUTTURA METALLICA	66
8.11	INTERRUTTORI	67
8.12	SBARRE PRINCIPALI E DERIVAZIONI	67
8.13	CIRCUITI AUSILIARI E CABIAGGI	68
8.14	ELENCO DELLE PROVE	68
8.15	QUADRI DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA	69
8.16	PROTEZIONE GENERALE DI MEDIA TENSIONE	70
8.17	SCOMPARTO DI PARTENZA PER ALIMENTAZIONE TRASFORMATORE	72
8.18	TRASFORMATORE	73
8.19	GRUPPO ELETTROGENO	74
8.19.1	ACCOPPIAMENTO	75
8.19.2	BASAMENTO	75



8.19.3	SERBATOIO COMBUSTIBILE	75
8.19.4	BATTERIE DI AVVIAMENTO	76
8.19.5	SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO	76
8.19.6	SISTEMA DI LUBRIFICAZIONE	76
8.19.7	SISTEMA DI ALIMENTAZIONE	76
8.19.8	ASPIRAZIONE E SISTEMA DI SCARICO	77
8.19.9	ALTERNATORE	77
8.19.10	CARATTERISTICHE GENERALI	77
8.19.11	ISOLAMENTO E IMPREGNAZIONI	78
8.19.12	SISTEMA DI REGOLAZIONE ELETTRONICA	78
8.19.13	QUADRO DI CONTROLLO MANUALE/AUTOMATICO	78
8.19.14	CARICA BATTERIE AUTOMATICO	79
8.19.15	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DELLA CENTRALINA (CON TUTTE LE OPZIONI)	79
8.19.16	COMANDI E CONTROLLI	79
8.19.17	QUADRO DI POTENZA CON INTERRUTTORE MAGNETO TERMICO E COMMUTAZIONE RETE-GRUPPO	81
8.20	CISTERNA METALLICA PER STOCCAGGIO GASOLIO	81
8.21	GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ PER IMPIANTI DI GALLERIA	82
8.22	GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ PER LOCALE TECNICO DI CABINA	88
9	SISTEMI ANTIFURTO	89
9.1	PREMESSA	89
9.2	IMPIANTO DI MONITORAGGIO DELLE AREE ESTERNE	90
9.3	SISTEMA ANTIEFFRAZIONE POZZETTI	91
9.4	SISTEMA ANTINTRUSIONE DI CABINA	91
9.5	SISTEMA ANTIFURTO E MONITORAGGIO CAVI	92
9.6	ANCORAGGIO DEI CAVI	94
9.7	PROTEZIONE COPERCHI DA PALO	94
9.8	RESINE EPOSSIDICHE	94
9.9	INIEZIONI DI MISCELE CEMENTIZIE	94



10	IMPIANTO DI MESSA A TERRA	95
10.1	GENERALITÀ	95
10.2	SPECIFICHE IMPIANTO DI TERRA	96
11	COMPARTIMENTAZIONE BY-PASS E CUNICOLI DI SICUREZZA	98
11.1	GENERALITÀ	98
11.2	ESTRATTORE DI ARIA LIBERA	99
11.3	SERRANDE TAGLIAFUOCO	99
11.4	PORTA TAGLIAFUOCO	100
11.5	SEZIONE FILTRANTE	100
12	IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO E SISTEMI DI MITIGAZIONE	100
12.1	GENERALITÀ IMPIANTO IDRICO ANTINCENDIO	100
12.2	GRUPPO DI POMPAGGIO	101
12.3	COMPONENTI PER IMPIANTO DI MITIGAZIONE INCENDIO	103
12.4	SISTEMA DI STOCCAGGIO E MISCELAZIONE SCHIUMA	103
13	IMPIANTO DI SEGNALETICA VERTICALE DI EMERGENZA	104
13.1	PREMESSA	104
13.2	SEMAFORI	104
13.3	PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE	105
13.4	PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE GRAFICO FULL COLOR	105
13.5	UNITÀ DI CONTROLLO LOCALE PER GESTIONE PMV	106
13.6	PANNELLO DI PERCORRENZA CORSIA	108
13.7	PORTALE IN ACCIAIO ZINCATO A CALDO	108
13.8	CARTELLO LUMINOSO SOS - ESTINTORE - IDRANTE	109
13.9	CARTELLO DI INDICAZIONE LUOGO SICURO O USCITE ALL'APERTO	110
13.10	CARTELLO DI INDICAZIONE BY-PASS	111
13.11	CARTELLO DI INDICAZIONE PIAZZOLA DI SOSTA	111
14	IMPIANTO SOS	111
14.1	PREMESSA	111



14.2	ARMADIO DI SOCCORSO SOS	112
15	IMPIANTO DI RADIODIFFUSIONE SONORA E RITRASMISSIONE RADIO	113
15.1	GENERALITÀ	113
15.2	CAVO FESSURATO	114
15.3	SISTEMA DI ANTENNE	114
15.4	STAZIONE RADIO BASE MODULARE "MASTER"	115
15.5	STAZIONE RADIO BASE MODULARE "SLAVE"	115
15.6	SISTEMA TETRA	116
15.7	CENTRALE DI RADIODIFFUSIONE SONORA	117
15.8	DIFFUSORE A TROMBA	118
16	IMPIANTO DI RIVELAZIONE INCENDI	118
16.1	PREMESSA	118
16.2	CAVO TERMOSENSIBILE DIGITALE	119
16.3	UNITÀ DI CONTROLLO CAVO TERMOSENSIBILE DIGITALE	119
16.4	CAVO SENSORE IN FIBRA OTTICA	121
16.5	UNITÀ DI CONTROLLO PER CAVO SENSORE IN FIBRA OTTICA	122
17	IMPIANTO DI RILEVAMENTO TRAFFICO	124
17.1	PREMESSA	124
17.2	SENSORE TRAFFICO RADAR	125
17.3	CONCENTRATORE CON CAPACITÀ DI ANALISI TRAFFICO	125
17.4	SOFTWARE PER IL CONCENTRATORE	126
18	IMPIANTO DI VIDEOSORVEGLIANZA	127
18.1	PREMESSA	127
18.2	TELECAMERA FISSA FULL HD	128
18.3	LICENZA SOFTWARE AID	129
18.4	SERVER AID	129
18.5	PIATTAFORMA VMS	129
19	IMPIANTO DI MONITORAGGIO TRAFFICO E AMBIENTALE	130



19.1	PREMESSA	130
19.2	TELECAMERE KEMLER	130
19.3	SENSORE DISDROMETRO	130
19.4	SENSORE UMIDITÀ E TEMPERATURA DELL'ARIA	131
19.5	SENSORE ANEMOMETRO	131
19.6	PALO PER SOSTEGNO SENSORI METEO	132
20	SISTEMA WI-FI	133
20.1	GENERALITÀ	133
20.2	NODO DI RETE PER SISTEMA WI-FI	134
20.3	PIATTAFORMA HARDWARE/SOFTWARE PER SISTEMA WI-FI	135
21	IMPIANTO DI TRASMISSIONE DATI E SUPERVISIONE	136
21.1	GENERALITÀ	136
21.2	RETE DI COMUNICAZIONE	136
21.3	NODI DI TRATTA	137
21.4	PLC PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 500 E 1000 METRI	138
21.5	PLC PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 1000 E 2000 METRI	138
21.6	PLC PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA SUPERIORE AI 2000 METRI	139
21.7	PIASTRA DI FONDO SOS/RIO	140
21.8	SALA SERVER	141
21.9	SUPERVISORE DI TRATTA	141
21.10	SOFTWARE DI SUPERVISIONE PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 500 E 1000 METRI	142
21.11	SOFTWARE DI SUPERVISIONE PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA COMPRESA TRA 1000 E 2000 METRI	144
21.12	SOFTWARE DI SUPERVISIONE PER GALLERIE A SINGOLO/DOPPIO FORNICE DI LUNGHEZZA SUPERIORE AI 2000 METRI	146
22	CAVI E CONDUTTORI	148



22.1	GENERALITÀ	148
22.2	CONDUTTORI DI TERRA	150
22.3	CAVI TIPO FG10(O)M1 0.6/1KV E FG10M1 0.6/1KV – CEI 20-13	151
22.4	CAVI RESISTENTI AL FUOCO TIPO FTG10(O)M1 0.6/1 KV E FTG10M1 0.6/1KV– CEI 20-45 (RF31-22)	152
22.5	CAVI TIPO N07G9-K 450/750V - CEI 20-38	153
22.6	CAVI TIPO H05V-K 300/500V - CEI 20-20	154
22.7	CAVI TIPO N07V-K 450/750V - CEI 20-20	154
22.8	CAVI TIPO ARG7R - CEI 20-13 E CEI 20-29	155
22.9	CAVI SOLARI FG21M21	155
22.10	CAVI ISOLATI (PER CIRCUITI DI SEGNALAZIONE, SOCCORSO E TELECONTROLLO)	155
22.11	PROPRIETÀ "ANTIFIAMMA" E "ZERO ALOGENI"	156
22.12	CAVI PER MT TIPO RG7H1R - CEI 20-13	156
22.13	CAVI PER TRASMISSIONE DATI	156
22.14	CAVI IN FIBRA OTTICA	157
22.15	SISTEMI DI POSA DEI CAVI	158
22.16	ATTRAVERSAMENTO SUPERFICI DI COMPARTIMENTAZIONE	159
22.17	PRODOTTI PER BARRIERA TAGLIAFUOCO	159
22.18	SETTI TAGLIAFUOCO DI TIPO componibile	160
23	CAVIDOTTI E PASSERELLE	160
23.1	TUBAZIONI	160
23.2	CANALIZZAZIONI	164
23.3	TUBO RIGIDO IN PVC SERIE PESANTE	165
23.4	TUBO RIGIDO IN PVC FILETTABILE	166
23.5	TUBO CORRUGATO IN PVC SERIE PESANTE	167
23.6	GUAINA FLESSIBILE CON SPIRALE RIGIDA IN PVC	167
23.7	GUAINA FLESSIBILE CON SPIRALE IN ACCIAIO ZINCATO	167
23.8	TUBO IN PVC CON GIUNTI A BICCHIERE	168
23.9	TUBO IN ACCIAIO ZINCATO LEGGERO	168



23.10	TUBAZIONI IN ACCIAIO INOX	168
23.11	CAVIDOTTO IN PVC/PE CORRUGATO PER POSA INTERRATA	169
23.12	CANALE O PASSERELLA IN ACCIAIO INOX	169
23.13	CANALE O PASSERELLA IN ACCIAIO INOX CON COPERCHIO	170
23.14	CANALE IN PVC AUTOPORTANTE	170
23.15	CANALE IN PVC AUTOPORTANTE CON COPERCHIO	171
24	CASSETTE DI DERIVAZIONE	171
24.1	GENERALITÀ	171
24.2	CASSETTE DI DERIVAZIONE IN ACCIAIO INOX	172
24.3	CASSETTE DI DERIVAZIONE RESISTENTI AL FUOCO	172
24.4	CASSETTE DI DERIVAZIONE STAGNE DA ESTERNO IN PVC	173
24.5	CASSETTE DI DERIVAZIONE METALLICHE	173
25	ULTERIORI PRESCRIZIONI SULLE OPERE	174
25.1	VERNICIATURE	174
25.2	ETICHETTATURA ED INDIVIDUAZIONE COMPONENTI	175
25.3	MATERIALI PER OPERE METALLICHE	175
25.4	FERRO	175
25.5	CARPENTERIE IN ACCIAIO	175
25.6	SALDATURE	176
25.7	BULLONATURE	177
25.8	ACCIAI INOSSIDABILI	177
25.9	ACCIAI IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C	178
25.10	RETI IN ACCIAIO ELETTRICO-SALDATO	178
26	ACCETTAZIONE, QUALITÀ ED IMPIEGO DEI MATERIALI	179



1 OGGETTO DELL'APPALTO

Il presente capitolato disciplina l'appalto avente per oggetto l'esecuzione dei lavori e delle somministrazioni in economia occorrenti per la manutenzione straordinaria delle apparecchiature elettromeccaniche e più in generale degli impianti tecnologici presenti nelle tratte stradali.

Il documento disciplina le norme tecniche prestazionali dei sistemi e sub sistemi impiantistici presenti nelle infrastrutture stradali con particolare riferimento alle gallerie stradali monodirezionali e bidirezionali.

-

1.1 DESIGNAZIONE DELLE OPERE D'APPALTO

Sono oggetto del presente capitolato:

Impianti in galleria che consistono essenzialmente in

- impianto idrico antincendio;
- impianto di ventilazione longitudinale e monitoraggio dei parametri ambientali;
- impianto di illuminazione permanente, di sicurezza e di rinforzo;
- segnaletica luminosa;
- pannelli messaggio variabile (PMV);
- semafori;
- sistema SOS;
- rilevazione traffico;
- impianto di ritrasmissione radio per i servizi di emergenza;
- impianto di trasmissione radio agli utenti;
- impianto TVCC;
- impianto rilevazione incendio;
- impianti di sicurezza nei by pass;
- impianti di sicurezza nelle scale/cunicoli di emergenza;
- sistema di supervisione ed automazione di galleria;
- impianti elettrici di alimentazione;
- cabine elettriche;
- gruppi elettrogeni;
- trasformatori;



- quadri elettrici MT e BT;
- gruppi di continuità (UPS);
- distribuzione elettrica primaria ;
- distribuzione elettrica secondaria;
- servizi ausiliari;
- impianto antintrusione, evacuazione, rilevazione incendi,
- impianto sollevamento acqua anti-allagamento;
- impianti di trasmissione dati/fonia in fibra ottica.

-

1.2 DESCRIZIONE ANALITICA DELLE OPERE E FORNITURE DI MANUTENZIONE

Per manutenzione straordinaria si intende la serie di interventi non periodici.

La manutenzione straordinaria è una tipologia di intervento comportante opere e modifiche necessarie per consolidare, rinnovare e sostituire parti anche strutturali, nonché per realizzare e integrare i servizi tecnologici. E' considerata manutenzione straordinaria ogni intervento di rinnovamento o sostituzione di parti complete sia strutturali sia tecnologiche.

Si riporta l'elenco dei principali interventi rientranti nella manutenzione straordinaria di galleria:

- impianti elettrici:
 - rifacimento per adeguamento a norme di legge o CEI;
 - rifacimento e adeguamento alle norme di sicurezza;
 - sostituzione dei trasformatori MT/BT;
 - sostituzione apparecchiature di cabine (UPS, rifasatori, centraline);
 - spostamento dei contatori;
 - sostituzione o intervento sui quadri generali;
 - sostituzione dei corpi illuminanti;
 - installazione o sostituzione di impianto di terra/parafulmine.
- impianti di ventilazione:
 - sostituzione di ventilatore di galleria;
 - sostituzione della rete di distribuzione dell'aria;
 - sostituzione delle serrande tagliafuoco;



- impianti antincendio:
 - sostituzione gruppo di sollevamento;
 - sostituzione idranti;
 - sostituzione o integrazione di porte tagliafuoco;
 - modifica o adeguamento rete distribuzione acqua antincendio;
 - rifacimento impianto di rilevazione incendio.
- impianti di sicurezza:
 - rifacimento impianto TVCC, di segnalazione, di supervisione, radio;
 - sostituzione centrale;
 - integrazione impianto con nuovi punti di rilevazione.

L'impresa dovrà effettuare preventivamente un sopralluogo, con modalità e tempistiche concordate con l'Appaltante. Nello specifico l'impresa dovrà effettuare la verifica dello stato di fatto della galleria, in relazione a tutti gli impianti, allo stato di usura e deterioramento dei materiali e alla loro corretta funzionalità. L'impresa dovrà inoltre raccogliere informazioni relative alla consistenza in termini di numero di apparecchiature e componenti installati per fornire un quadro complessivo chiaro del manufatto.

Da un punto di vista operativo l'impresa è tenuta ad effettuare tutte le operazioni necessarie per garantire il corretto funzionamento dei sistemi installati all'interno della galleria e nell'area di pertinenza. In particolare tutte le attività di manutenzione straordinaria, qualora non espressamente oggetto contrattuale, dovranno essere concordate con la società Appaltante.

1.3 REQUISITI MINIMI DI SERVIZIO

Di seguito si riportano le prescrizioni e requisiti minimi dovuti dalla società appaltatrice.

Nello specifico si delineano le logiche attraverso le quali deve essere erogato il servizio, in relazione a tutte le azioni necessarie previste dalle norme e dalla buona tecnica col fine di svolgere correttamente le pratiche manutentive.

Al fine della corretta gestione del processo l'impresa appaltatrice dovrà eseguire i lavori garantendo nel contempo la corretta e chiara gestione della documentazione secondo standard che garantiscano la qualità e la tracciabilità del processo.

Nello specifico si vuole veicolare l'informazione destinata a guidare gli interventi di manutenzione e d'ispezione, nonché la raccolta delle informazioni di ritorno conseguenti all'intervento per l'aggiornamento del sistema informativo.



Esecuzione dell'intervento manutentivo

Dovranno essere fornite prove fotografiche per documentare l'avvenuto intervento sul componente/macchinario interessato dal guasto.

Tutti gli eventuali problemi sorti durante la fase di esecuzione dell'intervento dovranno essere tempestivamente segnalati al responsabile dell'Appaltante per via telefonica, e attraverso supporto informatico per tenere traccia della comunicazione avvenuta e completata da una relazione tecnica opportunamente inserita nel sistema informatico.

Nello specifico la raccolta, il trattamento e l'archiviazione di tutti i dati legati al processo manutentivo deve essere effettuata col supporto di moduli che interagiscono tra di loro.

Per questo motivo l'appaltatore dovrà utilizzare un Document Management System denominato PDM ANAS, per l'archiviazione dei documenti sia di quelli relativi all'anagrafica delle apparecchiature sia per quanto riguarda gli AS-BUILT.

Nel predisporre gli strumenti di raccolta e articolazione delle informazioni da acquisire, l'impresa appaltatrice dovrà considerare:

- il livello delle informazioni prodotte, ovvero trasmesse ed acquisite nelle fasi precedenti il processo costruttivo e gestionale - manutentivo;
- la trasmissibilità delle informazioni manutentive tra tutti gli operatori del processo;
- gli obblighi di legge;

Ai fini manutentivi, il sistema di classificazione e di codificazione deve seguire un preciso processo di qualità in modo da permettere di identificare in maniera chiara e univoca:

- le principali peculiarità del manufatto e le sue parti.
- le unità tecnologiche e i singoli elementi tecnici (sistema tecnologico);
- le tipologie di attività (servizi) gestionali e manutentivi;
- le specializzazioni delle imprese e degli operatori che eseguono le attività.

Fase di start-up

Nella fase di start-up si dovranno raccogliere inizialmente i nominativi delle ditte che sono intervenute nella costruzione e quelli delle ditte fornitrici dei materiali ed attrezzature che compongono il manufatto.



Dovranno essere raccolte e archiviate tutte le certificazioni, le garanzie e le coperture assicurative disponibili, relative all'intero sistema galleria nel suo complesso o a classi di elementi del sistema tecnologico.

Nella stessa fase di transizione iniziale dovranno essere verificati e aggiornati tutti gli elaborati grafici di AS-BUILT per assicurare di disporre all'inizio delle attività offerte, di un archivio grafico aggiornato e che rispecchi il reale stato di fatto di ciò che è oggetto di incarico.

L'impresa appaltatrice si farà carico di adempiere a quanto sopra indicato in un tempo massimo di 3 (tre) mesi a partire dall'assegnazione dell'incarico qualora non già meglio definito nelle norme generali di appalto.

Conduzione e gestione impianti

La fase di conduzione e gestione si articolerà in tutta una serie di attività volte a rendere più efficiente le lavorazioni. Nello specifico per la corretta gestione dovranno essere prodotte tutta una serie di raccolte dati e schede per il recording dell'informazione relativa a:

- caratteristiche impiantistico-tecnologiche;
- fascicolazione;
- schede tecniche;
- specifiche di prestazione.

Questi strumenti devono essere finalizzati alla gestione dei sistemi installati fino alla specificità del singolo apparecchio e del componente. Accanto a questi ultimi dovranno essere affiancati i piani di manutenzione che di volta in volta verranno implementati con l'integrazione di informazioni e supportati dal sistema di gestione della manutenzione.

Caratteristiche impiantistico-tecnologiche

L'individuazione delle caratteristiche tecnologiche delle singole dotazioni impiantistiche avverrà considerando:

- ✓ i dati tecnici di progetto;
- ✓ la tipologia di impianto (descrizione tecnica degli impianti);
- ✓ il tipo, le caratteristiche ed il numero delle apparecchiature costitutive dell'impianti;
- ✓ le potenzialità specifiche dei singoli impianti e loro parti.



Fascicolazione

A seguito della raccolta della documentazione tecnico-amministrativa, identificativa e grafica del manufatto, sarà predisposto un fascicolo, nel quale dovranno essere inseriti tutti i documenti esistenti e/o disponibili. Sulla documentazione raccolta sarà eseguito un esame dei contenuti e dei dati. Tale esame è finalizzato a rilevare eventuali mancanze di documenti e/o disegni, ad evidenziare le incongruenze tra i dati, nonché a delineare le procedure da attivare per l'attività di sopralluogo.

Scheda tecnica

La scheda tecnica illustrerà le caratteristiche essenziali delle parti costitutive degli impianti, il loro funzionamento, le condizioni di installazione, le operazioni manutentive semplici e i dispositivi di protezione adottati.

Deve essere prevista una articolazione in schede per ciascuna unità tecnologica ed elemento tecnico rilevante ai fini manutentivi, contenente informazioni relative a:

- identificazione fisica, tecnica e commerciale (dati sulla provenienza, se conosciuti);
- materiali costituenti e modalità di assemblaggio/disassemblaggio dell'unità o delle sue parti;
- rappresentazione e descrizione delle modalità di funzionamento;
- connessioni tra le unità adiacenti;
- prestazioni attinenti la manutenzione, ovvero relative ai requisiti di affidabilità e manutentibilità, durata prevista nel ciclo di vita utile, con o senza manutenzione periodica;
- ispezionabilità, ossia modalità di accesso all'elemento e dispositivi atti a favorirla;
- indicazioni relative ad eventuali emissioni di sostanze tossico-nocive derivanti da anomalie o guasti che possono prodursi durante e alla fine del ciclo di vita dell'unità tecnologica e dell'elemento tecnico.

Specifiche di prestazione

La scheda delle specifiche tecniche di prestazioni ha come obiettivo l'identificazione e la descrizione del che cosa si vuole nel tempo in fatto di qualità tecnologica.

I manuali di manutenzione relativi a prodotti complessi evidenzieranno con una precisa formalizzazione le esigenze attese dell'utenza, al fine di trasporle in una serie di caratteri che le connotano



(requisiti) a cui sono attribuibili termini quantitativi (prestazioni) e relative istruzioni operative (specifiche di prestazione) da soddisfare.

Dovrà essere posta particolare attenzione al rendimento prestazionale dei sistemi da un punto di vista tecnologico, indicando:

- le classi di requisiti tecnologici per ciascun subsistema tecnologico e/o elemento tecnico nel ciclo di vita;
- le specifiche di prestazioni tecnologiche di ciascun subsistema tecnologico e/o elemento tecnico nel ciclo di vita.

Per individuare e valutare il rendimento prestazionale dei subsistemi tecnologici o delle loro parti, durante il ciclo di vita utile dell'organismo edilizio, si dovrà:

- definire antecedentemente, in applicazione della politica gestionale-manutentiva e dei dettati di legge, i requisiti e le relative specifiche di prestazione, tecnologiche ed ambientali, da rispettare tassativamente;
- definire le specifiche di prestazione dei requisiti attinenti la manutenzione, ovvero requisiti di affidabilità, durabilità, manutenibilità, adattabilità alle variazioni d'uso durata prevista nel ciclo di vita

Scheda di monitoraggio diagnostico

L'impresa appaltatrice dovrà produrre le schede di monitoraggio diagnostico mediante le quali individuerà e descriverà puntualmente, per ogni unità tecnologica ed elemento tecnico, le informazioni necessarie per effettuare la diagnosi dello stato di degrado fisico e/o funzionale degli impianti, oltre a fornire i criteri di valutazione dell'entità del degrado, nonché lo scostamento dalle prestazioni richieste. La scheda di monitoraggio diagnostico indicherà:

- cosa controllare: le parti (elemento tecnico e sua localizzazione) che possono essere soggette al degrado fisico e/o funzionale;
- come controllare: i metodi normalizzati e gli strumenti da adottare per la diagnosi generale e l'eventuale diagnosi approfondita (strumentazioni e metodi di prova da adottare);
- che cosa si può riscontrare: i segni più frequenti di anomalia e di difetto, (che possono anticipare l'insorgenza del guasto), i sintomi degli stati di alterazione o di degradazione, le più frequenti modalità di guasto, le eventuali modalità di propagazione di guasti;
- come valutare: i criteri guida per l'interpretazione dei segni riscontrati, per la valutazione dell'entità del guasto o del degrado, per l'individuazione delle cause;
- quando o come ricontrollare: le scadenze da prevedere e le metodiche da adottare per le successive ispezioni periodiche (frequenza delle ispezioni periodiche).



Le informazioni contenute nelle schede dovranno consentire di costruire, attraverso la raccolta delle "informazioni di ritorno", le statistiche ragionate degli interventi ispettivi, finalizzate ad individuare:

- il comportamento degli elementi tecnici sottoposti ad invecchiamento naturale;
- i fattori esterni ed interni che influenzano l'insorgere di patologie e le cadute prestazionali.

Per la manutenzione predittiva e programmata a scadenza fissa si raccoglieranno i dati relativi a:

- l'eventuale isolamento dell'elemento oggetto dell'intervento;
- le modalità di esecuzione degli interventi predittivi e/o programmati;
- le risorse necessarie per poterli realizzare (attrezzature, materiali da utilizzare, manodopera, tempi), ovvero le competenze richieste e i costi preventivati per lo svolgimento dell'intervento;
- i pericoli che eventualmente possono presentarsi nel corso dei lavori di manutenzione, nonché i dispositivi e/o i provvedimenti programmati per prevenire tali rischi;
- gli eventuali disturbi all'utenza o a terzi causabili dall'intervento;
- l'eventuale indisponibilità di altre unità tecnologiche o parti del sistema nel corso dell'intervento;
- come limitare il danneggiamento del prodotto durante l'esecuzione degli interventi;
- gli eventuali test di funzionamento;
- la rimessa in esercizio.

Document management

L'impresa appaltatrice dovrà usare un sistema di gestione documentale denominato PDM ANAS (sistema proprietario) per eseguire operazioni massive sui documenti, catalogandoli attraverso un opportuno protocollo di qualità definito dall'Appaltante che consente di reperire le informazioni in maniera facile e accessibile, con una notevole riduzione dei tempi rispetto a un approccio basato unicamente su schede tecniche che potrebbe comportare anche ulteriori problematiche sia di smarrimento che deterioramento della documentazione stessa.

In particolare il PDM consentirà all'impresa appaltatrice di effettuare le seguenti operazioni:

- ✓ creare Schede Anagrafiche dei documenti oggetto di consegna;
- ✓ effettuare l'upload dei file nelle schede anagrafiche;
- ✓ creare ed emettere la ricevuta elettronica di consegna da firmare e inviare ad ANAS;
- ✓ correggere gli eventuali documenti da modificare;
- ✓ ricevere le stampe dei documenti verificati/istruiti;
- ✓ controllare la correttezza delle stampe.



Per maggiori dettagli relativi alle procedure che l'appaltatore dovrà seguire nell'utilizzo del sistema si faccia riferimento al documento "Capitolato d'Oneri - Prescrizioni per la consegna dei documenti tramite il "Sistema PDM" di Anas"

Gestione dell'anagrafica tecnica e degli AS-BUILT

Al processo di gestione della documentazione dovrà essere dato massimo risalto, per soddisfare ai requisiti qualitativi che le esigenze delle attività di manutenzione impongono. Nello specifico ogni qualvolta saranno effettuate delle modifiche agli impianti, sia di tipo funzionale che strutturale, come ad esempio nel layout delle apparecchiature in campo, cambiamento di passaggi di tubazioni, nuove disposizioni dei corpi illuminanti, ecc., l'impresa appaltatrice provvederà ad aggiornare la documentazione grafica e a reinserirla in tempi ridotti all'interno del sistema di gestione della documentazione (PDM ANAS).

In questo modo sarà possibile tenere traccia dei mutamenti di ciascun impianto durante il naturale ciclo di vita ed avere un riferimento sempre aggiornato della situazione impiantistica. E' inoltre considerato imprescindibile l'accompagnamento da parte dell'appaltatrice nei confronti dell'appaltante nel delicato passaggio nella fase di start-up appena successiva all'assegnazione delle attività di servizio di manutenzione e la fase successiva alla conclusione del servizio stesso.

1.4 CONOSCENZA DELLE CONDIZIONI DI APPALTO

L'assunzione dell'appalto di cui al presente Capitolato implica da parte dell'Appaltatore la conoscenza perfetta non solo di tutte le norme generali e particolari che lo regolano, ma altresì di tutte le condizioni locali che si riferiscono ai lavori ed alle somministrazioni, quali la possibilità di poter utilizzare materiali locali in rapporto ai requisiti richiesti, l'esistenza di adatti scarichi dei rifiuti ed in generale di tutte le circostanze generali e speciali che possano aver influito sul giudizio dell'Appaltatore circa la convenienza di assumere l'opera, anche in relazione al ribasso da lui offerto sui prezzi stabiliti dall'Appaltante.

-

1.5 OSSERVANZA DI LEGGI, REGOLAMENTI DEL CAPITOLATO GENERALE DI APPALTO

L'appalto è regolato, oltre che dalle norme del presente Capitolato Norme Tecniche principalmente dal Capitolato Norme Generali a cui fare riferimento per gli aspetti legali ed amministrativi ed per l'applicazione contrattuale.

L'impresa, ad integrazione di quanto prescritto nel Capitolato Norme Generali si intende inoltre obbligata all'osservanza:



- a) della normativa vigente relativa alla sicurezza degli impianti elettrici di illuminazione pubblica ed in particolare da quanto previsto dalla Legge 1 marzo 1968 n. 186 e sue successive modifiche ed integrazioni;
- b) del DM 37/08;
- c) del DPR 151/11 e ss.mm.ii;
- d) delle Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (C.E.I), dell'Ente erogatore dell'energia elettrica e gestore delle linee ed apparecchiature elettriche ed impianti telefonici e trasmissione dati;
- e) delle Norme dell'Ente di Unificazione Italiano U.N.I. per quanto applicabili;
- f) della normativa tecnica europea con particolare riferimento alle guide del PIARC;
- g) delle leggi e regolamenti relativi agli impianti elettrici, nonché di tutte le altre norme citate negli altri capitoli del presente Capitolato;
- h) delle procedure di qualità, linee guida e regolamenti emanati da ANAS relativi agli aspetti impiantistici.

Per quanto riguarda l'impiego di materiali per i quali non si abbiano norme ufficiali, l'Impresa su richiesta della Direzione dei Lavori è tenuta all'osservanza delle norme che, pur non avendo carattere ufficiale fossero raccomandate dai competenti organi tecnici. Resta inteso comunque che tutti i materiali impiegati, salvo diverse prescrizioni della Direzione dei Lavori, dovranno recare il marchio identificativo IMQ e il marchio CE o equivalenti secondo normativa comunitaria. L'osservanza di tutte le norme prescritte si intende estesa a tutte le leggi, decreti, disposizioni, ecc. che potranno essere emanati durante l'esecuzione dei lavori e riguardino l'accettazione e l'impiego dei materiali da impiegare e quant'altro attinente ai lavori.

1.6 DOCUMENTAZIONE TECNICA RICHIESTA PER GLI IMPIANTI

La Ditta deve consegnare all'Ente Appaltante la documentazione elencata nel seguito prima dell'inizio del collaudo e comunque non oltre la data di messa in servizio e consegna degli impianti.

La documentazione richiesta è:

- 3 copie di disegni aggiornati e corretti "as built" firmati, con la chiara e completa rappresentazione grafica di tutte le opere eseguite, compresi i necessari schemi funzionali. Di tali disegni e schemi funzionali deve inoltre essere consegnata una copia su supporto magnetico con estensione dei file *.dxf;



- 3 copie della relazione tecnica finale descrittiva degli interventi realizzati con dati di progetto, dimensioni e caratteristiche delle apparecchiature installate;
- certificazione degli impianti eseguita da professionista abilitato con inserita la descrizione dei lavori e l'elenco allegato degli elaborati;
- dichiarazione di conformità secondo DM 37/08 con allegati richiamati;
- tabelle di calcolo verifiche protezione cavi e tabelle di calcolo verifiche delle misure di isolamento, firmate da professionista abilitato;
- schema blocchi dell'impianto con indicate le sezioni dei cavi ed i valori di ICC;
- curve caratteristiche degli interruttori con i tempi di intervento;
- elenco materiali utilizzati con descritto il tipo di certificazione od omologazione;
- certificazioni e/od omologazione dei materiali che lo richiedono;
- certificazione di rispondenza alle norme CEI da parte del costruttore dei quadri elettrici;
- dichiarazione della Ditta di conformità dei materiali installati a quelli omologati con indicazione specifica del luogo di installazione.

L'Impresa deve inoltre fornire all' Ente Appaltante un **manuale per la manutenzione e l'esercizio degli impianti**, contenente:

- le istruzioni per la messa a punto degli impianti;
- le istruzioni per l'avviamento e l'esercizio delle apparecchiature e degli impianti;
- le istruzioni per i lavori di manutenzione, compresi gli eventuali accorgimenti particolari per la manutenzione e sostituzione degli apparecchi e loro parti;
- la definizione della periodicità dei controlli;
- le istruzioni per diagnosticare le principali disfunzioni che si possono verificare;
- onde facilitare le riparazioni, le istruzioni devono permettere una veloce localizzazione delle parti difettose, eventualmente mediante strumentazioni di misura apposita.

Le istruzioni per la manutenzione delle apparecchiature meccaniche, elettriche e di controllo devono contenere tutte le informazioni necessarie per l'installazione, la taratura e la messa a punto di tutti i dispositivi o sistemi ed i relativi strumenti necessari.

Se durante le riparazioni si possono correre rischi per le persone e per le apparecchiature non evidenti, questi devono essere menzionati nelle istruzioni corrispondenti.

Tutto il complesso della documentazione tecnica, delle schede tecniche e delle specifiche tecniche dei singoli apparati, dovrà essere fornito in formato elettronico utilizzando il formato PDF (Portable Document Format), formato aperto in grado di dialogare con qualsiasi applicazione.



Ogni documento PDF dovrà contenere una completa descrizione delle informazioni di base composta da proprietà (Titolo, Autore, ecc.) testo, stili di carattere (font), immagini e oggetti di grafica vettoriale che compongono il documento.

Tutto il progetto "as built" dovrà essere organizzato un database elettronico, vero e proprio censimento degli impianti installati, con una rappresentazione completa di tutte le opere eseguite, con rappresentazione attraverso tabelle schematiche contenenti tutte le informazioni e i rimandi alle schede tecniche e funzionali, necessarie soprattutto nella fase della manutenzione ordinaria, al fine di minimizzare i rischi proprio in questa fase.

Il data base degli impianti dovrà essere integrato ed integrabile nel sistema SOAWE per il censimento di tutte le opere e gli impianti di ANAS.

Inoltre, proprio per facilitare e informatizzare la manutenzione ordinaria degli impianti, ciascuna apparecchiatura o componente elettronico installato nel corso dei lavori dovrà contenere dei "tag RFID", particolari etichette elettroniche che possono essere lette e programmate, contenenti tutte le informazioni tecniche relative e necessarie nel corso delle operazioni di manutenzione ordinaria

1.7 MESSA IN ESERCIZIO DELLA GALLERIA

Al termine di qualsiasi intervento di manutenzione straordinaria la ditta appaltatrice dovrà produrre, verificarne l'esistenza e archiviare la seguente documentazione, in base alla tipologia di lavoro eseguito:

- ✓ certificato di conformità DM 37/08;
- ✓ certificazione antincendio;
- ✓ documentazione di sicurezza di cui al D.Lgs 264/06 (solo per le gallerie TEN);
- ✓ schede di accettazione delle forniture e schede tecniche di tutti i dispositivi installati;
- ✓ progetto esecutivo;
- ✓ progetto AS-BUILT;
- ✓ certificati di collaudo;
- ✓ manuali di uso e di installazione;
- ✓ fascicolo e/o piano della manutenzione;
- ✓ parere di conformità e/o SCIA e/o CPI ai VVF DPR 151/11 per l'attività 49;
- ✓ avvenuta presentazione di SCIA ai VVF DPR 151/11 per l'attività 80;
- ✓ mappatura e indirizzamento sistema SCADA;
- ✓ avvenuto inserimento sistema catastale ANAS;



- ✓ parere Direzione Sistemi Informativi ed Impianti;
- ✓ parere Servizio Infrastrutturazione Tecnologica Impianti della DOCT.

La stazione appaltante dovrà inoltre produrre una documentazione che attesti di aver eseguito le seguenti misure e/o verifiche, in base alla tipologia di lavoro eseguito:

- ✓ relazione di cui alla norma CEI 64-14 e 64-14 V1, Verifiche degli impianti elettrici utilizzati;
- ✓ misure Resistenza di terra, Misure tensioni di Passo e di Contatto, verifiche equipotenziali;
- ✓ certificazioni relative alle prove e verifiche di carico degli ancoraggi dei dispositivi impiantistici in galleria ovvero verifica di tenuta effettuata in sede di collaudo;
- ✓ misure illuminotecniche tratti in galleria: rispondenza alla relazione di calcolo;
- ✓ relazione inerente la Ventilazione che attesti:
 - verifica dell'attivazione di ciascun ventilatore (e dell'inversione di marcia);
 - verifica del corretto senso di marcia (senso ciclico delle fasi);
 - misura anemometrica mobile a quote diverse in diverse sezioni della galleria con tutti i ventilatori attivati;
 - verifica delle misure dei sensori della ventilazione (anemometri, opacimetri, rivelatori CO);
 - verifica delle misure dei sensori di vibrazione e di longitudinalità;
 - funzionamento nello scenario incendio;
- ✓ relazione che attesti le prove e la funzionalità di tutti i sistemi impiantistici (attivazione SOS, verifica intelligibilità dell'audio della colonnina SOS, verifica attivazione rivelazione incendi, prove sulla segnaletica luminosa di emergenza, verifica della segnalazione asportazione estintori, distacco energia principale e attivazione sistemi di emergenza e sicurezza (GE e UPS), attivazione sovrappressione bypass, verifica illuminazione di evacuazione pedonale con misura a terra, verifiche sistema TVCC ed eventuale sistema di rilevazione immagini digitali, verifica eventuale sistema di conteggio traffico, ecc.);
- ✓ relazione che attesti la verifica della presenza di cavi resistenti al fuoco per il 50% dei circuiti dell'illuminazione permanente, per i circuiti della ventilazione e di tutti i circuiti necessari alla sicurezza esposti eventualmente al fuoco;
- ✓ relazione che attesti le prove sugli impianti antincendio: verifica sulla pressione e sulla portata agli idranti più svantaggiati così come indicato sulla relazione di calcolo, verifica scadenza estintori, verifica presenza acqua nelle cisterne, attivazione motopompa antincendio o verifica alimentazione tramite gruppo elettrogeno;



- ✓ relazione che attesti le verifiche sulla compartimentazione antincendio;
- ✓ relazione che attesti le verifiche sui materiali : (es. acciaio AISI 304 ovvero 316 per i ventilatori, per i corpi illuminanti, per le passerelle e gli ancoraggi, fissaggio resistenti al fuoco per le strutture ancorate in volta);
- ✓ relazione che attesti le verifiche sulle porte e portoni e certificazioni antincendio;
- ✓ relazione che attesti la funzionalità del sistema di telecontrollo in cabina MASTER ovvero tramite sala remota: la verifica finale prevede una simulazione di emergenza e tutti i sistemi attivati devono correttamente funzionare nell'insieme;
- ✓ verifica presenza schema sinottico in cabina;
- ✓ verifica presenza schemi elettrici nelle tasche dei quadri.

1.8 VERIFICHE E PROVE FINALI

Il Direttore dei Lavori a opere completamente ultimate e funzionanti e dopo che siano state eseguite positivamente le prove e verifiche preliminari di cui al precedente paragrafo, procederà in contraddittorio con la Ditta esecutrice alle "verifiche e prove finali" e di funzionamento, intese ad accertare la corrispondenza delle opere eseguite a tutte le condizioni contrattuali.

Tali verifiche saranno eseguite in seguito alla comunicazione della Ditta al DL dell'avvenuta ultimazione dei lavori.

Se i risultati saranno positivi, salvo aspetti di dettaglio secondari e non funzionali, verrà rilasciato il certificato di ultimazione dei lavori nel quale, eventualmente, si potranno prescrivere piccole lavorazioni ancora mancanti definendone anche i tempi di effettuazione.

Le verifiche finali si possono suddividere in due parti:

- Esami a vista: avvalendosi della documentazione "as built" accertano che i componenti dell'impianto elettrico siano conformi alle prescrizioni di sicurezza, siano stati scelti correttamente ed installati secondo normativa, siano integri in modo da non compromettere la sicurezza;
- Prove e misure: accertano la rispondenza delle parti di impianto ai dati progettuali ed alla normativa in vigore.

Tali verifiche e prove verranno effettuate con personale e mezzi messi a disposizione dell'Appaltatore. Gli oneri per queste prove sono inclusi nei prezzi unitari di contratto.

Si intende che nonostante l'esito favorevole di esse l'Appaltatore rimane responsabile delle deficienze di qualunque natura e origine che abbiano a riscontrarsi fino al collaudo definitivo e fino alla scadenza dei termini di garanzia.



2 OPERE CIVILI

2.1 PREMESSA

Nel seguito sono descritte le modalità esecutive delle opere civili che potrebbero rendersi necessarie per l'esecuzione dei lavori. Resta inteso che non tutte le lavorazioni evidenziate nei paragrafi successivi fanno parte dell'intervento; esse tuttavia vengono ugualmente riportate poiché si ritengono utili per l'eventuale realizzazione di opere in variante al momento non prevedibili.

L'Impresa dovrà in ogni caso presentare alla DL, entro 30gg dalla data del Verbale di Consegna dei Lavori o in accordo con il piano temporale, i disegni e le descrizioni di dettaglio di tutte le opere murarie ritenute necessarie al compimento degli impianti, perché la DL possa valutare eventuali interferenze con le strutture e coordinare i lavori nel modo migliore.

Ogni onere relativo allo smantellamento di opere e allo spostamento degli impianti già eseguiti, a causa del ritardo dell'Impresa nella presentazione dei disegni di cui sopra, sarà imputato alla stessa ed iscritto negli Stati di Avanzamento e nello Stato Finale. Il valore del danno, a carico dell'Impresa sarà stabilito, insindacabilmente, dalla DL.

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 16 del Capitolato Generale d'Appalto DM 145/2000. In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori. I materiali proveranno da località o fabbriche che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra. Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Appaltatore. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

2.2 SCAVI

Preliminarmente all'esecuzione delle opere di scavo l'Appaltatore deve procedere ai tracciamenti necessari per la definizione esatta della collocazione dei centri luminosi e di altre ed eventuali apparecchiature (ad esempio i quadri elettrici). Inoltre l'Impresa è obbligata ad assumere le informazioni necessarie per accertarsi se nella sede dei medesimi vi siano tombini, fognature, acquedotti, elettrodotti, cavi telefonici, gasdotti, oleodotti, o altri manufatti interrati ed a prendere tutti i provvedimenti e misure necessarie per eseguire le opere senza danneggiare detti manufatti nella realizzazione dei relativi sottopassaggi, incroci, parallelismi, restando a suo carico ogni responsabilità per danni e ripristini e per le pratiche burocratiche inerenti all'autorizzazione da rilasciare da parte degli Enti interessati. Negli scavi devono essere adottate tutte le cautele atte a prevenire scoscendimenti e smottamenti, restando l'Impresa esclusivamente responsabile degli eventuali danni e obbligata a



provvedere, a proprie spese, alla rimozione delle materie franate e al ripristino delle sezioni corrette. Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e murarie, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali. Gli scavi e i trasporti devono essere eseguiti con mezzi d'opera e manodopera adeguati. In ogni caso deve essere assicurato il regolare smaltimento e deflusso delle acque di qualunque provenienza. I materiali provenienti dagli scavi, e non idonei per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, devono essere portati a rifiuto in zone disposte a cura e spese dell'Impresa, quelli invece utilizzabili, ed esuberanti le necessità di lavoro, devono essere portati, sempre a cura e spese dell'Impresa, su aree indicate dalla Direzione Lavori. Sono compensati fra gli oneri degli scavi l'abbattimento e/o potatura di piante, l'estirpazione di ceppaie e radici nella zona di pertinenza degli scavi stessi. Durante la fase di scavo dovranno essere approntati tutti i ripari necessari per evitare incidenti ed infortuni a persone, animali o cose per effetto di scavi aperti non protetti. Durante le ore notturne la segnalazione di scavo aperto o di presenza di cumulo di materiale di risulta o altro materiale sul sedime stradale, dovrà essere di tipo luminoso o a fiamma od a sorgente elettrica, tale da evitare il pericolo esistente per il transito pedonale e veicolare. Nessuna giustificazione potrà essere addotta dall'Appaltatore per lo spegnimento di dette luci di segnalazione durante la notte anche se causato da precipitazioni meteoriche. Tutti i ripari (cavalletti, transenne, ecc.) dovranno riportare il nome della ditta appaltatrice dei lavori, il suo indirizzo e numero telefonico. Il reinterro di tutti gli scavi necessari per la collocazione dei cavidotti e dei pozzetti, dopo l'esecuzione dei getti, è compensato con il prezzo dell'opera. Nessun compenso potrà essere richiesto per i sondaggi da eseguire prima dell'inizio degli scavi per l'accertamento dell'esatta ubicazione dei servizi nel sottosuolo. In caso di inevitabili interruzioni di qualche tratto di strada devono essere disposti opportuni avvisi. In ogni modo l'impresa deve rendere possibile in posizioni opportune, lo scambio dei veicoli. L'Impresa assume la responsabilità di eventuali danni od a persone od a cose derivanti dalla mancata od insufficiente osservanza delle prescrizioni o cautele necessarie. Costituisce onere per la Ditta anche la stesura progressiva di materiale occorrente per dare alla pavimentazione stradale la sua primitiva consistenza e sagoma. Il materiale di scavo eccedente, dopo l'eventuale costipamento del materiale di reinterro, deve essere portato a discarica autorizzata a propria cura e spese. Per garantire la continuità del transito si devono costruire adeguate passerelle provvisorie, salvo diverse autorizzazioni concesse dalla Stazione Appaltante circa temporanee sospensioni o deviazioni del transito. Per evitare che il dissesto dipendente dall'apertura delle trincee si estenda a tratti di eccessiva lunghezza, resta stabilito che non possono essere mantenuti aperti tronchi di trincea estesa superiore ai metri 50, salvo diversa indicazione da parte della DL o della SA. Per gli scavi su strade e simili devono essere osservate le norme di sicurezza del Codice della Strada.



2.3 SCAVI IN MICROTRINCEA

La "microtrincea" viene eseguita utilizzando idonee frese/scavacanalì a disco montate su opportuna macchina operatrice di piccole dimensioni. Il taglio dello scavo dovrà risultare netto in superficie, evitando in modo assoluto di lesionare la pavimentazione limitrofa alla sezione di scavo. Non sono consentiti bruschi cambi di direzione dei percorsi, ove questi siano richiesti dovranno effettuarsi tramite tagli angolati, tali da consentire il rispetto del minimo raggio di curvatura dei minitubetti, dei monotubi di raccordo o dei cavi conduttori. Di seguito sono illustrate le fasi essenziali di esecuzione della "microtrincea" per la posa dei cavi:

- Esecuzione del taglio a mezzo di un taglia asfalti;
- Pulizia dello scavo;
- Posa del conduttore di terra sul fondo dello scavo;
- Posa dei restanti cavi conduttori;
- Riempimento dello scavo con sabbia;
- Riempimento con asfalto colato degli ultimi 3 cm.

La larghezza del taglio dovrà essere pari ad un massimo di 2 cm, e la sua profondità sarà al massimo di 25 cm.

2.4 SCAVI PER TUBAZIONI

Lo scavo per la posa delle tubazioni dovrà essere realizzato in modo tale che sia perfettamente rispettato lo sviluppo di progetto del relativo contratto applicativo. In ogni caso, salvo impedimenti o diversa indicazione, la profondità dello scavo dovrà essere di almeno 60cm e la larghezza minima di 30cm. Gli scavi necessari per la posa dei cavidotti saranno eseguiti a pareti quanto più possibile regolari, con la minima larghezza compatibile con la natura della terra e con il diametro esterno del tubo, ricavando, ove sia necessario, opportuni allargamenti e nicchie. I materiali provenienti dagli scavi dovranno essere depositati nella trincea a ricoprimento delle tubazioni posate solo nel caso il materiale sia ritenuto idoneo a giudizio della D.L., altrimenti dovrà essere trasportato a discarica autorizzata in modo da ostacolare il meno possibile la viabilità e lo scolo delle acque. Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- Il taglio del tappetino bituminoso e del sottofondo in agglomerato, se presenti, dovrà avvenire mediante l'impiego di adeguati mezzi meccanici (fresatrice, sega a taglio, ecc...). Il taglio avrà una profondità minima di 20 cm e gli spazi del manto stradale non tagliato non dovranno superare in lunghezza il 50% del taglio effettuato con la vanghetta idraulica;
- Esecuzione dello scavo in trincea, con le dimensioni indicate negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi;



- Fornitura e posa, su letto di sabbia predisposto, di tubazioni corrugate flessibili in polietilene, a sezione circolare, in numero e diametro indicati negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi;
- Formazione di cassonetto in calcestruzzo dosato a 250 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, a protezione delle tubazioni in plastica; il calcestruzzo sarà superiormente lisciato in modo che venga impedito il ristagno d'acqua;
- Sopra il cavidotto, circa 10-15 cm sopra il limite superiore, dovrà essere collocato un nastro avvisatore di colore rosso, compreso nel prezzo dello scavo, con evidenziato il nome dell'impianto di appartenenza;
- Il riempimento dello scavo dovrà effettuarsi con materiali di risulta o con ghiaia naturale vagliata, sulla base delle indicazioni fornite dagli elaborati grafici. Particolare cura dovrà porsi nell'operazione di costipamento da effettuarsi con mezzi meccanici; l'operazione di riempimento dovrà avvenire dopo almeno 6 ore dal termine del getto di calcestruzzo. Laddove non risulti possibile rispettare la profondità di posa indicata negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi si dovrà valutare l'opportunità di utilizzare tubazioni in acciaio zincato anziché in polietilene ed in ogni caso lo scavo dovrà essere riempito interamente, salvo il letto di sabbia ed eventuali strati bituminosi superficiali, con getto in cls;
- Ogni strato del reinterro dovrà essere costipato mediante adeguati mezzi meccanici; inoltre nel caso di scavo su asfalto, il tappeto di usura dovrà essere steso dopo un periodo di assestamento di 10/15 giorni.

2.5 POZZETTI

Nell'esecuzione dei pozzetti saranno mantenute le caratteristiche dimensionali e costruttive, nonché l'ubicazione, indicate nei disegni allegati. Saranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- Esecuzione dello scavo con misure adeguate alle dimensioni del pozzetto;
- Formazione di platea in calcestruzzo dosato a 200 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, con fori per il drenaggio dell'acqua;
- Posa del pozzetto prefabbricato costituito da un elemento a cassa, con due fori di drenaggio. Il manufatto, di calcestruzzo vibrato, dovrà avere sulle pareti laterali la predisposizione per l'innesto dei tubi di plastica, costituita da zone circolari con parete a spessore ridotto;
- Inserimento delle tubazioni interessate dal pozzetto; sigillature con malta di cemento degli spazi fra muratura e tubo;



- Fornitura e posa di chiusino in ghisa (griglia o sferoidale a seconda delle indicazioni evidenziate negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi, completo di telaio, per traffico incontrollato;
- Riempimento del vano residuo con materiale di risulta o con ghiaia naturale costipata; trasporto alla discarica del materiale eccedente;
- Trasporto del materiale scavato eccedente;
- Ripristino del suolo pubblico originario;

Tutti i pozzetti saranno senza fondo, o comunque con adeguati fori per evitare il ristagno dell'acqua.

2.6 ATTRAVERSAMENTI INTERRATI

Gli attraversamenti interrati serviranno per sottopassare strade o altre opere esistenti e potranno intersecare sia ortogonalmente che obliquamente le opere stesse. L'esecuzione sarà eseguita da fosse di spinta debitamente predisposte, delle dimensioni e caratteristiche risultanti dai calcoli dimensionali e statici in funzione dei diametri dei tubi da spingere e della lunghezza di spinta da eseguire. L'infissione potrà anche avvenire contrastando l'attrezzatura di spinta con palancolate laterali infisse nel terreno prima dell'esecuzione dello scavo. La condotta da infiggere nel terreno sarà costituita da tubi in acciaio, tipo Fe 510 saldati, il tutto come da disegni di progetto relativi ai singoli contratti applicativi. Gli attraversamenti stradali avranno all'interno del tubo "guaina" un tubo di acciaio o ghisa sferoidale dotato di opportuni distanziatori in modo da alloggiare equamente nella guaina stessa. La formazione della livelletta per la posa delle tubazioni dovrà essere eseguita con attrezzatura di alta precisione a raggi laser e comunque saranno accettati spostamenti non maggiori di circa il 20%. Dovranno comunque essere osservate tutte le norme e prescrizioni previste con D.M. 24/11/1984, con D.M. n. 216/4.6 (Servizio Lavori e Costruzioni) e n. 173/508-604 (Servizio Impianti Elettrici) e altre disposizioni vigenti in materia. Dovranno altresì essere adottate, negli attraversamenti idraulici, tutte le metodologie necessarie ad evitare sifonamenti, smottamenti e quant'altro potesse compromettere la stabilità e sicurezza delle opere incontrate.

2.7 VERNICIATURA

La verniciatura dei piedritti della galleria sarà effettuata per una fascia di circa m 4,15 a partire dalla base del piedritto, eseguita a più mani con prodotto atossico non infiammabile con trattamento preliminare del supporto di calcestruzzo costituito da rotolavaggio. Il rotolavaggio sarà eseguito con macchinari ad avanzamento automatico dotati di braccio meccanico, in modo da non danneggiare le strutture portanti e rimuovere selettivamente il materiale superficiale ammalorato o le parti incoerenti, le fioriture di calcare, i depositi di polvere e lo smog. La verniciatura sarà effettuata con



applicazione di vernice di tipo bicomponente epossidica idro diluibile colore bianco, non ingiallente. L'applicazione sarà uniforme, operata a due mani e comunque fino a completa copertura del supporto, con una quantità minima di 400 gr/m², spessore compreso tra 180 e 220 micron. La vernice deve essere così caratterizzata nel rispetto delle norme vigenti:

- Resistenza al graffio (ISO 1518): nessuna perforazione;
- Fattore di riflessione (ISO 2814) 60°: => 98;
- Fattore di lucentezza (ISO 2813) 60°: => 30;
- Adesione (ISO 4624-78) => 1,50 MPA.

Dato che si prevede l'impiego esclusivo di illuminazione con lampade a LED, i colori delle vernici dovranno essere tali da garantire le rese cromatiche previste dalle Linee Guida Anas (RAL 9010 e RAL 202) che si ottengono utilizzando lampade SAP.

2.8 ACQUA

L'acqua per l'impasto con leganti idraulici (UNI EN 1008) dovrà essere dolce, limpida, priva di sostanze organiche o grassi e priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva per il conglomerato risultante. In caso di necessità, dovrà essere trattata per ottenere il grado di purezza richiesto per l'intervento da eseguire. In taluni casi dovrà essere, altresì, additivata per evitare l'instaurarsi di reazioni chimico-fisiche che potrebbero causare la produzione di sostanze pericolose. Le acque utilizzate devono rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 (S.O. alla G.U. n. 65 del 18/3/1992) in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1086 del 5 novembre 1971.

2.9 LEGANTI IDRAULICI

I cementi da impiegare in qualsiasi lavoro devono rispondere ai limiti di accettazione contenuti nella legge 26 maggio 1965, n. 595 e nel DM 3 giugno 1968 ("Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi") e successive modifiche e integrazioni (DM 20 novembre 1984 e DM 13 settembre 1993). Tutti i cementi devono essere, altresì, conformi al DM n. 314 emanato dal Ministero dell'Industria in data 12 luglio 1999 (che ha sostituito il DM n. 126 del 9 marzo 1988 con l'allegato "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi" dell'ICITE - CNR) ed in vigore dal 12 marzo 2000, che stabilisce le nuove regole per l'attestazione di conformità per i cementi immessi sul mercato nazionale e per i cementi destinati ad essere impiegati nelle opere in conglomerato normale, armato e precompresso. I requisiti da soddisfare devono essere quelli previsti dalla norma UNI EN 197-2007 "Cemento: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni". Gli agglomerati cementizi, oltre a soddisfare i requisiti di cui alla legge 595/1965, devono rispondere alle prescrizioni di cui al summenzio-



nato DM del 31 agosto 1972 e s.m.i. I cementi e gli agglomeranti cementizi devono essere forniti o in sacchi sigillati o in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola, che non possono essere aperti senza lacerazione, o alla rinfusa. Per ciascuna delle tre alternative valgono le prescrizioni di cui all'art. 3 della legge 595/1965.

2.10 SABBIE, GHIAIE E PIETRISCHI

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal D.M. 14 febbraio 1992 norme tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica. Le dimensioni dovranno essere sempre le maggiori tra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare la larghezza di cm 5 (per larghezza s'intende la dimensione dell'inerte misurato in una setacciatrice) se si tratta di lavori correnti di fondazione; di cm 4 se si tratta di getti per volti, per lavori di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpate o simili; di cm 3 se si tratta di cementi armati e di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc.). Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni riportate nello specifico articolo riguardante i conglomerati cementizi.

Le *sabbie*, naturali o artificiali, da impiegare nelle malte e nei calcestruzzi devono:

- Essere ben assortite in grossezza;
- Essere costituite da grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa;
- Avere un contenuto di solfati e di cloruri molto basso (soprattutto per malte a base di cemento);
- Essere tali da non reagire chimicamente con la calce e con gli alcali del cemento, per evitare rigonfiamenti e quindi fessurazioni, macchie superficiali;
- Essere scricchiolanti alla mano;
- Non lasciare traccia di sporco;
- Essere lavate con acqua dolce anche più volte, se necessario, per eliminare materie nocive e sostanze eterogenee;
- Avere una perdita in peso non superiore al 2% se sottoposte alla prova di decantazione in acqua.

La *ghiaia* da impiegare nelle malte e nei conglomerati cementizi deve essere costituita da elementi puliti di materiale calcareo o siliceo, ben assortita, priva di parti friabili, lavata con acqua dolce, se necessario, per eliminare materie nocive.

Il *pietrisco*, utilizzato in alternativa alla ghiaia, deve essere ottenuto dalla frantumazione di roccia compatta, durissima silicea o calcarea, ad alta resistenza meccanica. Le dimensioni dei granuli delle



ghiaie e del pietrisco per conglomerati cementizi sono prescritte dalla Direzione Lavori in base alla destinazione d'uso e alle modalità di applicazione. In ogni caso le dimensioni massime devono essere commisurate alle caratteristiche geometriche dei cavidotti. Nel dettaglio gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi devono essere di dimensioni tali da passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 1cm. Sabbia, ghiaia e pietrisco sono in genere forniti allo stato sciolto e sono misurati o a metro cubo di materiale assestato sugli automezzi per forniture o a secchie, di capacità convenzionale pari ad $1/100$ di m^3 , nel caso in cui occorrono solo minimi quantitativi.

2.11 CALCESTRUZZI STRUTTURALI

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1. Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR 246/93 è indicato nella Tab. 11.2.II contenuta nell'art. 11.2.9.2 del DM 14 gennaio 2008 recante "Norme tecniche per le costruzioni" emesso ai sensi delle leggi 5 novembre 1971, n. 1086, e 2 febbraio 1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell'art. 5 del DL 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 e ss. mm. ii. (d'ora in poi DM 14 gennaio 2008).

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tab. 11.2.III contenuta sempre nel summenzionato art. 11.2.9.2, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione. Nelle prescrizioni di progetto si potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520-1:2005 e UNI 8520-2:2005 al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella tabella sopra menzionata.

Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella Tab. 11.2.IV del menzionato art. 11.2.9.2. I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.



5 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN GALLERIA E ALL'APERTO

5.1 PREMESSA

Le gallerie e i sottopassi devono essere provvisti di illuminazione diurna e notturna progettate secondo il D.M. 14 settembre 2005 "Norme di illuminazione delle gallerie stradali". Si distinguono le seguenti tipologie di illuminazione:

- Illuminazione ordinaria costituita dall'illuminazione permanente e dall'illuminazione di rinforzo;
- Illuminazione di emergenza costituita dall'illuminazione della galleria in condizioni di interruzione di erogazione dell'energia elettrica e in grado di garantire un livello minimo di luminanza di 1 cd/mq sull'intera galleria per un tempo minimo di 30 minuti. L'emergenza deve essere segnalata agli utenti della galleria tramite l'indicazione "Galleria non illuminata";
- Illuminazione di sicurezza costituita dall'illuminazione delle vie di fuga.

L'impianto di illuminazione in galleria è costituito da corpi illuminanti a Led posati su passerella metallica forata in acciaio inox AISI 304 o 316L, collegati a cassetta di derivazione tramite spina CEE 2P 16A 230V IP66 ed alimentati tramite dorsale di opportuna sezione. Nel caso dei circuiti afferenti l'illuminazione permanente si utilizzeranno cassette di derivazione con grado di protezione non inferiore a IP65 secondo CEI EN 60529, grado di resistenza agli urti minimo IK07 e certificazione per garantire la funzionalità per almeno 90 minuti a 850° secondo norma EN 50362. L'impianto di illuminazione all'aperto, invece, è costituito da corpi illuminanti sempre a Led installati su pali in acciaio o vetroresina di opportuno diametro e lunghezza. Per conseguire il massimo risparmio energetico, in conformità con la UNI11095/11, si prevede la realizzazione di un sistema di controllo del flusso luminoso per lampade a led gestito con tecnologia ad onde convogliate o onde radio.

5.2 APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE A LED PER GALLERIA

Il corpo illuminante utilizzato è di tipo modulare, completo di interfaccia per la gestione del flusso luminoso punto-punto ad onde convogliate o onde radio con alimentatore interno, di tipo simmetrico o asimmetrico controflusso con struttura portante realizzata in alluminio estruso, pressofuso o in acciaio inox almeno AISI 304. Deve essere dotato di sistema di dissipazione del calore concepito in modo tale da garantire per il gruppo ottico il mantenimento di almeno l'80% del flusso luminoso a $T=25^{\circ}\text{C}$ per un periodo di almeno 90.000 ore (L80B10) ed una vita media di almeno 110.000 ore in condizioni di normale funzionamento (TM21 – L70). Finitura superficiale mediante anodizzazione o verniciatura con garanzia integrale di almeno 10 anni contro la perforazione passante. Supporto di montaggio completo di piastra e chiusure a leva per aggancio rapido a canalina porta-cavi, con sistema anti-caduta il tutto realizzato in lamiera di acciaio inox almeno AISI 304. Alimentazione elettrica da $230\text{V}\pm 15\%$ 50Hz, $\cos\phi > 0,9$, corrente di pilotaggio da 350mA fino a 750mA, temperatura colore compresa tra 4000K e 6000K, efficienza luminosa non inferiore a 105lm/W, temperatura di



funzionamento da -30°C a $+45^{\circ}\text{C}$, classe di isolamento elettrico II, grado di protezione IP66 conforme a EN60598-1, grado di resistenza meccanica agli urti non inferiore a IK08. Il corpo illuminante viene fornito con cavo uscente di sezione minima $2 \times 1.5 \text{ mm}^2$ di tipo FTG10(O)M1 nel caso di utilizzo per illuminazione permanente e FG10(O)M1 nel caso di utilizzo per illuminazione di rinforzo, e spina CEE 2P 16A 230V IP66, completo di viteria in acciaio inox almeno AISI 304. Sono compresi accessori, staffe per attacco alla canalina, materiali per il cablaggio e quanto altro occorre per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte. Garanzia del costruttore sull'intero prodotto di almeno 5 anni.

5.3 APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE A LED PER ESTERNO

L'apparecchio utilizzato è a Led ed è adatto per applicazioni nel campo della pubblica illuminazione. Deve avere classe di isolamento II, grado di protezione almeno IP66, driver completamente programmabile ed impostabile attraverso Tool di configurazione dedicato, alimentazione 230V/50Hz, driver regolabile con ingresso 1-10V o DALI, sistema CLO (ConstaFlux). Il driver deve essere regolabile con ingresso 1-10V e/o DALI per controllo esterno. Temperatura Colore: $T_c = 4000 \text{ K}$ - Resa Cromatica: $\text{CRI} > 75$ - Sorgente Luminosa: LED ad alta potenza, corrente di pilotaggio programmabile $200 \text{ mA} < I_f < 700 \text{ mA}$ - Ottica: in PMMA. Concetto di illuminazione Multi-layer, ogni ottica illumina tutta la sede stradale, per garantire i parametri di uniformità anche in caso di spegnimento di qualche LED. Durata di vita economica: fino a 100.000 ore, L90F10, $T_a = 25^{\circ}\text{C}$; Flusso luminoso residuo superiore al 90% del flusso iniziale a T ambiente esterna media pari a 25°C . Durata di vita completamente impostabile tramite Tool di configurazione. LED e driver forniti di sensore di temperatura, per evitare sovra-temperature sulla piastra e garantire la durata dei LED. Corpo, copertura superiore, clip di chiusura e attacco palo in pressofusione di alluminio, a basso contenuto di rame anti-corrosione, verniciati secondo indicazione colore fornita dalla Direzione Lavori. Apparecchio fornito con driver elettronico incapsulato per applicazioni outdoor, cablato in Classe 2. Comprensivo di interfaccia per la gestione sia ad onde convogliate che ad onde radio.

5.4 PALI E SOSTEGNI

I pali saranno del tipo in lamiera di acciaio zincato a caldo o in vetroresina, tipo troncoconico curvo o diritto, e dovranno essere posati entro apposito plinto prefabbricato in cls vibrato di dimensioni $80 \times 80 \times 100 \text{ cm}$ con resistenza caratteristica non minore di $R_{ck} 40 \text{ N/mm}^2$ per pali di illuminazione, tale da garantire la facilità di posa dei servizi grazie alla predisposizione di appositi fori. Il plinto deve essere realizzato da azienda in possesso di certificazione di Sistema Qualità Aziendale UNI EN ISO 9001. I plinti dovranno essere utilizzati per un rapido e preciso posizionamento dei pali stradali nelle varie dimensioni per garantire la portata dei pali nelle varie altezze. Devono essere dimensionati in funzione dell'altezza del palo e della zona sismica (D.M. 14.01.2008) e devono essere certificati secondo le norme UNI NTC del 2008.



Nel plinto dovranno essere ricavati:

- Un pozzetto ispezionabile con fori laterali per l'innesto dei cavidotti;
- Un foro disperdente alla base;
- Fori passacavi;
- Foro alloggiamento del palo;

Inoltre dovrà essere utilizzabile con chiusini sia in ghisa che in cls. Il palo deve essere bloccato nel basamento attraverso l'utilizzo di sabbia e cemento e la distanza di posizionamento di due pali successivi deve essere compresa tra 20 e 30 metri in accordo con i calcoli illuminotecnici.

5.5 SONDE FOTOELETTRICHE

Saranno costituite da un complesso di strumentazioni di rilevamento e di apparecchiature di attuazione in grado di regolare il livello di illuminamento degli imbocchi in funzione del valore di luminanza esterna.

La stazione di rilevamento esterna per la luminanza debilitante sarà costituita da:

- Una sonda fotosensibile tarata sui parametri di sensibilità spettrale dell'occhio umano, per la determinazione della luminanza debilitante;
- Un convertitore analogico atto ad elaborare la grandezza fisica misurata in un segnale elettrico (modulo di controllo);

La stazione sarà contenuta entro custodia stagna IP65 adatta per l'installazione all'aperto con la sonda fotosensibile alloggiata entro dispositivo ottico a cannocchiale.

Le caratteristiche principali della sonda di luminanza sono le seguenti:

- Sensore d'immagine CMOS a colori ad alta risoluzione dotato di matrice di 1280x1024 pixel per un totale di 1,3Megapixel;
- Calcolo della luminanza debilitante secondo le prescrizioni della norma UNI11095 Nov. 2011 per angoli compresi all'interno del diagramma di Adrian;
- Campo di sensibilità dei pixel compreso tra 0 cd/m² e 20000 cd/m²;
- Campo di uscita (luminanza debilitante) del rilevatore compreso tra 0 cd/m² e 1080 cd/m²;
- Trasmissione dati, da e verso il modulo di controllo, mediante porta seriale a tre conduttori con protocollo proprietario;
- Collegamento con PC, tramite linea seriale, per centratura iniziale, taratura e determinazione dell'area sotto controllo.



Le caratteristiche principali del modulo di controllo sono le seguenti:

- Tensione di alimentazione 24 Vdc/Vac \pm 10%;
- Programmazione con tastiera a membrana su DIM;
- Visualizzazione su display a cristalli liquidi 2 x 16 caratteri su modulo DIM e LED di segnalazione;
- Trasmissione dati dal rilevatore ottico al circuito di controllo mediante due o cinque conduttori
- Segnale di controllo ai regolatori su protocollo proprietario;
- 4 uscite digitali a relè NO+NC - 1 uscita relè di allarme NO + NC;
- 4 ingressi optoisolati, configurabili singolarmente;
- Porte seriali RS232 e RS485;
- Impostazione soglie di attivazione dei relè di uscita;
- Impostazione isteresi di intervento dei relè;
- Lettura del valore di luminanza rilevato;
- Visualizzazione dello stato dei relè di uscita;
- Visualizzazione dello stato degli ingressi digitali;
- Visualizzazione allarmi;
- Reset dei parametri impostati e ritorno automatico ai parametri di default;
- Totale programmabilità da remoto tramite BUS o modem GSM;
- Vari tipi di funzionamenti: crepuscolare, rinforzo, ciclo, crepuscolare + ciclo, rinforzo + ciclo
- Possibilità di impostare dei cicli orari di funzionamento che vanno a comandare singolarmente il segnale di controllo e le 4 uscite digitali;
- Il microprocessore registra su memoria interna le ore di funzionamento dei singoli circuiti di rinforzo che vengono attivati dal modulo, registra a campionamento costante le misure rilevate dalle sonde e gli eventuali allarmi di malfunzionamento sonde, condizione di degrado, allarmi, ed altro;
- Possibilità di azzerare tutti i tempi di ritardo e di rampa impostati per velocizzare le eventuali operazioni di messa in servizio e controllo;
- Disponibilità di una password personalizzata impostabile dall'utente.



5.6 SISTEMA DI CONTROLLO E REGOLAZIONE ILLUMINAZIONE A LED

Per la gestione del flusso luminoso è prevista la fornitura di una scheda elettronica da posizionare all'interno di ogni proiettore e una centrale da ubicare all'interno della cabina elettrica ed in particolar modo inserita sul quadro di illuminazione, con opportuno posizionamento di un banco di filtri tra il modulo di controllo e gli interruttori di comando di ciascuna linea elettrica al fine di isolare la centralina dalla rete. Ogni centralina dovrà essere in grado di controllare almeno 900 punti luce contemporaneamente indifferentemente tra corpi illuminanti di permanente e rinforzo. Ciascuna centralina dovrà essere in grado di interfacciarsi con il sistema SCADA di galleria. Ciascuna centralina dovrà comunicare con gli apparecchi a Led (direttamente o mediante gateway) ed essere in grado di leggere tutti i valori dei parametri degli apparecchi a Led. I protocolli di trasmissione sulla rete Ethernet saranno basati su protocollo Modbus TCP/IP. Ciascuna lampada a Led dovrà essere fornita di un modulo di interfaccia (già inserito nel proiettore) in modo da poter comunicare con la centralina di gestione in modalità punto-punto. Il sistema dovrà:

- Effettuare una scansione periodica (con frequenza impostabile da remoto) di tutti gli apparecchi in rete per verificare lo stato di funzionamento degli apparecchi;
- Determinare lo stato generale di funzionamento degli apparecchi a LED;
- Essere in grado di controllare almeno due fornici indipendenti.

Il sistema dovrà, altresì, disporre:

a) di una interfaccia consultabile via Web per:

- Impostare i parametri del sistema;
- Verificare la percentuale dello stato di funzionamento corretto degli apparecchi;
- Verificare la percentuale dello stato di funzionamento dei gateway;
- Rendere disponibile un sinottico della galleria con indicazione del funzionamento dei singoli apparecchi

b) di una interfaccia grafica locale in grado di controllare l'impianto

c) di una interfaccia modbus TCP per l'integrazione con il PLC o sistema SCADA ANAS, che consente di:

- Leggere e impostare l'intensità luminosa generale della galleria;
- Leggere la percentuale di funzionamento dei gateway.

Il gateway, infine, dovrà essere in grado:

- Di conversare con l'interfaccia Ethernet e l'interfaccia della rete locale in galleria (bus, onde convogliate, wireless, ecc.);



- Di gestire la comunicazione locale con almeno 250 apparecchi in una delle tipologie adottate.

In particolare si prevede di installare un sistema di controllo e diagnostica dei singoli punti luce basato sulla comunicazione in tempo reale a onde convogliate o onde radio tra centralina e singoli proiettori a LED, secondo le prescrizioni della EN 50065-1 (trasmissioni di segnali su rete elettriche a bassa tensione nella gamma di frequenze da 3 a 148,5 KHz).

Tale sistema di gestione e controllo dei proiettori a lampade LED proposti permette di monitorare continuamente i corpi illuminanti e diminuire ulteriormente i consumi energetici.

Il sistema è composto da due tipi di componenti:

- componenti da installare all'interno dell'apparecchio a LED;
- componenti da installare all'interno del quadro di alimentazione.

Con la comunicazione ad onde convogliate o onde radio, è possibile agire su tutti i parametri dei corpi illuminanti a LED, come ad esempio la frequenza di acceso/spento, la tensione di rete, la corrente assorbita, il tempo totale di accensione.

Il modulo ricetrasmittente installato all'interno del singolo proiettore è un modulo che lavora a onde convogliate o onde radio per il controllo, comando e segnalazione dei parametri dei punti luce a LED (uno per ogni punto luce da telecomandare), con le seguenti caratteristiche:

- Posizionamento nel vano del proiettore;
- Grado di protezione standard IP00 (IP 20 in alternativa) per montaggio all'interno del proiettore;
- Uscita optoisolata con comando duty cycle a frequenza 200Hz per il comando della dimmerazione; da 0% a 100% del proiettore con step di 1% (a richiesta comando 0-10Vdc);
- Duty Cycle possibile (o comando 0-10Vdc): da 0% a 100% con step di 1%;
- Isolamento tra alimentazione e comando: min 6mm in aria e 5000Vdc;
- Comunicazione tramite onde convogliate direttamente sui cavi di alimentazione con modulazione tipo ASK e portante a 125KHz (classe 16);
- Tensione di alimentazione: 230Vac +/-10% 50Hz;
- Temperatura di funzionamento: da -10 a +60°C;
- Temperatura di stoccaggio: da -30 a +80°C;
- Lettura per ogni punto luce delle seguenti grandezze da remoto:
 - Stato della lampada (accesa/spenta);
 - Tensione di rete;



- Corrente assorbita;
- Tempo totale di proiettore acceso;
- Tempo totale di proiettore alimentato.

Il Modulo di controllo è installato nel quadro di alimentazione dell'impianto, per la gestione della comunicazione a onde convogliate o onde radio con i moduli all'interno dei singoli proiettori. E' predisposto inoltre per comunicare verso il sistema di telegestione centrale.

- Codice Utente, codice Impianto;
- Cambio ora "Solare / Legale";
- Controllo di almeno 900 moduli LED;
- Memorizzazione dei seguenti dati:
 - Numero identificativo del singolo modulo proiettore;
 - Tempo di riscaldamento;
 - Angolo di massima dimmerazione;
 - Angolo per la funzione di "Minimo consumo";
 - Rampa di salita;
 - Rampa di discesa;
 - Gruppi di appartenenza;
 - Tratta di appartenenza;
 - Angolo di minimo consumo letto dal modulo;
 - Contatore di chiamate al modulo;
 - Contatore di chiamate al modulo non risposte;
 - Contatore di chiamate non risposte consecutive;
 - Contatore di chiamate consecutive con risposte di lampada spenta;
 - 1 byte che definisce quali parametri devono essere trasferiti al modulo;
 - Data in cui deve avvenire il trasferimento;
 - Abilitazione applicazione della "Funzione scenografica".

Per ogni modulo del proiettore inoltre il modulo da quadro mantiene in memoria 2 scenografie. Le 2 scenografie sono associate ai 2 periodi dell'anno definiti come ora solare e ora legale. Le scenografie sono costituite da 5 tempi associati a 5 livelli di dimmerazione. Per ogni scenografia quindi il modulo da quadro memorizza le seguenti informazioni:



- Il primo step è impostato all'accensione del modulo;
- Livello di dimmerazione del primo step;
- Ora del secondo step di dimmerazione;
- Livello di dimmerazione del secondo step;
- Ora del terzo step di dimmerazione;
- Livello di dimmerazione del terzo step;
- Ora del quarto step di dimmerazione;
- Livello di dimmerazione del quarto step;
- Ora del quinto step di dimmerazione;
- Livello di dimmerazione del quinto step;

Nel caso di sistema ad onde convogliate, sono inoltre previste bobine filtro installate nel quadro di comando per isolare la rete telecomandata verso monte (lato alimentazione), di corrente nominale da individuare in funzione della corrente nominale prevista in linea.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione di Appalto
IT.PRL.05.27- Rev. 1.0
Impianti Tecnologici in galleria – Nuove opere/Man. Straordinaria

8 APPARECCHIATURE E DISTRIBUZIONE ELETTRICA IN CABINA

8.1 STRUTTURA PREFABBRICATA PER LOCALE TECNICO

Costruita ed assemblata con pannelli di calcestruzzo ad alta resistenza, dello spessore mm 80-120 e solaio di copertura min. di mm 160, realizzati con armatura in acciaio B450C e calcestruzzo RbK 400



Kg/cmq. Impermeabilizzazione della copertura con guaina spessore mm 4. Imbiancatura interna con tempera di colore bianco, rivestimento esterno murale plastico colore a scelta della D.L. Costruita in conformità alle leggi vigenti in materia di costruzioni prefabbricate in cemento, completa di cunicoli dell'altezza minima di 0,70 m per il passaggio dei conduttori MT/bt, di platea di fondazione, cassetta, armatura con rete elettrosaldate maglia cm 15x15 Ø 10, copricunicoli in lamiera striata. Sono comprese nella fornitura le porte in resine isolante omologate ENEL, le griglie di aerazione in resina isolante omologate ENEL, serrature omologate ENEL, le pareti divisorie tra i vani. Pavimentazione interna alla cabina realizzata in cemento liscio o con finiture similari. Le aperture di ventilazione saranno poste in maniera tale da ottimizzare il raffreddamento dell'apparecchiatura installata, con possibilità di avere un sistema di ventilazione soprattutto a tutta circonferenza. Le griglie di aerazione saranno con protezione antitopo e antipioggia in ogni locale. L'armatura del calcestruzzo e tutte le parti metalliche dovranno essere collegate tra di loro mediante saldature, con possibilità di collegamento ad un anello di terra esterno. Sigillatura delle fughe verticali di giunzione con mastice acrilico, opportunamente formulato per l'adesione su superfici in calcestruzzo. Sistema di smaltimento acqua piovana. Nel prezzo sono compresi e compensati la fornitura delle pratiche amministrative di concessione edilizia, calcoli di verifica statica, ogni onere ed accessorio necessario per la posa e dove espressamente previsto si dovranno utilizzare porte metalliche.

8.2 SHELTER

Lo shelter è costituito da sistemi pre-assemblati dedicati ad alloggiamento di apparecchiature elettromeccaniche, elettroniche, elettriche. Costituito da pannelli isolanti in struttura sandwich poliuretano/lamiera, aventi la capacità di contenere l'effetto delle escursioni termiche ambientali sulle apparecchiature contenute. La struttura resistente dello Shelter è atta a realizzare una struttura amovibile in grado di sopportare le sollecitazioni indotte dal peso proprio e da quello delle apparecchiature contenute durante le fasi di sollevamento/spostamento per tutta la vita operativa dello Shelter. La struttura metallica degli Shelters dovrà essere realizzata con materiali idonei a resistere alle azioni ossidanti degli agenti atmosferici in ambiente particolarmente aggressivo (ambiente marino, industriale altamente inquinato). Dimensioni interne (mm): lunghezza: 1.200, larghezza: 1.200, altezza: 2.380. Dimensioni esterne (mm) – con ingombro copertura lunghezza: 1.986 (compresa copertura) larghezza: 2.200 (compresa copertura) altezza: 2.665. La struttura isoterma dello shelter dovrà essere realizzata tramite assemblaggio su struttura portante esterna in acciaio di pannelli isoterma di spessore 60mm. Lo shelter deve comprendere al suo interno:

- N. 2 plafoniere 2X18W a tenuta stagna uno per ambiente interno e uno per ambiente esterno;
- N. 1 Microswitch porta con cavo armato e contatto pulito, da collegare su morsettiera del Quadro Elettrico;
- Elemento ANTIRODITORE per passaggio 18 cavi;



- Rilevatore volumetrico interno a doppia tecnologia portata 12m – sistema anti intrusione;
- Rilevatore volumetrico esterno a doppia tecnologia portata 2m – sistema anti intrusione area esterna (n°4, suddivisi su ciascun perimetro/lato esterno);
- Sistema di collegamento masse metalliche per messa a terra;
- N. 1 presa 2x16 A tipo P30 bipasso + shuko protetta e sezionata in scatola protetta con relativi cavi di cablaggio;
- Interruttore bipolare per accensione plafoniera in scatola protetta.

Gli Shelter dovranno essere dotati di sistema integrato active cooling + free cooling, inclusi nella fornitura. Non saranno ammessi shelter con climatizzatore. Il sistema combinato Active Cooling + Free Cooling permetterà all'unità installata di:

- Ridurre l'impatto ambientale;
- Massimizzare l'efficienza energetica;
- Riduzione del consumo di energia tramite uso FCU durante i periodi di basso carico termico).

Il sistema dovrà essere progettato per garantire un grado di protezione IP55 in condizione di funzionamento, questa caratteristica renderà il sistema adatto all'uso in ambienti estremi dal punto di vista atmosferico, come quello in prossimità delle arterie stradali/autostradali.

8.3 IMPIANTO LUCE, FM E SPECIALI IN CABINA

L'impianto elettrico BT di cabina dovrà comprendere l'impianto di illuminazione generale dimensionato per avere un livello di illuminamento medio non inferiore a 200-250 lux, un impianto di illuminazione di emergenza (con corpi del tipo autoalimentato o alimentati da soccorritore) che garantisca per circa due ore un illuminamento medio pari a circa 10 lux ed un impianto di forza motrice (FM) costituito da quadretti prese CEE interbloccate di servizio. La dotazione impiantistica della cabina sarà completata con eventuali impianti speciali (rivelazione incendi, spegnimento, antintrusione, ecc.). Le dimensioni dei cunicoli e/o delle tubazioni annegate nella platea della cabina per il passaggio dei conduttori devono avere dimensioni appropriate. In particolare, si dovranno evitare eccessivi costipamenti dei cavi, raggi di curvatura eccessivamente ridotti e promiscuità tra cavi per MT, cavi per BT e cavi per impianti speciali. La posizione, le dimensioni, gli accessi e lo schema di cabina devono essere concordati con il competente ufficio tecnico dell'ENEL previo l'inizio dell'attività di installazione.



8.4 IMPIANTO DI TERRA

Lungo le pareti, ad una altezza di circa 50 cm, dovrà essere realizzato un collettore di terra costituito da un anello in piatto di rame o di acciaio zincato da 40x5 mm. L'anello dovrà essere collegato alla rete elettrosaldata presente nella platea di fondazione almeno in corrispondenza degli angoli di ciascun locale. Al collettore dovranno essere collegate tutte le parti metalliche e le apparecchiature di cabina. In particolare:

- Porte e finestre metalliche;
- Carpenterie dei quadri elettrici;
- Carcasse dei trasformatori;
- Centri stella del/i trasformatore/i;
- Rotaie dei trasformatori;
- Passerelle e canaline metalliche (se necessario).

I collegamenti a terra di parti mobili dovranno essere realizzati con treccia di rame avente sezione minima pari a 50mmq. Il collettore sarà poi collegato al dispersore esterno mediante almeno due conduttori di terra aventi sezione adeguata. Il dispersore sarà possibilmente costituito da un anello lungo il perimetro della cabina, realizzato in corda di rame nudo da 35mmq (sezione minima) o altro materiale equivalente. Il dispersore sarà integrato con elementi verticali (spandenti) e sarà collegato ai ferri di armatura della fondazione.

8.5 ACCESSORI

Dovranno essere forniti i seguenti accessori (dotazione minima):

- Piantina con evidenziato lo schema elettrico della cabina da posizionare a parete;
- Estintori in numero e tipo indicato negli altri elaborati di progetto del singolo contratto applicativo fissati a parete in posizione opportuna;
- Lampada portatile di emergenza con batterie sempre in carica;
- Contenitore per guanti isolanti;
- Guanti isolanti in lattice in conformità alle norme NFC 18415 e VDE 0680 classe di isolamento 3;
- Tappeto isolante ad alto potere dielettrico antisdrucchiolo per tensioni di esercizio 25kV
- Cartelli monitori previsti dal D.lgs. 81/08.



8.6 QUADRI DI BASSA TENSIONE

I quadri di bassa tensione dovranno essere di tipo e di forma indicata nel progetto del singolo contratto applicativo, realizzati affiancando scomparti completamente normalizzati, contenenti le apparecchiature di bassa tensione, pure normalizzate, progettati singolarmente e nel loro insieme per offrire con la massima semplicità costruttiva una molteplicità di impiego per soddisfare le più svariate esigenze dell'impianto.

8.7 CARATTERISTICHE TECNICHE

Caratteristiche ambientali:

temperatura ambiente massima	40°C
temperatura ambiente media (rif. 24 h)	35° C
temperatura ambiente minima	-10° C
umidità relativa massima 25°C	90%
installazione all'interno di un fabbricato in muratura	
altitudine s.l.m.	<1000 m

Caratteristiche elettriche:

tensione di esercizio	400V
frequenza nominale	50 Hz
sistema elettrico	trifase + neutro

8.8 RISPONDEZZA A NORME TECNICHE E LEGGI ANTINFORTUNISTICHE

Per quanto non espressamente precisato nel presente Capitolato, i quadri dovranno essere rispondenti alle specifiche norme vigenti all'atto della fornitura e dovranno soddisfare le seguenti caratteristiche:

- Impiego di materiali isolanti ad alto grado di auto estinguibilità e completa segregazione metallica tra i singoli scomparti, per impedire il diffondersi di incendi
- Messa a terra franca di tutta la struttura del quadro e dei componenti estraibili per tutta la corsa di sezionamento od inserzione
- Protezioni IP20 dopo la traslazione degli interruttori estraibili o sezionabili
- Isolamento in aria di tutte le parti in tensione



- Blocchi meccanici ed elettromeccanici in conformità allo schema di progetto del singolo contratto applicativo
- Accessibilità agli apparecchi ed ai circuiti senza pericolo di contatti con i componenti in tensione
- Accurata scelta dei materiali isolanti impiegati in base a caratteristiche di bassa emissione di fumi

Gli scomparti dovranno essere forniti completamente montati e provati in tutti i loro componenti ed allestimenti definitivi, con prove di officina eseguite in presenza della Direzione Lavori.

8.9 COMPOSIZIONE E SUDDIVISIONE DEL QUADRO

I quadri saranno costituiti da scomparti affiancati e saranno completamente chiusi e bullonati tra loro. La modularità degli scomparti e dei vari componenti dovrà consentire eventuali futuri ampliamenti sui due fianchi. I vari scomparti dovranno essere completamente segregati fra di loro e saranno a loro volta compartimentati in celle elementari metallicamente segregate le une dalle altre come indicato negli elaborati di progetto del singolo contratto applicativo.

8.10 STRUTTURA METALLICA

Ogni scomparto dovrà essere un'unità indipendente, costituita da una struttura autoportante in lamiera di acciaio, spessore 20-30/10 mm, composta da elementi normalizzati, provvisti di forature modulari, messi insieme tra loro mediante punti elettrici e viti speciali che ne assicurano robustezza e continuità elettrica. Su tale struttura, ove previsto progettualmente dai singoli contratti applicativi, dovranno essere applicate le chiusure laterali e posteriori in lamiera, le portelle anteriori, i setti di compartimentazione e segregazione, i supporti metallici per i diversi apparecchi. Lo spessore minimo della lamiera d'acciaio per tali elementi non dovrà essere inferiore a 20/10 di mm, riscontrato prima dei trattamenti protettivi. Gli scomparti dovranno essere suddivisi nelle seguenti zone:

- Zona anteriore riservata alle celle degli apparecchi di potenza, agli strumenti di misura e/o protezioni e ai servizi ausiliari; tale zona è suddivisa da celle individuali, chiuse metallicamente su tutti i lati con dimensioni modulari in funzione delle apparecchiature da alloggiare
- Prima zona posteriore, contenente le sbarre di derivazione e le connessioni in sbarra degli interruttori di grande portata
- Seconda zona posteriore, riservata alle connessioni di potenza degli interruttori che sono normalmente realizzate in cavo



La zona anteriore che ospita la sezione delle apparecchiature a conformazione modulare dovrà essere dotata di doppio frontale con pannellatura in vetro trasparente stratificato.

8.11 INTERRUTTORI

Gli interruttori generali di macchina dovranno essere di tipo scatolato o di tipo aperto in base alla potenza nominale del trasformatore. Il potere d'interruzione dovrà essere adeguato al valore di potenza massima prevista sulla distribuzione in bassa tensione. Gli interruttori d'utenza dei circuiti esterni potranno essere di tipo scatolato e/o modulari in esecuzione fissa. Gli interruttori che alimentano i circuiti di cabina dovranno essere di tipo modulare in esecuzione fissa. Gli interruttori suddetti dovranno essere opportunamente coordinati tra di loro in modo da garantire la selettività, la protezione dei circuiti e tarati secondo quanto indicato negli schemi di progetto dei singoli contratti applicativi. Il potere di interruzione degli interruttori automatici dovrà essere almeno uguale alla corrente di corto circuito trifase calcolata sulle sbarre del quadro di b.t. Eccezioni: in alcuni casi il potere di interruzione dell'interruttore automatico potrà essere inferiore alla corrente di corto circuito suddetta, se a monte esiste un dispositivo:

- Che abbia un potere di interruzione corrispondente alla corrente di corto circuito sopra determinato (filiazione);
- Che limiti l'energia specifica passante (Ft) a un valore inferiore a quello ammissibile dall'interruttore automatico e dai conduttori protetti.

8.12 SBARRE PRINCIPALI E DERIVAZIONI

Le sbarre principali e le derivazioni dovranno essere in piatto elettrolitico di rame nudo (ETP UN1 5649-71) a spigoli arrotondati, opportunamente dimensionate e ammarate per sopportare le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche conseguenti alle correnti di corto circuito. L'isolamento dovrà essere completamente realizzato in aria; i supporti sbarre dovranno essere realizzati mediante elementi componibili stampati in materiale isolante autoestinguento con elevata resistenza meccanica e caratteristiche anti-traccia. La forma di segregazione dovrà essere quella prevista dagli elaborati di progetto dei singoli contratti applicativi. Per il raffreddamento della zona sbarre si dovranno prevedere delle feritoie sul pannello frontale in basso e nella parte inferiore del pannello posteriore di chiusura. Per lo sfogo dell'aria calda si dovranno prevedere apposite feritoie sul tetto. L'Appaltatore, prima dell'allestimento in sede d'approvazione materiali da parte della Direzione Lavori, dovrà sottoporre ad approvazione il dimensionamento delle capacità di smaltimento della carpenteria in relazione agli autoconsumi interni delle apparecchiature previste in sede di progetto costruttivo del singolo contratto applicativo.



8.13 CIRCUITI AUSILIARI E CABIAGGI

Le apparecchiature ausiliarie dovranno essere disposte in celle separate metallicamente dalle celle interruttori. Dovrà essere sempre possibile accedere alle apparecchiature ausiliarie con il quadro in tensione. Il cablaggio interno dovrà essere realizzato con cavi di tipo flessibile non propaganti l'incendio (sec. CEI 20-22), di sezione non inferiore a 1,5mmq per i circuiti ausiliari e 2,5mmq per i circuiti di potenza. Tutte le connessioni dovranno essere effettuate mediante capocorda a compressione, e ciascun conduttore dovrà essere numerato con idonei contrassegni. I conduttori dovranno essere alloggiati su apposite canalette di materiale plastico e in appositi vani all'interno degli scomparti. Tutti i conduttori dovranno far capo a morsettiere componibili numerate. Opportune targhette, pantografate, dovranno indicare a fronte quadro, ciascuna apparecchiatura e relativa sequenza di manovra. Tutte le indicazioni di stato e i comandi di ogni apparecchiatura dovranno essere riportati in morsettiera per poter essere utilizzati per il telecomando e il telecontrollo dal Centro Operativo. Una sbarra collettiva in rame, avente una sezione nominale di 200mmq, dovrà percorrere longitudinalmente tutto il quadro; a tale sbarra dovranno essere collegati tutti i componenti principali. Tutti gli elementi di carpenteria dovranno essere francamente collegati fra loro per mezzo di viti speciali atte a garantire un buon contatto elettrico fra le parti. Le porte dovranno essere collegate in modo equipotenziale alla struttura per mezzo di treccia di rame avente sezione di 16 mm². Il ciclo di verniciatura per i quadri di bassa tensione dovrà essere del tutto simile a quello previsto per i quadri di media tensione. Serie di accessori che dovranno essere forniti:

- Mensola di supporto leve varie e maniglie
- Golfari di sollevamento
- Vernice per ritocchi punti danneggiati
- Schemi e disegni di progetto dei singoli contratti applicativi
- Istruzioni per l'installazione, l'esercizio e la manutenzione del quadro
- Targhe d'identificazione apparecchiature
- Schema unifilare in dotazione alla carpenteria
- Cartellonistica di prevenzione antinfortunistica conforme al DLGS. 81/08 ed al D.L. 626;
- Prove di tipo
- Manuale di manutenzione ordinaria e straordinaria.

8.14 ELENCO DELLE PROVE

L'Appaltatore dovrà produrre copia dei certificati relativi alle prove di tipo realizzate da un laboratorio indipendente attestanti la rispondenza del quadro e delle apparecchiature alle Norme vigenti. In particolare è richiesta dimostrazione delle seguenti prove:



- Prova di tensione a frequenza industriale dei circuiti di potenza;
- Prova di tensione dei circuiti ausiliari;
- Prova di funzionamento meccanico;
- Prova dei dispositivi ausiliari;
- Verifica dei cablaggi;
- Controllo dell'intercambiabilità dei componenti estraibili e degli altri componenti identici fra loro per costruzione e caratteristiche;
- Prova per la verifica dei limiti di sovratemperatura;
- Prova per la verifica delle distanze in aria e superficiali;
- Prova per la verifica della tenuta di corto circuito;
- Prove per la verifica della tenuta al corto circuito del circuito di protezione (CEI 17-13/1);
- Prova per la verifica dei guasti di protezione.

Descrizioni particolari

Gli arrivi dal trasformatore di potenza e/o dal gruppo elettrogeno saranno in cavo unipolare o in blindosbarra. Tensioni ausiliarie, salvo particolare e diversa definizione sugli schemi di progetto dei singoli contratti applicativi:

- 230 V c.a. per comandi e protezioni;
- 230 V c.a. per alimentazioni motori carica molle interruttori;
- 230 V c.a. per resistenze anticondensa;
- 230V c.a. per circuiti di sgancio.

8.15 QUADRI DI DISTRIBUZIONE SECONDARIA

Caratteristiche Elettriche

Norme: CEI 17/13-1, CEI EN 60439-1, DLGS. 81/08

Tensione di isolamento: 1000 V

Tensione nominale d'impiego: 400 V

Corrente nominale sbarre principali: fino a 1000 A



Corrente di c.to-c.to simmetrica x 1":	15 kA
Tensione di prova a 50 Hz per 1 min.:	2,5 kV
Frequenza:	50 Hz
Tensione aux. comandi segnalazioni:	230 V
Altitudine:	<1000 m s.l.m.
Temperatura ambiente:	35°C
Sistema di neutro:	TN

Sbarre

Sistema:	Trifase + N
Isolamento:	aria
Materiale:	rame

Caratteristiche Meccaniche

Spessore lamiera:	20/10 mm
Verniciatura esterna:	RAL 7030 od altro a scelta della D.L.
Verniciatura interna:	RAL 1019 od altro a scelta della D.L.
Forma di segregazione:	Forma 3
Grado di protezione esterno:	≥IP31(secondo luogo di installazione)
Grado di protezione a porta aperta:	IP20
Quadro con accessibilità:	<input checked="" type="checkbox"/> Fronte <input type="checkbox"/> Retro
Linee entranti:	<input checked="" type="checkbox"/> Cavo <input type="checkbox"/> Alto <input checked="" type="checkbox"/> Basso
Linee uscenti	<input checked="" type="checkbox"/> Cavo <input type="checkbox"/> Alto <input checked="" type="checkbox"/> Basso

8.16 PROTEZIONE GENERALE DI MEDIA TENSIONE

Per garantire i massimi requisiti di sicurezza al personale che si appresta ad eseguire interventi di manutenzione o di altra natura sulle celle MT, si devono prevedere all'interno dei locali che ospitano la parte di media tensione idonei equipaggiamenti di protezione, quali:

- n. 1 contenitore per guanti isolanti, dotato di finestra trasparente costruito in materiale resistente agli urti, fornito con flacone contenente talco;
- n. 1 paio di guanti isolanti, costruiti in lattice naturale di elevata qualità, trattati per ottenere le migliori caratteristiche dielettriche, in conformità alle norme NFC 18415 e VDE



0680, classe di isolamento 3 (tensione di prova 30.000 V), spessore 2,2 mm taglia a scelta della D.L.;

- Tappeto isolante per installazione fissa, realizzato in caucciù ad alto potere dielettrico, antisdrucciolo, elevata tenuta all'invecchiamento, dimensioni 1x5 m (Larg x Lung.), spessore 5 mm tensione di esercizio 25kV;
- Cartelli monitori.

La protezione generale di media tensione dovrà soddisfare i seguenti requisiti elettrici:

- Tensione nominale: 24 kV;
- Valore efficace della tensione nominale di tenuta: a f = 50 Hz / 1 min 50 kV;
- Valore di picco della tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico: 1.2/50 μ s 125 kV;
- Tensione di esercizio: 20 kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Numero di fasi: 3;
- Corrente nominale delle sbarre principali: 630 A;
- Corrente nominale max delle derivazioni: 630 A;
- Corrente nominale ammissibile di breve durata: 16 kA;
- Corrente nominale di picco: 40 kA;
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale: 16 kA;
- Durata nominale del corto circuito: 1 s;
- Protezione Arco Interno IAC A FL 12,5 kA 1 s;
- Tensione nominale degli ausiliari: 230 V;

Dovrà, inoltre, contenere le seguenti apparecchiature:

- Sezionatore tripolare di linea e di messa a terra a monte dell'interruttore in SF6 con manovra manuale predisposta con relativi blocchi a chiave;
- Sezionatore di messa a terra a valle dell'interruttore;
- Sistema trifase di sbarre in rame con risalita di sezione adeguata alla massima corrente di corto-circuito;
- Interruttore tripolare in SF6, 24 kV, 630 A, 16 kA equipaggiato con blocco a chiave in aperto, motore carica-molle, contatto di segnalazione NA dell'interruttore di protezione del motoriduttore, contatto di segnalazione molle di chiusura scariche/cariche, contatti ausiliari dell'interruttore aperto-chiuso, interruttore magnetotermico per la protezione del motore



carica-molle, sganciatore di chiusura, sganciatore di minima tensione, sganciatore di apertura, sganciatore supplementare di apertura, leva di comando manovra manuale, interruttori bipolari BT, terna di segnalatori luminosi per la presenza tensione 20kV lato linea.

Il collegamento tra il secondario del toro ed ingresso protezione deve essere realizzato con conduttore avente sezione maggiore o uguale a 2.5 mm² e lunghezza minore di 10 m. Sistema di protezione secondo "DK 5600" e CEI 0-16. Relè di sovracorrente indiretto a microprocessore con dispositivo di guasto a terra direzionale, indicatori a led programmabili, 8 ingressi binari, 8 uscite binarie, memorizzazione degli eventi senza porta di comunicazione, montaggio a pannello.

Tensione di alimentazione DC 24-250V oppure AC 115/230V, tarature e parametrizzazioni escluse, porta di comunicazione elettrica RS485, acquisizione delle misure (valore medio/min/max), con dispositivo di richiusura automatico, localizzazione del guasto. L'involucro esterno è con grado di protezione IP2XC, messa a terra dell'involucro, dei diaframmi metallici e della struttura con bulloneria collegata a sbarra colletttrice di terra. La struttura metallica è trattata con verniciatura alle polveri epossidiche di colore RAL 9002 standard del costruttore. Tutti i moduli sono forniti di oblò, dove occorrono, targa caratteristiche, sbarra colletttrice di terra, eventuale circuiti ausiliari, maniglia di accesso e leva di manovra. Compreso il trasporto ed il montaggio a piano con tutti gli oneri per eseguire il lavoro completo in ogni sua parte, oneri di collaudo e certificazioni previste. Rimangono esclusi gli oneri per basamenti. Il tutto completo di box in lamiera zincata verniciata ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera completa ed a perfetta regola d'arte. Compreso nella fornitura è ogni altro materiale e accessorio per dare il quadro finito a regola d'arte e conforme alla normativa vigente.

8.17 SCOMPARTO DI PARTENZA PER ALIMENTAZIONE TRASFORMATORE

Lo scomparto di partenza per l'alimentazione dei trasformatori dovrà soddisfare i seguenti requisiti elettrici:

- Tensione nominale: 24 kV;
- Valore efficace della tensione nominale di tenuta: a f = 50 Hz / 1 min 50kV;
- Valore di picco della tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico: 1.2/50µs 125kV;
- Tensione di esercizio: 20kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Numero di fasi: 3;
- Corrente nominale delle sbarre principali: 630 A;
- Corrente nominale max delle derivazioni: 630 A;
- Corrente nominale ammissibile di breve durata: 16kA;



- Corrente nominale di picco: 40kA;
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale: 16kA;
- Durata nominale del corto circuito: 1 s;
- Protezione Arco Interno IAC A FL 12,5kA 1 s, in opzione protezione IAC A FLR 16kA 1s;
- Tensione nominale degli ausiliari 230 V.

Dovrà, inoltre, contenere almeno le seguenti apparecchiature:

- Sezionatore tripolare di linea e di messa a terra a lato linea monte dell'interruttore in SF6 con manovra manuale predisposta con relativi blocchi a chiave;
- Sezionatore di messa a terra a valle dell'interruttore;
- Sistema trifase di sbarre di sezione adeguata alla massima corrente di corto-circuito;
- Interruttore tripolare in SF6, 24kV, 630 A, 12.5kA equipaggiato con blocco a chiave in aperto, motore carica-molle, contatto di segnalazione NA dell'interruttore di protezione del motoriduttore, contatto di segnalazione molle di chiusura scariche/cariche, contatti ausiliari dell'interruttore aperto-chiuso, interruttore magnetotermico per la protezione del motore carica-molle, sganciatore di chiusura, sganciatore di minima tensione, sganciatore di apertura, sganciatore supplementare di apertura, resistenza anticondensa 50 W 220 V 50Hz regolata da termostato e protetta da interruttore, leva di comando manovra manuale, interruttori bipolari BT, terna di segnalatori luminosi per la presenza tensione 20kV lato linea, terna di TA/5 A, 2,5 VA, 5P30.

L'involucro esterno è con grado di protezione IP2XC, messa a terra dell'involucro, dei diaframmi metallici e della struttura con bulloneria collegata a sbarra collettrice di terra. La struttura metallica è trattata con verniciatura alle polveri epossidiche di colore RAL 9002 standard del costruttore. Tutti i moduli sono forniti di oblò, dove occorrono, targa caratteristiche, targa sequenza manovre, sbarra collettrice di terra, eventuali circuiti ausiliari, maniglia di accesso e leva di manovra. Compreso il trasporto ed il montaggio a piano con tutti gli oneri per eseguire il lavoro completo in ogni sua parte, oneri di collaudo e certificazioni previste. Rimangono esclusi gli oneri per basamenti. Il tutto completo di box in lamiera zincata verniciata ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera completa ed a perfetta regola d'arte. Compreso nella fornitura è ogni altro materiale e accessorio per dare il quadro finito a regola d'arte e conforme alla normativa vigente.

8.18 TRASFORMATORE

I trasformatori devono essere installati in locali separati dai locali che ospitano i quadri di potenza. Le strutture in muratura gettate in opera o prefabbricate che costituiscono il locale in cui vengono ubicati i trasformatori, devono avere un grado di resistenza almeno REI 120. L'accesso al locale tra-



sformatori non deve essere diretto, per cui oltre alla presenza della porta in vetroresina è necessario proteggere l'utente installando una griglia metallica zincata interposta tra la porta di accesso al locale ed il trasformatore stesso. In presenza di doppio trasformatore, tale griglia è da prevedersi anche come setto separatore tra i due trasformatori. Per elevare i livelli di sicurezza, è necessario installare sulle porte di accesso al locale trasformatori degli interblocchi di sicurezza costituiti da:

- n. 3 relé a cartellino 24 V c.c. (allarme e pre-allarme);
- n. 3 fincorsa di sicurezza (portella box trasformatore);
- n. 4 relé ausiliari con 2 NA alimentazione 24 V c.c. con zoccolo;
- n. 3 lampade spie di segnalazione;
- n. 1 lampeggiatore con parabola girevole a motore;
- n. 1 sirena per esterno.

Il trasformatore deve avere le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale: 24 KV;
- Rapporto di trasformazione: 20/0,4kV;
- Tensione di cto standard: 6%;
- Gruppo Dyn11.

Deve essere costruito secondo norme CEI 14-8, con nucleo costruito con lamierini magnetici a cristalli orientati, frequenza 50 Hz, avvolgimento primario inglobato in resina epossidica, avvolgimento secondario impregnato, regolazione MT standard $\pm 2 \times 2,5\%$, carrello con ruote bidirezionali, termometro a quadrante con contatti, n. 3 termo sonde di controllo della temperatura PT 100 sull'avvolgimento BT, targa dati, classi ambientali E2-C2-F1, centralina elettronica di controllo temperatura con visualizzazione e uscita seriale, morsetto di terra, golfari di sollevamento,

8.19 GRUPPO ELETTROGENO

I gruppi elettrogeni per il servizio di riserva devono essere installati in ambienti costruiti secondo le specifiche disposizioni di prevenzione incendi, con ventilazione naturale diretta verso l'esterno, oppure devono essere installati direttamente all'esterno protetti da apposita cofanatura. Le fonti di alimentazione secondaria come i gruppi elettrogeni, devono assicurare un'autonomia minima a pieno carico di almeno 24 ore. L'installazione di un gruppo elettrogeno è necessaria in presenza di gallerie la cui lunghezza supera i 500 metri. Nel caso di mancanza di fornitura da parte dell'Ente Erogatore, il gruppo elettrogeno dovrà sostenere il 50% dell'illuminazione permanente e tutti i restanti impianti a servizio della galleria. Il gruppo elettrogeno deve essere posato su apposito basa-



mento realizzato in calcestruzzo. Il gruppo elettrogeno dovrà avere le seguenti caratteristiche generali:

- fattore di potenza 0,8;
- frequenza 50Hz;
- tensione 400/231V Trifase;
- regime di rotazione 1.500 giri/min;
- percentuale di carico massimo inseribile ISO 8528-5 60% della potenza nominale.

8.19.1 ACCOPPIAMENTO

Il moto-alternatore è assemblato come una struttura monoblocco per mezzo di adattatori SAE a dischi flessibili. Gli alternatori utilizzati sono costruiti secondo la forma Standard MD35 con rotore mono-supporto direttamente accoppiato al volano motore per mezzo di dischi in acciaio flessibili.

8.19.2 BASAMENTO

Per una elevata resistenza strutturale del gruppo elettrogeno il basamento è costruito con profili di acciaio saldato di spessore appropriato. La struttura del basamento permette la movimentazione con macchine per il sollevamento per mezzo di punti di sollevamento situati su entrambi i lati della base in versione aperta, e altri punti situati sulla struttura della cofanatura in versione insonorizzata. Tutti i basamenti hanno un punto di messa a terra per il collegamento di tutte le parti metalliche del gruppo elettrogeno. Il collegamento dal punto di dispersione a terra deve essere effettuata dall'utilizzatore finale. Il montaggio del moto-alternatore sul basamento viene effettuato con l'interposizione di antivibranti opportunamente dimensionati in modo da assorbire le vibrazioni trasmesse al basamento.

8.19.3 SERBATOIO COMBUSTIBILE

Il serbatoio giornaliero integrato nel basamento prevede:

- bocchettone di riempimento con tappo, completo di sistema per lo sfiato;
- connessioni e tubi per la linea di alimentazione del motore;
- connessioni e tubi per la linea di recupero del carburante dal motore;
- livellostato per la segnalazione del minimo livello carburante: contatto per allarme e arresto;



- elettrovalvola di sicurezza situata sulla linea di alimentazione fra serbatoio giornaliero e motore per l'interruzione del flusso carburante;
- capacità del serbatoio standard 120 lt.

8.19.4 BATTERIE DI AVVIAMENTO

Il gruppo elettrogeno dovrà essere consegnato con una batteria al piombo-acido per servizio pesante con 12VDC/155Ah di potenza fornita per l'avviamento elettrico e circuito 12VDC. La batteria è montata su di una piattaforma metallica posizionata nel profilo interno del basamento. I morsetti della batteria sono collegati al motore per mezzo di cavi flessibili.

8.19.5 SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO

Circuito del liquido refrigerante unico con pompa del refrigerante ad ingranaggi e valvola termostatica, radiatore per il raffreddamento con ventola (trasmissione meccanica) dimensionato per temperature di aspirazione fino a 50°C, termostato liquido refrigerante per allarme e arresto motore, livellostato di minimo livello liquido refrigerante per arresto motore, liquido refrigerante raccomandato: acqua fresca con glicole etilenico (antigelo), miscelato in percentuale appropriata, preriscaldamento del sistema di raffreddamento (800W - 220VAC).

8.19.6 SISTEMA DI LUBRIFICAZIONE

Pompa olio ad ingranaggi.

- filtro olio lubrificante con elemento filtrante intercambiabile;
- asta per misura del livello con tappo;
- pressostato di minima pressione olio per allarme e arresto motore;
- pompa manuale per estrazione olio;
- olio lubrificante raccomandato secondo le specifiche API CG4 e ACEA E2-96, olio multigrado 15W/40.

8.19.7 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

Iniezione diretta.

- pompa di iniezione singola;
- filtro carburante con elemento filtrante intercambiabile;



- solenoide per interruzione del flusso carburante;
- composizione del carburante conforme alle norme EN 590, ASTM D 975-00 Grado 1 e 2.

8.19.8 ASPIRAZIONE E SISTEMA DI SCARICO

Filtro aria a secco.

- indicatore di intasamento filtro;
- 1 Turbocompressore con dispositivo di raffreddamento aria di aspirazione (aria-aria);
- collettore di scarico orizzontale;
- silenziatore di scarico ad assorbimento di tipo industriale (materiale in acciaio al carbonio);
- compensatore di scarico flessibile

8.19.9 ALTERNATORE

- fattore di potenza: 0,8;
- velocità: 1.500 r.p.m.;
- frequenza: 50Hz;
- tensione: 400/231V Trifase;
- limite di scostamento della tensione: ISO 8528-5 $\pm 1,5\%$;
- tipo di collegamento: Stella con neutro;
- soppressione disturbi radio: VDE 0875 Grado G e N;
- grado di protezione: IP IP21;
- numero di morsetti: 12;
- regolatore automatico di tensione

8.19.10 CARATTERISTICHE GENERALI

Dovrà essere trifase, autoregolato, autoeccitato, sincrono, senza spazzole, 4 poli.

Campo di massima tensione fino a 690V.

Le potenze nominali del generatore sono specificate per temperatura ambiente massima di 40°C, 60% di umidità relativa e altitudini minori di 1.000m s.l.m. in accordo con la norma BS5000.



L'aria viene raffreddata per mezzo di una ventola montata sull'albero di acciaio, e protetta da una griglia di protezione. Il bilanciamento dinamico di tutto il rotore viene effettuato durante il processo di assemblaggio per assicurare che le vibrazioni siano contenute entro i limiti stabiliti dalla norma BS4999 parte 142. Tipo di accoppiamento: accoppiamento diretto per mezzo di adattatore SAE (Statore) e dischi flessibili con rotore monosupporto. Dovrà avere carcassa in acciaio e scudi in ghisa.

8.19.11 ISOLAMENTO E IMPREGNAZIONI

Classe di isolamento H. Tutti gli avvolgimenti sono impregnati con resine epossidiche tropicalizzate per mezzo di immersione e gocciolamento, ciò implica materiali e processi studiati appositamente per conferire elevati standard costruttivi richiesti per gli avvolgimenti statorici e elevata resistenza meccanica per i componenti rotanti. Tutti i componenti in alta tensione (come gli statori) vengono trattati sottovuoto.

8.19.12 SISTEMA DI REGOLAZIONE ELETTRONICA

Il regolatore automatico di tensione (AVR) preleva l'energia necessaria per l'eccitazione del campo eccitatore, dallo statore principale. L'AVR controlla il livello di eccitazione fornito al campo eccitatore, e reagisce al segnale sensibile di tensione proveniente dall'avvolgimento dello statore primario. Controllando la bassa potenza del campo eccitatore, la regolazione della domanda di alta potenza del campo primario avviene attraverso l'uscita raddrizzata dell'indotto eccitatrice.

In questo modo mantiene la tensione di uscita stabile indipendentemente dal carico, dal numero di giri e dal fattore di potenza. L'AVR rileva la tensione media su una fase, assicurando un'accurata regolazione. Inoltre, esso rileva il regime del motore e produce una riduzione di tensione secondo la velocità, al di sotto di un valore prefissato (Hz), impedendo una sovraeccitazione ai bassi regimi di funzionamento e alleviando l'effetto di presa del carico sul motore.

8.19.13 QUADRO DI CONTROLLO MANUALE/AUTOMATICO

Il quadro di controllo elettrico dovrà essere fornito con il gruppo elettrogeno assemblato in una carpenteria in lamiera, fabbricata e trattata con un rivestimento epossidico ad elevata resistenza.

Sia la parte di potenza che quella di controllo sono forniti nella stessa carpenteria, installata sul basamento (versione aperta o cofanata). Il quadro di controllo è allestito con un compatto dispositivo di controllo e comando con microprocessore che permette l'utilizzo sia in configurazione di funzionamento manuale che automatica. È fissata al pannello frontale del quadro. Il controllo e comando permette al gruppo elettrogeno di funzionare automaticamente in emergenza alla rete per mezzo di un quadro separato per la commutazione del carico. Selezionando l'apposito selettore sulla giu-



sta posizione, il gruppo elettrogeno si avvia automaticamente quando la tensione di rete fuoriesce dai limiti preimpostati; la commutazione del carico dal gruppo elettrogeno alla rete ha luogo una volta che la rete rientra dentro i limiti impostati.

8.19.14 CARICA BATTERIE AUTOMATICO

Blocco unico completo di trasformatore e della parte di controllo per la modulazione della carica e la visualizzazione (led) dello stato di carica. È provvisto di due modi di funzionamento: Soft Start (corrente variabile) e caricamento veloce (Corrente costante). La modalità di caricamento veloce viene automaticamente attivata quando la tensione della batteria si abbassa al disotto dei livelli specificati, e automaticamente una volta terminata la fase di carica veloce si riporta nella modalità di carica costante.

Caratteristiche principali:

- tensione di ingresso 230V-400V AC 15% 50Hz-60Hz;
- tensione nominale batteria 12VDC-24VDC;
- tolleranza di regolazione $\pm 1\%$;
- corrente in uscita Da 0 fino alla corrente nominale;
- corrente nominale 1,5 A;
- temperatura di funzionamento -10°C / $+60^{\circ}\text{C}$ (con appropriata ventilazione);
- valore di carica in automatico (at 25°C) 2,25V;
- massimo valore di carica (at 25°C) 2,33V;

Sulla parte frontale del carica batterie si trovano i seguenti LED per la segnalazione dei parametri di: batteria insufficiente, carica a fondo, carica automatica, corrente limite, carica batterie in funzione.

8.19.15 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DELLA CENTRALINA (CON TUTTE LE OPZIONI)

L'unità di controllo avvia automaticamente il Gruppo Elettrogeno, quando tutte le condizioni sono rispettate, chiude il Gruppo Elettrogeno, e di seguito ferma il motore da segnale esterno oppure dalla pressione del pulsante a fungo. L'unità di controllo fornisce supporto al carburante (gas) del motore senza ventilazione.

8.19.16 COMANDI E CONTROLLI

Il quadro sarà completo di:



1. indicatori luminosi per la segnalazione di minima pressione olio, massima temperatura motore, minimo livello combustibile, sovravelocità sovraccarico del generatore, mancato avviamento, inserzione scaldiglie preriscaldamento olio e massima temperatura acqua (per i gruppi con questo fluido di raffreddamento);
2. strumenti indicatori per la misura della corrente erogata, della tensione fase-fase sia lato rete che lato gruppo, della frequenza in uscita dal generatore;
3. un gruppo di misura di energia costituito da contatori muniti di regolare certificato di taratura;
4. contatore di funzionamento del gruppo;
5. un segnalatore acustico;
6. un predispositore per il comando manuale della commutazione rete-gruppo;
7. un pulsante per l'arresto d'emergenza;
8. un pulsante di tacitazione dell'allarme acustico;
9. interruttori automatici magnetotermici per la protezione delle linee, alternatore, carica batterie, scaldiglie ed un interruttore sulla linea entrante per alimentazione ausiliari (scaldiglie, carica batterie, ecc.);
10. fusibili per la protezione dei circuiti ausiliari e di misura voltmetrici;
11. relè ed apparecchi per l'avviamento e l'arresto del gruppo, nonché per il comando della commutazione completamente automatici;
12. morsettiera per l'attestazione delle linee in arrivo e tutti gli accessori necessari per il perfetto funzionamento.

Il quadro elettrico dovrà avere le seguenti funzioni:

- arresto d'emergenza a distanza con interruzione di tutte le alimentazioni, secondo Circolare n. 31 MI.SA. del 31.08.78;
- allarme cumulativo generale da riportare a distanza (contatto pulito);
- segnalazione gruppo in moto o fermo da riportare a distanza (segnali positivi);
- telecommutazione pilota con contatti puliti 10 A riportati in morsettiera per il comando della telecommutazione di potenza in quanto questa è montata a parte su altri quadri.



8.19.17 QUADRO DI POTENZA CON INTERRUTTORE MAGNETO TERMICO E COMMUTAZIONE RE-TE-GRUPPO

Dovrà essere installato nella stessa carpenteria del quadro di controllo e montato sul basamento.

Protegge il generatore contro i sovraccarichi (Protezione termica) e cortocircuiti (Protezione magnetica).

8.20 CISTERNA METALLICA PER STOCCAGGIO GASOLIO

Oltre il serbatoio a bordo del gruppo elettrogeno, ove necessario, si deve prevedere un ulteriore cisterna di accumulo carburante prefabbricata interrata secondo le specifiche disposizioni di prevenzione incendi.

Il serbatoio di accumulo interrato a servizio del gruppo elettrogeno interrato può essere di due tipi:

- A doppia parete e con sistema di monitoraggio in continuo;
- A parete singola.

Nel caso di serbatoi a doppia parete, le pareti possono essere:

- Entrambe metalliche, con la parete esterna rivestita di materiale anticorrosione;
- La parete interna metallica e la parete esterna in altro materiale non metallico, purché idoneo a garantire la tenuta dell'intercapedine tra le pareti;
- Entrambe in materiali non metallici, resistenti a sollecitazioni metalliche ed alle corrosioni;
- La parete interna in materiale non metallico ed quella esterna in metallo, rivestita in materiale anticorrosione;

Nel caso di serbatoi a parete singola, la parete deve essere in materiale metallico o in materiale plastico all'interno di una cassa di contenimento in calcestruzzo, rivestita internamente con materiale impermeabile e con monitoraggio in continuo delle perdite. La cassa di contenimento può contenere uno o più serbatoi senza setti di separazione tra gli stessi, compatibilmente con le norme di sicurezza e antincendio dei VVFF. Le tubazioni di connessione possono essere di materiale non metallico.

I requisiti tecnici per la costruzione, la posa in opera e l'esercizio dei serbatoi, sia fuori terra che interrati, devono essere conformi alle leggi, ai regolamenti ed alle disposizioni vigenti in materia. I serbatoi devono presentare idonea protezione contro la corrosione e devono essere muniti di:

- Tubo di carico fissato stabilmente al serbatoio ed avente l'estremità libera, a chiusura ermetica, posta in chiusino interrato o in una nicchia nel muro dell'edificio e comunque ubicato



in modo da evitare che il combustibile, in caso di spargimento, invada locali o zone sottostanti;

- Tubo di sfiato dei vapori avente diametro interno pari alla metà del diametro del tubo di carico e comunque non inferiore a 25 mm, sfociante all'esterno delle costruzioni ad un'altezza non inferiore a 2,5 m dal piano praticabile esterno ed a distanza non inferiore a 1,5 m da finestre e porte; l'estremità del tubo deve essere protetta con sistema antifiamma;
- Dispositivo di sovrappieno atto ad interrompere, in fase di carico, il flusso del combustibile quando si raggiunge il 90% della capacità geometrica del serbatoio;
- Idonea messa a terra;
- Targa di identificazione inamovibile e visibile anche a serbatoio interrato indicante: il nome e l'indirizzo del costruttore, l'anno di costruzione, la capacità, il materiale e lo spessore del serbatoio.

Nel caso di utilizzazione di serbatoio di deposito, a quota uguale o inferiore a quella del gruppo e/o unità di cogenerazione, i serbatoi incorporati o di servizio devono essere muniti di una tubazione di scarico del troppo pieno nel serbatoio di deposito. Tale condotta deve essere priva di valvole o di saracinesche di qualsiasi genere e non presentare impedimenti al naturale deflusso verso il serbatoio di deposito. Nel caso di utilizzazione del serbatoio di deposito a quota superiore a quella del gruppo e/o dell'unità di cogenerazione, l'alimentazione può avvenire per gravità, purché la tubazione di adduzione sia intercettata da due dispositivi di sicurezza che intervengono automaticamente quando il livello del combustibile nei suddetti serbatoi supera quello massimo consentito:

- a) dispositivo di arresto delle pompe di alimentazione;
- b) dispositivo di intercettazione del flusso;
- c) dispositivo di allarme ottico e acustico.

Il pozzetto della cisterna deve essere ispezionabile ed il coperchio chiuso a chiave con apposito lucchetto. Nel caso in cui il serbatoio venga installato sul piazzale di cabina, esso non deve essere recintato ma soltanto segnalato con una delimitazione perimetrale di paletti e catene di colore bianco e rosso. Viceversa, se posizionato al di fuori del piazzale di cabina, si dovrà provvedere alla recinzione dell'area con apposita rete metallica.

8.21 GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ PER IMPIANTI DI GALLERIA

E' prevista l'installazione di gruppi di continuità in grado di garantire un'alimentazione di riserva che sopperisca alla mancanza dell'alimentazione normale senza alcuna interruzione (no break) per un tempo minimo di almeno 30 minuti. E' necessario prevedere un gruppo statico di continuità per



gallerie di qualsiasi lunghezza. In particolar modo, per gallerie di lunghezza inferiore ai 500 metri si provvederà all'installazione del solo UPS, per gallerie la cui lunghezza supera i 500 metri il gruppo di alimentazione secondaria sarà costituito dall'accoppiamento UPS-gruppo elettrogeno. Fanno parte dei circuiti di sicurezza quelli destinati a garantire la continuità dell'alimentazione dei seguenti impianti, ove previsti:

- Illuminazione di emergenza;
- Sistemi di videosorveglianza;
- Sistemi di rivelazione incendio;
- Sistemi antincendio;
- Sistemi di supervisione e controllo;
- Sistemi di comunicazione;
- Stazioni di emergenza;
- Sistemi di alimentazione by-pass;
- Sistemi semaforici e pannelli a messaggio variabile;
- Sistemi e dotazioni impiantistiche asservite all'impianto di raccolta dei liquidi infiammabili ed inquinanti.

Il gruppo UPS deve essere del tipo statico on-line (carico alimentato dall'inverter sia in condizioni ordinarie che all'insorgere di interruzioni di alimentazione da rete o "buchi di tensione") completo di convertitore AC/DC (raddrizzatore), accumulatori, convertitore DC/AC (inverter) e commutatore statico. La potenza dell'UPS deve essere pari alla massima potenza che il carico alimentato può richiedere in regime permanente maggiorata del 10-15% per futuri ampliamenti ed approssimata per eccesso alla più prossima potenza commerciale. Per l'UPS (monofase-monofase) la linea di alimentazione deve essere dimensionata per $1,5 I_n$ (I_n = corrente nominale in uscita all'UPS). Per l'UPS (trifase-trifase, trifase-monofase) la linea di alimentazione deve essere dimensionata per $1,1 I_n$ (I_n = corrente nominale in uscita all'UPS). L'energia erogata dall'UPS deve essere fornita da una batteria di accumulatori mantenuta in continua carica dalla rete. Gli accumulatori devono essere del tipo a ricombinazione di gas (accumulatori ermetici) e pertanto completamente chiusi salvo la valvola di sfogo. La capacità degli accumulatori deve garantire un'autonomia dell'alimentazione alla potenza nominale dell'UPS per un tempo adeguato e nel caso specifico per almeno 1 ora. Deve essere predisposto (se non incorporato nell'UPS) un circuito di by-pass ad azionamento manuale per permettere in caso di avaria o di interventi di manutenzione, di alimentare il carico in modo indipendente dall'UPS. Il commutatore statico e la serie raddrizzatore/carica batteria/Inverter saranno alimentati da un unico arrivo da rete. La protezione contro i contatti indiretti dei circuiti a valle dell'UPS deve essere garantita da opportuno interruttore differenziale installato immediatamente a monte dello stesso. Tale interruttore differenziale deve essere di tipo B (sensibile anche a correnti di guasto uni-



direzionali) e deve avere corrente differenziale di intervento compatibile con la corrente di dispersione dei filtri in ingresso all'UPS.

Il gruppo statico dovrà consentire l'alimentazione per tutti quei "carichi critici" che necessitano un'autonomia della rete in caso di interruzione della stessa. Dovrà inoltre garantire:

- Isolamento galvanico tra utenze e rete;
- Continuità assoluta di alimentazione, anche in mancanza di fornitura da parte dell'Ente Erogatore;
- Completa eliminazione delle perturbazioni di rete quali micro-interruzioni e fluttuazioni di tensione e frequenza;
- Elevata qualità della forma d'onda della corrente erogata.

Sarà costituito dalle seguenti sezioni:

- La sezione raddrizzatore dovrà provvedere alla trasformazione della tensione di rete in tensione continua stabilizzata necessaria all'alimentazione dell'inverter stesso, nonché alla carica e al mantenimento in carica della batteria collegata in tampone. La sezione inverter trasformerà la tensione continua fornita dalla "sezione raddrizzatore" (o dalla batteria) in una tensione alternata sinusoidale stabilizzata in ampiezza e frequenza. La sezione commutazione automatica avrà il compito di commutare istantaneamente e senza interruzione l'alimentazione del carico dell'inverter nel caso di avaria che precluda la continuità di servizio o in caso di sovraccarichi, per cause esterne, oltre i limiti cui l'apparecchiatura è in grado di sopportare. La sezione batterie di accumulatori soddisferà alle prescrizioni esposte in altro capitolo.

Il gruppo di continuità statico dovrà essere del tipo a diodi controllati. Il raddrizzatore carica batteria dovrà essere costituito principalmente da un circuito di potenza e da un circuito elettronico di comando e controllo. Per il circuito di potenza in particolare sarà previsto un interruttore automatico di protezione in ingresso, un ponte raddrizzatore interamente controllato a tiristori, un filtro induttanza-capacità dimensionato in modo tale da garantire alla batteria una corrente armonica trascurabile rispetto alla corrente di mantenimento. In particolare quando la rete rientra nei limiti il raddrizzatore carica batteria fornirà di nuovo l'energia necessaria all'utilizzazione e contemporaneamente alla ricarica della batteria. Il passaggio batteria-raddrizzatore carica-batteria dovrà avvenire senza perturbazioni sull'utilizzazione. La durata del ciclo di carica, che inizierà automaticamente nel caso di una mancanza di rete, potrà essere regolata da un dispositivo a tempo. Il ciclo di carica della batteria comprenderà due momenti:



- Durante il primo, la carica della batteria di accumulatori sarà effettuata a corrente costante limitata. La tensione continua, aumenterà man mano che aumenterà la carica della batteria per raggiungere alla fine di questo periodo 2,25V (tensione di carica);
- Durante il secondo, la carica della batteria di accumulatori avverrà a tensione costante 2,25 V. La corrente di carica diminuirà continuamente per raggiungere alla fine del periodo il valore della corrente di conservazione. Il ciclo continuerà per il periodo di funzionamento normale, al termine del quale la tensione viene portata a 2,2 V.

Un circuito elettronico di comando e controllo provvederà alle funzioni per la "regolazione di tensione", la "limitazione di corrente", la "sorveglianza di tensione alta" ed la "rampa di accensione". La "regolazione di tensione" invierà i segnali di accensione dei tiristori, tenendo permanentemente costante la tensione ai capi della batteria in modo che in regime normale, funzioni l'alimentazione statica mentre in regime di messa in servizio o di manutenzione funzioni la tensione di equalizzazione (l'invertitore dovrà essere spento). Per la "limitazione di corrente" si dovrà agire quando la corrente di carica tende ad oltrepassare il valore "corrente di carica massima". Per la "sorveglianza di tensione alta" si dovrà provocare l'arresto del raddrizzatore carica batteria nel caso in cui la tensione erogata raggiunga la soglia di "tensione massima". Tale funzione proteggerà la batteria evitando l'ebollizione dell'elettrolito. Per la "rampa di accensione" questa limiterà la corrente di spunto all'accensione del raddrizzatore carica batteria, imponendo un aumento graduale della tensione continua. La batteria sarà di un tipo stazionario al piombo e sarà montata su una pedana isolante, per rendere la sua installazione conforme alle norme CEI, e dovrà garantire l'erogazione per almeno 30 minuti alla massima potenza.

L'invertitore sarà costituito essenzialmente dai seguenti circuiti principali:

- Circuito di potenza;
- Circuito elettronico di comando e controllo;
- Circuito di misura e di segnalazione.

Il primo dovrà essere composto principalmente da un filtro d'ingresso (condensatori), da ponti mutatori a sfasamento regolabile, da trasformatore di accoppiamento delle tensioni erogate dai ponti mutatori, da un filtro di uscita e da un interruttore di uscita ultrarapido. Il secondo avrà una funzione "regolazione di fase" che ha lo scopo di mantenere la tensione dell'invertitore in fase con la tensione della rete quando questa è nei limiti delle tolleranze ammesse. Una funzione "regolazione dell'ampiezza della tensione" manterrà il valore efficace fondamentale della tensione dell'invertitore uguale alla tensione nominale. Una funzione "distribuzione" che permetterà l'accensione ciclica dei tiristori. Una funzione "tensione di batteria bassa" che dovrà provocare l'arresto dell'invertitore qualora il valore minimo della tensione continua in ingresso raggiunga la soglia della "tensione minima" (1,65V per batteria al piombo), al fine di proteggere la batteria evitando ogni scarica prolungata anormale. Una funzione "logica di comando" che invierà i segnali di comando ai componenti dei



by-pass statici (contattore elettromeccanico - diodi controllati) al fine di permettere il passaggio dell'alimentazione da invertitore a rete e viceversa ove necessario (avaria invertitore, sovraccarico, ecc.). Il terzo sarà realizzato essenzialmente da un sistema visivo ottico-luminoso situato sulla parete frontale dell'armadio e da un sistema di comando interno dell'apparecchiatura e comunque dotato di tutte quelle apparecchiature necessarie che permetteranno in ogni istante di avere una chiara e precisa visualizzazione dello stato di funzionamento di tutto il complesso di dispositivi.

Dovrà essere il complesso di dispositivi che permetteranno di utilizzare direttamente la rete di alimentazione finché le caratteristiche di tensione e frequenza di questa siano compatibili con l'utilizzatore, ma anche di disinserire l'inverter, nel caso di avaria causa forti correnti di spunto o per manutenzione. Sarà composto da una parte automatica e da una manuale. Quella automatica costituita da un circuito elettronico di comando e controllo assolverà le funzioni di invio segnali di riferimento, del controllo della tensione di rete onde evitare la commutazione se non sono verificate le condizioni d'intensità di fase e tensione nei limiti, comando dei tiristori e relativa chiusura del contattore elettromeccanico ove ricorrono le condizioni dei by-pass. Quella manuale si compone di un complesso di sezionatori, interruttori, ecc., che nel caso di manutenzione generale, consentirà l'alimentazione dell'utilizzatore senza perturbazioni. Gli organi di comando dovranno essere identificati chiaramente e accessibili con la massima sicurezza nonché permettere la prova del gruppo dopo una eventuale messa a punto. L'apparecchiatura dovrà comunque avere componenti conformi alle norme di costruzione e alle raccomandazioni CEI in vigore. Gli stessi saranno abbondantemente sovradimensionati per ottenere una grande affidabilità. Gli armadi saranno in lamiera di acciaio pressopiegata, saldata e verniciata a fuoco previo trattamento antiruggine. I sotto sistemi funzionali saranno realizzati a blocchi modulari al fine di permettere la massima accessibilità nel caso di guasti o durante le operazioni di manutenzione. Le logiche di comando saranno a tecnologia avanzata realizzate su schede modulari estraibili; i sistemi di comando e controllo saranno dotati di autodiagnosi al fine di individuare, per ogni singola apparecchiatura o unità modulare, gli eventuali guasti e la relativa topografia, intervenendo automaticamente per disinserire l'apparecchiatura in avaria senza pregiudicare il regolare funzionamento del sistema di alimentazione. Le principali segnalazioni saranno doppiate con contatti liberi e disponibili su una morsettiera per un eventuale riporto a distanza. I trasformatori di potenza e le induttanze di uscita dovranno essere posti su supporti antivibranti in modo da limitare le vibrazioni e quindi il rumore prodotto dal gruppo stesso. Per quanto riguarda la compensazione dovuta alla caduta di tensione introdotta dai cavi di collegamento, l'inverter dovrà essere equipaggiato da un regolatore di tensione che consenta di operare sull'invertitore per compensare tale caduta, innalzando la propria tensione di uscita in funzione della corrente erogata. L'inverter dovrà essere dimensionato infine in modo da poter essere sovraccaricato, quando le necessità lo richiedano. Ovviamente le situazioni in cui l'inverter sarà sovraccaricato sono da considerarsi anomale e pertanto dovranno essere limitate nel tempo. Le condizioni anomale che invece fossero continue potrebbero portare l'inverter a lavorare fuori dei suoi limiti, esponendolo a possibili danneggiamenti pertanto sarà provvisto di un dispositivo che, nel caso si ecceda nelle



condizioni di sovraccarico, provveda a disconnetterlo automaticamente. Infine l'inverter dovrà essere progettato e dimensionato per sopportare senza danno anche un cortocircuito permanente.

Caratteristiche principali:

- $\text{Cos}\phi$: 0,8;
- Tensione di ingresso 380 Vac +/-15%;
- Tensione di uscita: 380 Vac +/- 1,5%;
- V in regime statico e dinamico: $\pm 3,5\%$;
- Frequenza di ingresso: 50Hz $\pm 5\%$;
- Frequenza di uscita: 50Hz $\pm 0,5\%$;
- Distorsione max armonica: < 3%;
- Autonomia in caso mancanza rete almeno 30 minuti.

Gli elementi costituenti la batteria saranno di tipo ermetico in vaso chiuso conforme alle Norme CEI 21-6/74 fasc. 361 e provvisti di contrassegno relativo.

Dovranno essere classificati come Accumulatori senza manutenzione, essere a bassissima auto-scarica, ed essere esenti da presenza di antimONIO. Tale sostanza presente in concentrazione minima, grazie alla caratteristica costruttiva degli elementi, consentirà una riduzione della corrente assorbita in carica e quella che provoca l'elettrolisi dell'acqua. I contenitori saranno sempre in materiale plastico acrilanitrilico trasparente traslucido chiusi in modo ermetico da un coperchio dello stesso materiale. Ciascun elemento dovrà essere numerato in modo progressivo.

Le piastre che compongono l'elemento saranno così composte:

- Quelle positive avranno una struttura tubolare conduttrice, ottenuta per pressofusione in lega leggera e priva di antimONIO;
- Quelle negative saranno di materiale attivo riportato su griglia. Anche per queste varrà il criterio costruttivo di bassa percentuale di antimONIO.

L'isolamento interno dovrà essere assicurato da un reticolo di tubetti contenenti la materia attiva positiva, con frapposto un separatore microscopico.

I cavi per il collegamento con gli utilizzatori o con il carica batterie dei poli positivo/negativo della batteria saranno in corda di rame stagnato rigido o flessibile munito alle estremità di capicorda in rame o ottone stagnato di tipo ad occhiello fissato per compressione.



I capicorda saranno rivestiti da una guaina termo-restringente fino a ricoprire anche parte dell'isolante del cavo. La connessione al polo sarà protetta con una calotta isolante o con altro sistema equivalente atto ad impedire la possibilità di toccare contemporaneamente le due polarità.

I conduttori saranno posti entro tubazioni in PVC rigido di tipo filettabile ancorate alle pareti o ad altre strutture fisse del locale.

I tratti terminali delle tubazioni saranno di tipo flessibile collegate a quelle rigide mediante adatto raccordo. Il collegamento fra i poli dei vari elementi sarà ottenuto con tratti di sbarra in rame protetta con piombatura e rivestita da una guaina isolante in materiale autoestinguente. La connessione a ciascun polo sarà effettuata mediante bulloni in acciaio inossidabile. I poli, le parti terminali delle sbarre di collegamento ed i bulloni di fissaggio, saranno protetti, se previsto dalle prescrizioni di manutenzione, con un velo di vaselina. Su ciascun polo sarà posta una calotta in materiale isolante di forma e dimensioni tali da racchiudere, oltre al polo ed al bullone anche parte della guaina isolante che riveste la sbarra di collegamento; ciò affinché non sia possibile il contatto accidentale con parti conduttrici sia sui collegamenti intermedi che su quelli terminali della batteria. Connessioni fra gli elementi delle batterie con tratti di sbarra in acciaio inossidabile o nichelato. La protezione contro i contatti accidentali con i poli o con le connessioni sarà attenuata mediante calotte di copertura in materiale isolante fissate a scatto su più poli.

8.22 GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ PER LOCALE TECNICO DI CABINA

Si deve prevedere un UPS dedicato alla continuità delle apparecchiature sensibili ubicate nel locale tecnico della cabina principale quali:

- PC SCADA per supervisione e controllo;
- Server impianto di videosorveglianza;
- Armadio apparati nodo di rete.

Il Gruppo Statico di Continuità deve essere del tipo monofase a doppia conversione con tecnologia a microprocessore, della potenza di 1000VA/900W con commutazione PWM - sinusoidale, atto ad alimentare utenze privilegiate, sia in presenza che in assenza della rete di alimentazione, alla tensione di 230 V - 50 Hz. Autonomia 45 minuti con aggiunta di box batterie. L'UPS deve essere completo di batteria di accumulatori al piombo ermetico, esente da esalazioni e manutenzione, atta a conferire un'autonomia di 45 minuti primi alla metà del carico. L'UPS deve avere le seguenti caratteristiche:

- Tecnologia ON-LINE doppia conversione (VFI secondo normativa EN62040-3);
- Forma d'onda di uscita sinusoidale a bassa distorsione;
- Controllo a microprocessore;



9 SISTEMI ANTIFURTO

9.1 PREMESSA

Per gli impianti di galleria possono essere individuate due aree di intervento:

- *Area esterna alla galleria* (cabina elettrica, tratto cabina-imbocco galleria, serbatoio gasolio, riserva idrica antincendio);
- *Area interna alla galleria* (passerelle metalliche e cavidotti sotto marciapiede o profilo redirettivo).

Per quanto concerne l'area *esterna* alla galleria si metteranno in opera interventi dissuasivi e di protezione quali:

- Impianto di videosorveglianza (per monitoraggio piazzale, serbatoio gasolio e riserva idrica antincendio);
- Sistema anti-effrazione dei pozzetti mediante il riempimento degli stessi con strato di sabbia e calcestruzzo, previa iniezione di malte cementizie entro i cavidotti;
- Impianto antintrusione per controllo accessi di cabina e locali tecnologici;
- Sistema di antifurto elettronico dei cavi mediante una centralina da installare in ogni singolo quadro elettrico.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione di Appalto
IT.PRL.05.27- Rev. 1.0
Impianti Tecnologici in galleria – Nuove opere/Man. Straordinaria

22 CAVI E CONDUTTORI

22.1 GENERALITÀ

Le presenti specifiche sono riferite sia ai cavi previsti dal progetto dei singoli contratti applicativi che a quelli eventualmente proposti in fase di esecuzione dei lavori.

Sono ammessi conduttori di primaria marca e dotati di Marchio Italiano di Qualità (o marchio equivalente) e rispondenti alla Normativa specifica vigente (CEI ed UNEL)



Per quanto concerne il colore dell'isolamento dei conduttori si fa riferimento alla tabella UNEL 00722. Più precisamente:

Fase R: nero

Fase S: grigio

Fase T: marrone

Neutro: azzurro

Terra : giallo-verde

L'azzurro ed il giallo-verde non potranno essere utilizzati per altri servizi nemmeno per gli impianti ausiliari.

Eventuali circuiti SELV dovranno avere colore diverso dagli altri circuiti.

I cavi per energia devono avere conduttore in rame con sezione non inferiore a:

1,5mmq per circuiti luce

2,5mmq per circuiti FM

L'isolamento dovrà essere idoneo alle condizioni di posa.

A seconda delle applicazioni, i cavi possono essere scelti tra i seguenti (tutti non propaganti la fiamma):

Senza guaina: N07V-K 450/750 V, N07G9-K 450/750 V

Con guaina: FROR 450/750V, FG7(O)R 0,6/1kV, FG7R 0,6/1kV, FG7(O)M1 0,6/1kV, FG7M1 0,6/1kV, FG10(O)M1 0,6/1kV, FG10M1 0,6/1kV, FTG10(O)M1 0,6/1kV, FTG10M1 0,6/1kV.

I cavi per i circuiti di comando e segnalazione devono avere conduttore in rame con sezione non inferiore a 0.5mmq e isolamento idoneo alle condizioni di posa. A seconda dei casi, oltre che fra i cavi per energia, i cavi per i circuiti di comando e segnalazione possono essere scelti tra i seguenti (tutti non propaganti la fiamma):

Senza guaina: H05V-K 300/500V

Con guaina: FROR 300/500V, LSZH M1 300/500V.

Per alcune applicazioni speciali (ad esempio circuiti di sicurezza) si prescrive l'utilizzo di cavo con guaina resistente al fuoco tipo FTG10(O)M1 0,6/1kV, FTG10M1 0,6/1kV.

Infine è ammesso l'uso di condotti sbarre (compatte o ventilate) qualora sussistano validi motivi tecnico-economici che ne fanno preferire l'uso al posto dei cavi tradizionali.



I conduttori ed i cavi vengono posti in opera possibilmente in un solo pezzo; eventuali giunzioni sono ammesse in cassette isolate dotate di morsetti a fissa e autorizzate dalla D.L. per pezzature fuori norma.

Per le linee composte da corde unipolari si prescrive che tutti i conduttori, che compongono ogni singola linea, siano graffiati fra loro e riconosciuti con apposita targhetta indicatrice.

Tutti i cavi devono essere isolati per la tensione massima tra i conduttori posati nello stesso tubo o canale. Le sezioni dei conduttori devono essere commisurate alle correnti di impiego e alla corrente nominale delle protezioni in modo che ne sia garantita la protezione contro i sovraccarichi ed i cortocircuiti nelle reali condizioni di posa (al più può essere omessa la protezione contro i sovraccarichi nei circuiti di alimentazione impianti di illuminazione anche se sempre auspicata). Le sezioni dei conduttori inoltre devono garantire che le massime cadute di tensione tra l'origine dell'impianto e qualsiasi punto dell'impianto stesso non superino il 4%. I cavi interrati direttamente o posati in tubo protettivo non idoneo a proteggerli meccanicamente devono essere posati ad almeno 0.5 m di profondità e devono essere protetti con apposita lastra o tegolo. Non è prescritta alcuna profondità minima di installazione se il cavo risulta protetto meccanicamente nei confronti degli usuali attrezzi manuali di scavo da tubi metallici, condotti o cunicoli. Le tubazioni interrate devono far capo a pozzetti di ispezione di adeguate dimensioni dotate di robusti chiusini specie per le aree carrabili. Sulle passerelle possono essere posati solamente cavi con guaina. Le condutture relative a impianti speciali di comunicazione e di sicurezza (quali impianti telefonici, TVCC, circuiti SELV o PELV, rivelazione incendi, antintrusione, ecc.) vanno tenute tra loro distinte. Le condutture non devono essere posate in prossimità di tubazioni che producano calore, fumi o vapori. Ogni conduttura, nell'attraversare pareti o solai di compartimentazione al fuoco non deve modificarne le caratteristiche in termini di REI.

Il tipo di cavo nonché la sua formazione saranno definite negli altri documenti di progetto dei singoli contratti applicativi (in particolare si vedano gli schemi elettrici unifilari dei quadri di media e bassa tensione).

22.2 CONDUTTORI DI TERRA

Per linee di alimentazione degli utilizzatori in campo è prevista un'unica dorsale del conduttore di protezione corrente entro entrambi i cavidotti, sia dal lato corsia di sorpasso che corsia di emergenza di ciascun fornice. Tale dorsale è richiusa ad anello in cabina elettrica e collegata al sistema di dispersione generale.

Ogni circuito di alimentazione terminale (alimentazione dei ventilatori, segnaletica luminosa, ecc.) prevede una derivazione, normalmente in cavo N07V-K, FG10M1, FG10(O)M1, FTG10M1, FTG10(O)M1 di idonea sezione, da tale dorsale in prossimità della interruzione dei cavidotti presso le risalite dei cavi nella crena a parete in galleria. La giunzione deve essere realizzata in modo tale



da garantire la continuità metallica della dorsale principale che non deve mai essere interrotta ed evitare fenomeni di ossidazione che ne pregiudichino il corretto funzionamento.

Per le linee di alimentazione dei quadri elettrici, siano essi collocati in cabina o in galleria, ogni singola linea è provvista di conduttore di protezione, di idonea sezione direttamente connesso all'impianto di terra di cabina.

22.3 CAVI TIPO FG10(O)M1 0.6/1KV E FG10M1 0.6/1KV – CEI 20-13

Saranno conformi costruttivamente alle norme del comitato CEI 20 applicabili e provvisti di Marchio Italiano di Qualità (IMQ).

Trattasi di cavi a bassissima emissione di fumi opachi e gas tossici secondo la Norma CEI 20-37.

Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: il conduttore (da 1÷4) sarà formato da corde rigide(R) o da filo flessibile(F) stagnato

ISOLANTE: per l'isolamento delle singole anime sarà impiegata una composizione a base di gomma di qualità G10. Avrà elevata resistenza all'invecchiamento termico, al fenomeno delle scariche parziali e all'Azoto che consentirà maggior temperatura di esercizio dei conduttori

ISOLAMENTO INTERMEDIO: sull'insieme delle anime dei cavi multipolari, sarà predisposto un riempitivo in gomma ad alta autoestinguenza.

DISTINZIONE DEI CAVI A PIÙ ANIME: la distinzione delle anime dovrà essere eseguita secondo le tabelle UNEL 00722-78 per cavi di tipo "5" (senza conduttore di protezione) e così suddivisa:

- Bipolari: blu chiaro, nero
- Tripolari: blu chiaro, nero, marrone
- Quadripolari: blu chiaro, nero, marrone, nero (per questa formazione si dovrà provvedere a distinguere una delle due anime nere con nastratura di diverso colore)
- Unipolari: nero (ogni singola anima dovrà essere distinta con nastratura di differente colore come per la formazione quadripolare)

PROTEZIONE ESTERNA: la guaina protettiva esterna sarà costituita da materiale termoplastico qualità M1 colore verde

INSTALLAZIONE: per quanto concerne il tipo di posa, raggi di curvatura, temperatura di posa, ecc., si dovranno seguire scrupolosamente le prescrizioni imposte dalle normative che ne regolano la materia, nonché le raccomandazioni da parte delle Case Costruttrici. L'attestazione ai poli delle apparecchiature di sezionamento o interruzione sarà effettuata a mezzo capicorda a pinzare con pinzatrice idraulica in modo che il contatto tra conduttore e capicorda sia il più sicuro possibile

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:



F	= corda flessibile
G10	= tipo di materiale isolante
O	= formazione multipolare-anime cordate
M1	= materiale isolante guaina esterna qualità M1
0.6/1kV	= tensione nominale $V_0/V = 0.6/1kV$

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta della S.A. o della D.L.

22.4 CAVI RESISTENTI AL FUOCO TIPO FTG10(O)M1 0.6/1 KV E FTG10M1 0.6/1KV– CEI 20-45 (RF31-22)

Saranno conformi costruttivamente alle norme del comitato CEI 20 applicabili.

Trattasi di cavi resistenti al fuoco, secondo la Norma CEI 20-36, e a bassissima emissione di fumi opachi e gas tossici secondo la Norma CEI 20-37.

Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: il conduttore (1÷4) sarà formato da corde rigide o da fili di rame con sezione e resistenza Ohmica secondo le prescrizioni CEI

ISOLANTE: per l'isolamento delle singole anime sarà impiegata una composizione base di silicone calzavetro ad elevate caratteristiche meccaniche ed elettriche. Avrà elevata resistenza all'invecchiamento termico al fenomeno delle scariche parziali e all'Azoto che consentirà una maggior temperatura di esercizio dei conduttori

ISOLAMENTO INTERMEDIO: sull'insieme delle anime dei cavi multipolari, sarà predisposto un riempitivo in fibra di vetro; il tutto contenuto con nastratura in vetro

DISTINZIONE DEI CAVI A PIÙ ANIME: la distinzione delle anime dovrà essere eseguita secondo le tabelle UNEL 00722-78 per cavi di tipo "5" senza conduttore di protezione e così suddivise:

- Bipolari: blu chiaro, nero
- Tripolari: blu chiaro, nero, marrone
- Quadripolari: blu chiaro, nero, marrone, nero (per questa formazione si dovrà provvedere a distinguere una delle due anime nere con nastratura di diverso colore)
- Unipolari: nero (ogni singola anima dovrà essere distinta con nastratura di differente colore come per la formazione quadripolare)



PROTEZIONE ESTERNA: la guaina protettiva esterna sarà costituita da uno speciale elastomero termoplastico di qualità M1 o reticolato M2 del tipo non propagante l'incendio e a bassa emissione di gas corrosivi, nonché ridotta emissione di gas tossici e fumi opachi come da norme CEI

INSTALLAZIONE: per quanto concerne il tipo di posa, raggi di curvatura, temperatura di posa, ecc., si dovranno seguire scrupolosamente le prescrizioni imposte dalle normative che ne regolano la materia, nonché le raccomandazioni da parte delle Case Costruttrici. L'attestazione ai poli delle apparecchiature di sezionamento o interruzione sarà effettuata a mezzo di capicorda a pinzare con pinzatrice idraulica in modo che il contatto tra il conduttore e capocorda sia il più sicuro possibile

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:

FTG10(O)M1-0,6/1 KV

- F = a corda flessibile rotonda
- G10 = tipo di materiale isolante
- O = cavo di forma rotonda
- M1 = guaina termoplastica atossica

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta della S.A. o della D.L.

22.5 CAVI TIPO N07G9-K 450/750V - CEI 20-38

Saranno conformi costruttivamente alle norme ANPI (Atossici non propaganti l'incendio) e alle norme del comitato CEI n. 20 applicabili e provvisti di Marchio Italiano di Qualità (IMQ).

Trattasi di cavi a bassissima emissione di fumi opachi e gas tossici secondo la Norma CEI20-37.

Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: sarà del tipo a corda flessibile di rame stagnato

ISOLANTE: sarà del tipo elastomero qualità G9

INSTALLAZIONE: per questo tipo di cavo sarà ammessa la posa solo in condutture o canalizzazioni in PVC o resina, oppure in guaine metalliche purché con rivestimento interno in PVC e in impianti eseguiti con tubo "Mannesmann"

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:

- N = riferimento alle Norme Nazionali
- 0 = tensione nominale V_0/V 450/750V



G9 = elastomero qualità G9

K = tipo di conduttore a corda flessibile

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta della S.A. o della D.L.

22.6 CAVI TIPO H05V-K 300/500V - CEI 20-20

Saranno conformi costruttivamente alle norme del comitato CEI n. 20 applicabili e successive varianti e provvisti di Marchio Italiano di Qualità (IMQ). Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: sarà del tipo a corda flessibile di rame ricotto non stagnato

ISOLANTE: sarà del tipo in PVC (polivinilcloruro)

INSTALLAZIONE: per questo tipo di cavo sarà ammessa la posa solo in condutture o canalizzazioni in PVC o resina, oppure in guaine metalliche purché con rivestimento interno in PVC e in impianti eseguiti con tubo "Mannesmann"

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:

H = riferimento alle Norme (armonizzato)

05 = tensione nominale V_0/V 300/500V

V = materiale isolante (PVC)

K = tipo di conduttore a corda flessibile

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta del Committente o della D.L.

22.7 CAVI TIPO N07V-K 450/750V - CEI 20-20

Saranno conformi costruttivamente alle norme del comitato CEI n. 20 applicabili e provvisti di Marchio Italiano di Qualità (IMQ). Saranno essenzialmente costituiti da:

CONDUTTORE: sarà del tipo a corda flessibile di rame ricotto non stagnato

ISOLANTE: sarà del tipo in PVC (polivinilcloruro) di qualità TII secondo prescrizioni CEI

INSTALLAZIONE: per questo tipo di cavo sarà ammessa la posa solo in condutture o canalizzazioni in PVC o resina, oppure in guaine metalliche purché con rivestimento interno in PVC e in impianti eseguiti con tubo "Mannesmann"

DEFINIZIONE DELLA SIGLA:



N = riferimento alle Norme Nazionali

0 = tensione nominale V0/V 450/750V

V = materiale isolante (PVC)

K = tipo di conduttore a corda flessibile

Dovrà essere provvisto di certificazione di conformità rilasciato dal CESI o da laboratori di prova di Istituti Universitari e fornibile su richiesta del Committente o della D.L.

22.8 CAVI TIPO ARG7R - CEI 20-13 E CEI 20-29

Cavi di energia tipo ARG7R, conformi alla norma CEI 20-13, anima conduttore a corda compatta a fili di alluminio in accordo alla norma CEI 20-29, classe 2. Isolante in gomma HEPR ad alto modulo, che conferisce al cavo elevate caratteristiche elettriche, meccaniche e termiche. Guaina in PVC speciale di qualità Rz, colore grigio. Conformità ai requisiti essenziali delle direttive BT 2006/95/CE. Adatti per posa fissa sia all'interno, che all'esterno, in tubazioni, canalette o sistemi similari. Possono essere direttamente interrati. Posti in opera direttamente interrati in scavo già predisposto, o in canalette, tubazioni o sistemi similari.

22.9 CAVI SOLARI FG21M21

Dovranno essere di tipo unipolare flessibile con tensione nominale 1,8/3kV per impianti fotovoltaici e solari con isolante e guaina in mescola reticolata a basso contenuto di alogeni. Nello specifico il cavo è costituito da un conduttore a corda flessibile classe 5 di rame stagnato ricotto secondo la Norma CEI 20-29, isolante in gomma speciale HEPR G21, guaina in mescola reticolata tipo M21. Il cavo deve essere adatto per posa fissa sia all'interno che all'esterno in tubazioni, canalette oppure direttamente interrato. Il cavo deve essere posto in opera completo di capocorda, terminazioni, siglature, morsettiere di collegamento e cavo segnaletico installato secondo normativa vigente. Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22 II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

22.10 CAVI ISOLATI (PER CIRCUITI DI SEGNALAZIONE, SOCCORSO E TELECONTROLLO)

Dovranno essere di tipo resistente al fuoco, con isolamento elastomerico reticolato a base poliolefinica, adatti per tensione di esercizio fino a 1000 V, grado di isolamento 4. Saranno di tipo multipolare nelle sezioni e tipologie indicate negli allegati elaborati grafici ed avranno conduttori di rame stagnato, rivestiti con guaina antifluoco e riempitivi speciali aventi caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio, un ridottissimo sviluppo di fumi opachi, la totale assenza di acido cloridri-



co e ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche e resistere per 3 ore sottoposti alla fiamma di 750°C.

I cavi devono essere costruiti secondo le Norme CEI 46-5, 20-22, 20-35, 20-36, 20-37 e 20-38.

22.11 PROPRIETÀ "ANTIFIAMMA" E "ZERO ALOGENI"

Per quanto riguarda le proprietà del cavo "Antifiamma" e "Zero alogeni" si dovrà fare riferimento alle norme:

CEI 20-22 (Cap. III): Norme di prova che devono accertare la proprietà di non propagazione d'incendio da parte di cavi elettrici;

CEI 20-37: Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici "Cavi aventi ridotta emissione di fumi e di gas tossici o corrosivi".

Nonché le raccomandazioni della Standard DIN VDE 0207/24, HM4 del marzo 1989.

22.12 CAVI PER MT TIPO RG7H1R - CEI 20-13

I cavi MT di collegamento tra il punto di consegna e la sezione ricevitrice e quelli in partenza dallo/dai scomparto/i MT e i terminali MT del/i trasformatore/i dovranno essere del tipo RG7H1R, unipolari, con guaina di colore rosso, sezione adeguata e comunque non inferiore a 25mmq, dotati di schermo metallico con resistenza non superiore a $3 \Omega/km$ a 20°C connesso a terra ad entrambe le estremità e di apposite teste di cavo. La temperatura di posa, i raggi di curvatura minimi e gli sforzi di tiro durante la posa devono essere conformi alle prescrizioni del costruttore del cavo.

La tensione di isolamento V_0/V dovrà essere compatibile con la tensione nominale dell'impianto.

22.13 CAVI PER TRASMISSIONE DATI

Dovranno essere ad una o più coppie secondo gli schemi e le modalità di collegamento proprie delle apparecchiature approvigionate. I cavi dovranno essere almeno di categoria 6, isolati acusticamente e dovranno avere bassa capacità, schermatura globale interna e schermatura di superficie del tipo a calza con schermatura della superficie superiore al 65%.

I conduttori dovranno essere a trefoli 24 AWG (7x32); dovranno avere rivestimento esterno in PVC cromo; impedenza nominale 100 ohm, capacità nominale 40 pF/m.

I conduttori dovranno essere in rame stagnato con smalto isolante, dovranno avere la schermatura interna di tipo chiuso in alluminio e poliestere ed essere corredati dei connettori di collegamento terminale alle apparecchiature per collegamenti RS 232, RS 422 e RS485.



22.14 CAVI IN FIBRA OTTICA

E' utilizzato quale dorsale dati con protocollo Ethernet un cavo multifibre ottiche (da n. 6,12, 24 e 48 fibre) avente le seguenti caratteristiche:

- Fibre tipo monomodale con diametro del nucleo mm 9/125 micron;
- Attenuazione massima: 0,70 dB/Km a 1310 nm, 0,70 dB/Km a 1550 nm;
- Dispersione zero;
- Lunghezza d'onda 1300-1322 nm;
- Pendenza <0,092 nm²-km
- Guaina esterna idonea per posa interna/esterna, autoestinguente, resistente alle radiazioni emesse nell'ultravioletto, all'umidità, alle muffe e a ridottissima emissione di fumi e gas tossici e corrosivi, dotata di protezione perimetrale antiroditore in acciaio.

Il cavo presenta inoltre le seguenti caratteristiche termiche e meccaniche minime:

- Temperatura di funzionamento: -20°C, +70 °C
- Resistenza agli impatti: 1485 N/cm
- Resistenza alle flessioni: 1000 cicli

Solo in casi del tutto eccezionali, previa richiesta e avvenuta approvazione della D.L., é ammessa la giunzione dei cavi in fibra per la realizzazione delle tratte di interconnessione. In tal caso le perdite nel punto di connessione non devono essere maggiori di 0,3 dB.

Per quanto riguarda le proprietà delle fibre ottiche si dovranno adottare le raccomandazioni specificate nelle Normative CCITT riferite ai vari tipi di fibre di seguito descritte:

- EN 187.000 Normativa generale dei cavi
- EN 188.000 Normativa europea sulle fibre.

Le terminazioni per collegamenti punto-punto con fibre monomodali ad un canale in ricezione e trasmissione, avranno le caratteristiche con una capacità ottica adatta per:

- potenzialità nominale 100 Kband
- temperatura di funzionamento -20°C +70°C
- collegamento sul lato dati tipo femmina con vite di bloccaggio
- collegamento lato ottico ST
- alimentazione 11-14 V d.c.
- assorbimento 100 mA



- lunghezza d'onda 1300 mm
- potenza di emissione 50 microwatt (-13 db)
- sensibilità 1 microwatt (-30 dbm)
- potenzialità ottica 17 db
- interdistanza massima 48 km

22.15 SISTEMI DI POSA DEI CAVI

Sono ammesse le seguenti tipologie di posa:

- Entro tubazioni direttamente interrate
- Entro tubazioni, metalliche o in PVC, in vista o incassate entro struttura: i tubi dovranno avere un diametro tale da consentire un comodo infilaggio e sfilaggio dei conduttori.
- Entro canalizzazioni in vista di tipo metallico o in PVC: i cavi dovranno essere disposti in modo ordinato, senza incroci. I cavi andranno legati alle canalizzazioni mediante apposite fascette con regolarità ed in corrispondenza di curve, diramazioni, cambiamenti di quota, in cunicoli ricavati nel pavimento: i cavi vanno adagiati sul fondo del cunicolo.

In ogni caso dovranno essere rispettati i raggi minimi di curvatura prescritti dal costruttore.

A stendimento avvenuto, i cavi devono essere lasciati con le estremità accuratamente fasciate dai nastri di gomma e polivinilici adesivi, sino a giunzioni e terminazioni in cassetta o armadi, ultimate, conformemente alle disposizioni di impiego.

Particolare attenzione va alla posa di conduttori entro tubazioni per evitare la formazione di eliche che ne impedirebbero lo sfilamento successivo.

Le derivazioni dalla dorsale verso l'utenza terminale possono essere realizzate solo in corrispondenza di idonee scatole di derivazione con l'uso di morsetti aventi sezione adeguata.

Le linee dorsali dovranno mantenere la stessa sezione lungo tutto il loro sviluppo, salvo diversa ed esplicita indicazione.

Ogni cavo (anche quelli relativi agli impianti speciali) deve essere identificabile, tramite apposita marcatura (fascette o anelli), non solo alle sue estremità ma anche in corrispondenza di ciascuna scatole di derivazione e/o di transito.

Tale marcatura dovrà identificare il circuito e l'eventuale fase di appartenenza e dovrà corrispondere agli schemi costruttivi forniti.



Il collegamento terminale sarà costituito da terminazioni adeguate al cavo ed all'apparecchio da connettere.

Non sono concessi aggiustamenti apportati al conduttore o ai capicorda per consentire il loro reciproco adattamento.

I cavi, in corrispondenza delle connessioni terminali, dovranno essere fissati alla struttura portante o alla cassetta tramite pressacavo. Ciò al fine di impedire sollecitazioni, di qualsiasi natura, sui morsetti della connessione.

22.16 ATTRAVERSAMENTO SUPERFICI DI COMPARTIMENTAZIONE

Qualora una conduttura elettrica attraversi elementi costruttivi di un compartimento antincendio (pavimenti, muri, solai, pareti) aventi una resistenza al fuoco specificata, occorre ripristinare la resistenza al fuoco che l'elemento possedeva in assenza della conduttura. Occorre quindi otturare sia il foro di passaggio nel muro rimasto libero sia la sezione rimasta vuota all'interno della conduttura stessa. Non è necessario otturare l'interno del tubo protettivo se questo è conforme alla prova di resistenza alla propagazione della fiamma secondo la norma CEI 23-25 o CEI 23-39, ha un diametro interno non superiore a 30 mm e grado di protezione almeno IP33, inclusa la sua estremità se penetra in un ambiente chiuso. Entrambe le otturazioni possono essere realizzate mediante barriere tagliafiamma e devono comunque avere una resistenza al fuoco almeno uguale a quella dell'elemento costruttivo del compartimento antincendio

22.17 PRODOTTI PER BARRIERA TAGLIAFUOCO

Il sistema di tamponamento dei passaggi cavi mediante componenti vari sarà formato da:

- Pannello in fibre universali da sagomare sul foro interessato;
- Fibra ceramica per tamponamento di tutti gli interstizi esistenti tra cavo e cavo o tra pannello e parete;
- Mastice di sigillatura a basso contenuto di acqua ed elevata percentuale di materiali solidi; può essere applicato a spatola come una comune malta cementizia;
- Supporti metallici per la realizzazione della barriera.

Tutti i materiali per tale esecuzione dovranno essere provvisti di certificazione di collaudo e dovranno essere di tipo approvato secondo quanto previsto dalle normative vigenti, nonché fornito, su richiesta, al Committente o alla D.L.



22.18 SETTI TAGLIAFUOCO DI TIPO Componibile

Trattasi di passacavi multipli resistenti al fuoco di tipo ad inserti componibili modulari composti da:

- Telaio in profilato acciaio zincato da installare o annegare alla struttura muraria in maniera che risulti facilitato successivamente il montaggio delle guarnizioni
- Guarnizioni in materiale antifiama resistente ad una temperatura non inferiore a 750°C. Saranno nel numero e nel tipo secondo le esigenze (cavi unipolari o multipolari) e comunque di dimensioni tali da non procurare danni durante la compressione
- Blocchi di riempimento che saranno anch'essi nel numero e nel tipo secondo le esigenze e comunque tali da formare una struttura piena senza fessurazioni
- Piastra di compressione necessaria al termine dell'assemblaggio onde, tramite apposito bullone, riempire eventuali spazi vuoti

Tale passacavo dovrà essere provvisto di certificazione di collaudo e dovrà essere di tipo approvato secondo quanto previsto dalle normative vigenti, nonché fornito, su richiesta, al Committente o alla D.L

23 CAVIDOTTI E PASSERELLE

23.1 TUBAZIONI

I tubi protettivi flessibili o rigidi in materiale isolante posati sotto i pavimenti devono essere di tipo pesante. I tubi di tipo leggero possono essere utilizzati sottotraccia a parete o a soffitto oppure posati nel controsoffitto. Per la posa in vista fino a 2.5 m di altezza si devono utilizzare tubi pesanti. I tubi flessibili in PVC devono essere conformi alle norme CEI EN 61386-22 (CEI 23-82). I tubi rigidi in PVC devono essere conformi alle norme CEI EN 61386-21 (CEI 23-81).

Si devono utilizzare tubi metallici in acciaio (con o senza saldature) quando siano prevedibili violenti urti. Per impianti da realizzare in luoghi con pericolo di esplosione saranno utilizzate tubazioni metalliche idonee senza saldature. Per evitare fenomeni di accoppiamento induttivo, tutti i conduttori unipolari relativi allo stesso circuito devono appartenere al medesimo tubo. I tubi protettivi metallici ed i loro accessori devono essere conformi alla norma CEI EN 61386. Il raggio di curvatura dei tubi non deve essere inferiore a 3 volte il diametro esterno dei tubi stessi. Sui disegni relativi ai progetti dei singoli contratti applicativi devono essere riportati, in corrispondenza ai tracciati dei percorsi indicati per le varie linee, il tipo e le dimensioni delle tubazioni protettive previste. La posa dovrà essere eseguita in modo ordinato secondo percorsi orizzontali o verticali, paralleli o perpendicolari a pareti e/o soffitti, senza tratti obliqui ed evitando incroci o accavallamenti non necessari. Dovranno essere evitate le giunzioni su tubi di tipo corrugato o di tipo flessibile o di diametro diverso. Per le giunzioni fra tubazioni rigide e tubazioni flessibili dovranno essere impiegati gli adatti



raccordi previsti allo scopo dal costruttore del tubo flessibile. Il serraggio con clips strette con viti è ammesso solo sul lato tubo rigido e se non viene abbassato il grado di protezione previsto per l'impianto. In mancanza di indicazioni o prescrizioni diverse sulle tavole di progetto dei singoli contratti applicativi, nei locali umidi o bagnati o all'esterno le tubazioni saranno in materiale isolante e tutti gli accessori per la messa in opera, quali staffe e morsetti di fissaggio, dovranno essere in materiale plastico o in acciaio inossidabile. All'interno di detti locali le varie parti costituenti i cavidotti (tratti rettilinei, curve etc.) dovranno essere collegate fra loro mediante bulloni in nylon o in acciaio inossidabile. Nei tratti in vista e nei controsoffitti i tubi dovranno essere fissati con appositi sostegni con interdistanza massima di 1 m ed in corrispondenza di curve e derivazioni. Negli impianti in vista (con grado di protezione IP55 salvo diversa indicazione) l'ingresso di tubi in cassette, contenitori e canalette dovrà avvenire tramite adatto pressatubo senza abbassare il grado di prestazione previsto. Per consentire l'agevole infilaggio e sfilaggio dei conduttori il rapporto fra il diametro interno del tubo protettivo ed il diametro del fascio di cavi contenuti dovrà essere almeno pari a: 1,3 per le linee luce, FM e simili, 1,6 per le linee telefoniche e 2,5 per i cavi coassiali di impianto TV. Il diametro delle tubazioni non dovrà comunque essere inferiore a quello riportato sui disegni di progetto dei singoli contratti applicativi. Le tabelle che seguono riportano, a titolo indicativo, il diametro delle tubazioni in relazione al tipo ed al numero dei cavi da contenere.

Cavi		Sezione (mm ²)						
U0/U*	Tipo	n.	1,5	2,5	4	6	10	
450/750 V	Cavo unipolare PVC (senza guaina) N07V-K N07G9-K	1	20	20	20	20	20	
		2	20	20	20	25	32	
		3	20	20	25	32	32	
		4	20	20	25	32	32	
		5	20	25	25	32	40	
		6	20	25	32	32	40	
		7	20	25	32	32	40	
		8	25	32	32	40	50	
		9	25	32	32	50	50	
	Cavo multipolare PVC FROR	Bipolare	1	20	25	25	32	40
			2	32	40	50	50	63
			3	40	50	50	63	–
		Tripolare	1	20	25	25	32	40
			2	40	40	50	63	63
			3	40	50	50	63	–
Quadripolare		1	25	25	32	32	50	
		2	40	50	50	63	–	
		3	50	50	63	–	–	
0,6/1 kV	Cavo unipolare PVC o gomma (con guaina) FG10(O)M1/FG10M1 FG7(O)R/FG7R	1	25	25	25	25	32	
		2	40	40	50	50	50	
		3	50	50	50	63	63	
		4	50	50	63	63	–	



	N1VV-K FTG10(O)M1/FTG10M1		5	63	63	63	63	–
			6	63	63	63	–	–
			7	63	63	63	–	–
			8	–	–	–	–	–
			9	–	–	–	–	–
	Cavo unipolare PVC o gomma FG10(O)M1/FG10M1 FG7(O)R/FG7R N1VV-K FTG10(O)M1/FTG10M1	Bipolare	1	25	32	32	32	40
			2	50	50	63	63	–
			3	63	63	63	–	–
		Tripolare	1	25	32	32	32	40
			2	50	50	63	63	–
			3	63	63	63	–	–
		Quadripolare	1	32	32	32	40	40
			2	50	63	63	–	–
			3	63	63	–	–	–

Grandezza minima (mm) dei tubi **FLESSIBILI** in PVC, in relazione alla sezione e al num. dei cavi

Cavi			Sezione (mm ²)					
U ₀ /U*	Tipo	n.	1,5	2,5	4	6	10	
450/750 V	Cavo unipolare pvc (senza guaina) N07V-K N07G9-K	1	20	20	20	20	20	
		2	20	20	20	20	32	
		3	20	20	20	25	32	
		4	20	20	20	25	32	
		5	20	20	20	32	32	
		6	20	20	25	32	40	
		7	20	20	25	32	40	
		8	25	25	32	40	50	
		9	25	25	32	40	50	
	Cavo multipolare PVC FROR	Bipolare	1	16	20	20	25	32
			2	32	40	40	50	–
			3	40	40	50	50	–
		Tripolare	1	16	20	20	25	40
			2	32	40	40	50	–
			3	40	50	50	–	–
Quadripolare	1	20	20	25	32	40		
	2	40	40	50	50	–		
	3	40	50	50	–	–		
0,6/1 kV	Cavo unipolare PVC o gomma (con guaina) FG10(O)M1/FG10M1 FG7(O)R/FG7R N1VV-K FTG10(O)M1/FTG10M1	1	20	20	20	25	50	
		2	40	40	40	40	50	
		3	40	50	50	50	–	
		4	50	50	50	50	–	
		5	50	50	–	–	–	
		6	–	–	–	–	–	
		7	–	–	–	–	–	



		8	–	–	–	–	–
		9	–	–	–	–	–
Cavo unipolare PVC o gomma FG10(O)M1/FG10M1 FG7(O)R/FG7R N1VV-K FTG10(O)M1/FTG10M1	Bipolare	1	25	25	25	32	32
		2	40	50	50	–	–
		3	50	50	–	–	–
	Tripolare	1	25	25	25	32	32
		2	50	50	50	–	–
		3	50	–	–	–	–
	Quadripolare	1	25	25	32	32	40
		2	50	50	–	–	–
		3	–	–	–	–	–

Grandezza minima (mm) dei tubi **RIGIDI** in PVC, in relazione alla sezione e al numero dei cavi

Sempre allo scopo di facilitare l'infilaggio non dovranno essere eseguite più di due curve, o comunque curve per più di 180° sulle tubazioni protettive senza l'interposizione di una cassetta di transito. Analogamente nei tratti rettilinei non dovrà essere superata la lunghezza di 10 m senza l'interposizione di una cassetta rompi-tratta.

Le tubazioni interrate dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche costruttive e di posa (salvo diversa prescrizione di progetto del singolo contratto applicativo o indicazione della D.L.):

Essere di materiale termoplastico (PVC) e dotate di sufficiente resistenza allo schiacciamento pari ad almeno 450N.

Avere i giunti di tipo a bicchiere sigillati con apposito collante, o di tipo filettato per evitare lo sfilamento e le infiltrazioni di acqua

Essere posate a non meno di 0,8 m di profondità, avendo cura di stendere sul fondo dello scavo e sopra il tubo, una volta posato, uno strato di sabbia di circa 10 cm di spessore; i tratti interrati, ove sia prevedibile il transito di automezzi, dovranno essere protetti con coppelle di calcestruzzo vibrato o con massetto di cemento

Sopra il cavidotto andrà posato un nastro avvisatore/segnalatore in polietilene con dicitura e colore definiti in sede di DL.

Dovranno, in corrispondenza ai cambiamenti di direzione e comunque ad intervalli non superiori a 25 m nei tratti rettilinei, attestarsi a pozzetti di ispezione completi di contrassegno di identificazione (scritta con vernice resistente o targhette fissate tramite tasselli ad espansione)

I tratti rettilinei orizzontali dovranno essere posati con pendenza verso un pozzetto per evitare il ristagno dell'acqua.

Il tratto entrante nel fabbricato deve essere posato con pendenza verso l'esterno, per evitare l'ingresso di acqua.



Dopo aver infilato i cavi, le estremità all'interno e/o all'esterno del fabbricato dovranno essere chiuse con un tappo e sigillate o con un passacavo stagno secondo quanto indicato sui disegni.

Tutti i pozzetti dovranno essere senza fondo, o comunque con fori adeguati ad evitare il ristagno dell'acqua.

Prima della chiusura di tracce o scavi, e di eventuali controsoffitti e/o pavimenti sopraelevati, dovrà essere avvisato con sufficiente anticipo il D.L., in modo da consentire un esame a vista delle modalità con cui è stata effettuata la posa delle tubazioni.

Nello stesso tubo non dovranno esserci conduttori riguardanti servizi diversi anche se alla medesima tensione di esercizio.

I tubi posati per riserva dovranno comunque essere dotati di opportuni fili-pilota in materiale non soggetto a ruggine e dovranno essere chiusi con tappi filettati e lasciati tappati anche dopo la fine dei lavori.

23.2 CANALIZZAZIONI

Le dimensioni delle canalette portacavi non dovranno essere inferiori a quelle riportate sui disegni e, salvo diversa indicazione o in assenza di dimensione, le canalette dovranno essere dimensionate per portare i cavi su al massimo 2 strati.

In ogni caso dovrà essere garantita una riserva di spazio pari al 50% della sezione totale utile della canalizzazione.

Se uno stesso canale è occupato da circuiti a tensione diversa deve essere munito di setti separatori; in alternativa, si può posare all'interno del canale un secondo canale di dimensioni ridotte oppure un tubo protettivo o infine si può utilizzare lo stesso livello di isolamento (commisurato alla massima tensione presente) per tutti i conduttori.

Prima della chiusura di controsoffitti e/o pavimenti sopraelevati, dovrà essere avvisato con sufficiente anticipo il D.L., in modo da consentire un esame a vista delle modalità con cui è stata effettuata la posa delle canalizzazioni.

Dove si prevede l'installazione di più canalizzazioni, sovrapposte o affiancate, nella loro posa in opera si dovrà considerare un'interdistanza tale da consentire la futura posa di nuovi conduttori ed eventuali lavori di manutenzione. Salvo diverse indicazioni, tra due canalette sovrapposte si dovrà lasciare una distanza non inferiore a 200 mm.

Il collegamento tra due elementi costituenti la canalizzazione dovrà essere realizzata tramite appositi giunti e non saldature

I canali dovranno essere opportunamente contrassegnati con passo regolare non superiore a 15m mediante etichette (metalliche o plastiche) da fissare sul fondo o sul bordo del canale. Tali etichet-



te, aventi dimensioni minime 100x300 mm, dovranno avere colorazione tale da rispettare la seguente codifica:

rosso: rete MT

azzurro: rete BT (normale e privilegiata)

giallo: impianti speciali di comunicazione (trasmissione dati, citofonico, diffusione sonora, ecc.)

arancio: impianti speciali di sicurezza (rivelazione fumi, antintrusione, controllo accessi, ecc.)

nero: impianti speciali in genere

verde: impianti di sicurezza (esempio: illuminazione di sicurezza)

bianco: alimentazione da gruppo elettrogeno (fino al dispositivo, o quadro, di commutazione rete-gruppo).

Di tale codifica, si dovranno fornire tabelle esplicative da collocare in maniera visibile all'interno dei locali tecnici dedicati ai quadri elettrici e/o nelle tasche porta schemi previste all'interno dei quadri stessi.

Tutte le variazioni dei percorsi (relativi a tubazioni e a canalizzazioni) rispetto a quelli di progetto del singolo contratto applicativo dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L., ed essere riportate sui disegni da consegnare alla Committente al termine dei lavori stessi.

Canali, passerelle, tubi protettivi, se metallici, sono considerate masse e vanno pertanto collegati a terra. Non sono considerati masse e non è pertanto necessario il loro collegamento a terra se contengono solamente cavi multipolari o cavi unipolari con guaina (cavi a doppio isolamento). In tal caso comunque, il collegamento a terra non è vietato.

23.3 TUBO RIGIDO IN PVC SERIE PESANTE

Sarà della serie pesante con grado di compressione minimo di 750 N conforme alle tabelle CEI-UNEL 37118 e alle norme CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) e CEI EN 61386-21 (CEI 23-81) e provvisto di marchio italiano di qualità. Potrà essere impiegato per la posa a pavimento (annegato nel massetto e ricoperto da almeno 15 mm di malta di cemento) oppure in vista (a parete, a soffitto, nel controsoffitto o sotto il pavimento sopraelevato). Non è ammessa la posa interrata (anche se protetto da manto di calcestruzzo) o in vista in posizioni dove possa essere soggetto a urti, danneggiamenti etc., (ad es. ad un'altezza dal pavimento finito inferiore a 1.5 m). Le giunzioni e i cambiamenti di direzione dei tubi potranno essere ottenuti sia impiegando rispettivamente manicotti e curve con estremità a bicchiere conformi alle citate norme e tabelle. Sarà anche possibile eseguire i manicotti e le curve a caldo sul posto di posa. Nel caso sia adottato il secondo metodo le giunzioni dovranno essere eseguite in modo che le estremità siano sovrapposte per un tratto pari a circa 1-2 volte il diametro nominale del tubo e le curve in modo che il raggio di curvatura sia compreso fra 3 e 6



volte il diametro nominale del tubo. Tubazioni e accessori avranno marchio IMQ. Nella posa in vista la distanza fra due punti di fissaggio successivi non dovrà essere superiore a 1 m, in ogni caso i tubi devono essere fissati in prossimità di ogni giunzione e sia prima che dopo ogni cambiamento di direzione. In questo tipo di posa, per il fissaggio saranno impiegati collari singoli in acciaio zincato e passivato con serraggio mediante viti trattate superficialmente contro la corrosione e rese impermeabili; oppure saranno impiegati collari c.s.d. in materiale isolante, oppure morsetti in materiale isolante sempre serrati con viti (i tipi con serraggio a scatto sono ammessi all'interno di controsoffitti, sotto pavimenti sopraelevati, in cunicoli o analoghi luoghi protetti). Collari e morsetti dovranno essere ancorati a parete o a soffitto mediante chiodi a sparo o viti e tasselli in plastica. Nei locali umidi o bagnati e all'esterno, degli accessori di fissaggio descritti potranno essere impiegati solo quelli in materiale isolante, le viti dovranno essere in acciaio nichelato o cadmiato o in ottone. Nei casi in cui siano necessarie tubazioni di diametro maggiore a quelli contemplati dalle citate norme CEI, potranno essere impiegati tubi in PVC del tipo con giunti a bicchiere con spessore non inferiore a 3 mm per i quali siano stati eseguiti, a cura del costruttore, le prove previste dalle norme CEI (resistenza allo schiacciamento, all'urto, alla fiamma, agli agenti chimici e di isolamento) oppure tubi in PVC conformi alle norme EN 1452.

23.4 TUBO RIGIDO IN PVC FILETTABILE

Sarà in materiale autoestinguente con estremità filettate e spessori non inferiori ai seguenti valori (in mm) 2.2-2.3-2.5-2.8-3.0-3.6 rispettivamente per le grandezze (diam. est.) 16-20-25-32-40-50 con una resistenza allo schiacciamento pari ad almeno 750 N misurata secondo le modalità previste dalle norme CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) e CEI EN 61386-21 (CEI 23-81). Per grandezze superiori (diametri esterni maggiori di 50 mm) si dovrà ricorrere a tubi della "serie filettata gas"- PN 6. Le giunzioni saranno ottenute con manicotti filettati. I cambiamenti di direzione potranno essere ottenuti sia con curve ampie con estremità filettate internamente sia per piegatura a caldo. Nella posa in vista la distanza fra due punti di fissaggio successivi non dovrà essere superiore a 1 m. I tubi dovranno comunque essere fissati in prossimità di ogni giunzione e sia prima che dopo ogni cambiamento di direzione. Per il fissaggio in vista saranno impiegati collari singoli in acciaio zincato e passivato con serraggio mediante viti trattate superficialmente contro la corrosione e rese impermeabili; oppure collari o morsetti in materiale isolante serrati con viti (i tipi con serraggio a scatto sono ammessi all'interno di controsoffitti, sotto pavimento sopraelevato, in cunicoli o analoghi luoghi protetti). Collari e morsetti dovranno essere ancorati a parete o a soffitto mediante chiodi a sparo o viti e tasselli in plastica. Nei locali umidi o bagnati all'esterno, degli accessori descritti potranno essere impiegati solamente quelli in materiale isolante. Le viti dovranno essere in acciaio cadmiato o nichelato o in ottone.



23.5 TUBO CORRUGATO IN PVC SERIE PESANTE

Sarà conforme alle norme CEI EN 61386-1 (CEI 23-80) e CEI EN 61386-22 (CEI 23-82) e alle tabelle CEI-UNEL 37121/70 (serie pesante) in materiale autoestinguente, provvisto di marchio italiano di qualità. Sarà impiegato esclusivamente per la posa sottotraccia a parete o a soffitto curando che in tutti i punti risulti ricoperto da almeno 20 mm di intonaco oppure entro pareti prefabbricate del tipo a sandwich. Non potrà essere impiegato nella posa in vista o a pavimento, o interrata (anche se protetto da manto di calcestruzzo) e così pure non potranno essere eseguite giunzioni se non in corrispondenza di scatole o di cassette di derivazione. I cambiamenti di direzione dovranno essere eseguiti con curve ampie (raggio di curvatura compreso fra 3 e 6 volte il diametro nominale del tubo). Avrà una resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N secondo quanto previsto dalle norme CEI.

23.6 GUAINA FLESSIBILE CON SPIRALE RIGIDA IN PVC

Sarà in materiale autoestinguente e costituito da un tubo in plastica morbida, internamente liscio rinforzato da una spirale di sostegno in PVC. La spirale dovrà avere caratteristiche (passo dell'elica, rigidità etc.) tali da garantire l'inalterabilità della sezione anche per il raggio minimo di curvatura ($r_{min.} = 2 \times diam.int.$) ed il ritorno alla sezione originale in caso di schiacciamento. Il campo di temperatura di impiego dovrà estendersi da $-15^{\circ}C$ a $+70^{\circ}C$. Per il collegamento a tubi di altro tipo, canalette, cassette di derivazione o di morsettiere dei motori, contenitori etc, dovranno essere impiegati esclusivamente raccordi previsti allo scopo dal costruttore e costituiti da: corpo (del raccordo), anello di tenuta, ghiera filettata di serraggio, controdado o manicotto filettato a seconda se il collegamento è con cassette, canalette o contenitori oppure con tubi filettati. Le estremità dei tubi flessibili non dovranno essere bloccate con raccordi del tipo a clips serrate con viti. Non è ammesso l'impiego di questo tipo di tubo all'interno dei locali con pericolo di esplosione o incendio. Avrà una resistenza allo schiacciamento non inferiore a 350 N secondo quanto prescritto nelle norme CEI.

23.7 GUAINA FLESSIBILE CON SPIRALE IN ACCIAIO ZINCATO

Sarà costituito da un tubo flessibile a spirale in acciaio zincato a doppia aggraffatura con rivestimento esterno in guaina morbida di PVC autoestinguente con campo di temperatura di impiego da $-15^{\circ}C$ a $+80^{\circ}C$. La guaina esterna dovrà presentare internamente delle nervature elicoidali in corrispondenza all'interconnessione fra le spire del tubo flessibile e ciò allo scopo di assicurare una perfetta aderenza ed evitare che si abbiano a verificare scorrimenti reciproci. Per il collegamento a tubi di altro tipo, canalette, cassette di derivazione o di morsettiere dei motori, contenitori etc., dovranno essere impiegati esclusivamente i raccordi metallici previsti allo scopo del costruttore e costituiti da: corpo (del raccordo), manicotto con filettatura stampata per protezione delle estremità taglienti e per la messa a terra, guarnizione conica, ghiera di serraggio e controdado o manicotto filettato a



seconda se il collegamento è con cassette, canalette o contenitori oppure con tubi filettati. In ogni caso non è ammesso bloccare le estremità del tubo flessibile con raccordi del tipo a clips serrate con viti.

23.8 TUBO IN PVC CON GIUNTI A BICCHIERE

Tubo rigido (non plastificato per scarichi) secondo norme EN 1401 e UNI EN1329. La raccorderia dovrà essere tutta conforme alle norme UNI EN del tipo a bicchiere, da incollare con appositi collanti che realizzino una saldatura chimica fra le parti. L'incollaggio dovrà avvenire seguendo le istruzioni del fabbricante e ponendo particolare attenzione nell'evitare la formazione di miscele esplosive con i solventi. Lungo le tratte di tubazioni diritte e orizzontali, ogni 20 metri al massimo, saranno installati dei pozzetti in cemento con chiusino pure in cemento, se entro le zone destinate a verde, o in ghisa se zone carrabili, cortili o pavimentate.

23.9 TUBO IN ACCIAIO ZINCATO LEGGERO

Sarà in acciaio trafilato con sezione perfettamente circolare zincato a fuoco e filettabile. Avrà le stesse caratteristiche dimensionali (diametro est. e spessore) del tubo di acciaio smaltato. Sarà impiegato per la sola posa in vista all'interno (a parete, a soffitto, nel controsoffitto o sotto pavimento sopraelevato). Nel caso di impiego per l'esecuzione di impianti "stagni" (grado di protezione non inferiore a IP 44) dovranno essere impiegati i seguenti accessori in acciaio zincato: per le giunzioni manicotti filettati o raccordi in tre pezzi; per i cambiamenti di direzione curve ampie con estremità filettate o curve ispezionabili stagne (oppure potrà essere adottato il sistema della piegatura diretta evitando però che si abbiano strozzature, diminuzioni della sezione e danneggiamenti della zincatura); per i collegamenti a canalette o contenitori ghiera e controghiera. Nel caso di impiego in impianti in cui non sia richiesta l'esecuzione stagna potranno essere impiegati manicotti, curve e raccordi in lega leggera di tipo apribile, serrati sul tubo con cavallotti e viti. Dovrà in ogni caso essere garantita la continuità elettrica fra le varie parti, ed essere effettuata la messa a terra alle estremità.

23.10 TUBAZIONI IN ACCIAIO INOX

Devono essere del tipo in acciaio inox, con le pareti interne completamente lisce e prive di qualsiasi asperità, per facilitare l'infilaggio dei cavi elettrici evitandone le possibili abrasioni.

Sono di tipo filettabile e fornite complete di manicotto.



23.11 CAVIDOTTO IN PVC/PE CORRUGATO PER POSA INTERRATA

Sarà della serie pesante con grado di compressione minima di 450N conforme alle tabella UNEL 37118 e alla norma CEI 23-46. Sarà in materiale autoestinguento provvisto di marchio IMQ. Sarà impiegato esclusivamente per la posa interrata curando che in tutti i punti risulti ricoperto da almeno 70 cm lungo le tratte e 40 cm in prossimità dei pozzetti. Lungo le tratte, almeno ogni 25-35m, saranno installati dei pozzetti in cemento con chiusino pure in cemento se entro le zone a verde; in ghisa se zone carrabili, cortili o pavimentate. Sarà dotato di cavetto interno in acciaio zincato.

23.12 CANALE O PASSERELLA IN ACCIAIO INOX

Le passerelle dovranno essere di tipo con bordo rinforzato e arrotondato, in acciaio inox AISI 304. Le passerelle saranno fornite complete di staffe, giunti, pezzi speciali e mensole di sostegno di tipo regolabile in altezza costruite con lamiera di acciaio inox AISI 304 con spessore adeguato all'entità dei pesi installati all'interno del canale.

La distanza fra due sostegni non dovrà essere superiore a 1,5 m: in ogni caso comunque i sistemi d'assemblaggio ed i loro accessori dovranno essere forniti completi di bulloneria in numero totale da soddisfare, con il massimo carico ammissibile, la seguente formula:

$$f < D/300$$

dove:

f = freccia

D = interdistanza tra due punti di fissaggio consecutivi

Il sistema di fissaggio alla volta della galleria dovrà essere dimensionato per un carico pulsante che, oltre al fenomeno della trazione, considerata anche la presenza delle vibrazioni dovute ai mezzi in transito.

Il dimensionamento dei tasselli dovrà essere fatto in base al peso della struttura del sistema di cavidotto attrezzato, delle linee in cavo e delle apparecchiature corredate degli accessori di dotazione, maggiorato di un coefficiente di sicurezza non inferiore a 2.

La distanza della canaletta dal soffitto o da un'altra sovrapposta dovrà essere di almeno 200 mm. Il collegamento fra due tratti dovrà avvenire mediante giunti di tipo telescopico o ad incastro in modo da ottenere la perfetta continuità del piano di scorrimento dei cavi ed evitarne l'abrasione durante la posa oppure impiegando giunti ad angolo di tipo esterni e piastre coprigiunto interne. Per eseguire cambiamenti di direzione, variazioni di quota, di larghezza, ecc., dovranno essere impiegati gli accessori allo scopo previsti dal costruttore in modo da ridurre al minimo, e per dimostrata necessità, gli interventi quali tagli, piegature, ecc. In ogni caso gli spigoli che possono danneggiare i cavi dovranno essere protetti con piastre terminali coprifiolo. Per il collegamento delle varie parti dovranno essere impiegati non meno di quattro bulloni in acciaio inox di tipo con testa tonda e



larga posta all'interno della canaletta e muniti di rondella. Nel caso fosse necessario il coperchio, questo verrà indicato di volta in volta nel computo metrico estimativo o nella specifica dei materiali e dovrà essere asportabile per tutta la lunghezza anche in corrispondenza degli attraversamenti di pareti.

23.13 CANALE O PASSERELLA IN ACCIAIO INOX CON COPERCHIO

Vale, in generale, quanto descritto per la canaletta di tipo aperto. La canaletta sarà dotata di coperchio fissato o a scatto o mediante moschettoni e asportabile per tutta la lunghezza anche in corrispondenza agli attraversamenti di pareti. Di volta in volta risulta precisato sui disegni o nel computo metrico il grado di protezione richiesto. Particolare cura dovrà essere posta affinché non risulti abbassato in corrispondenza di giunzioni, collegamenti con tubi eventualmente derivantesi dalla canaletta, cassette di derivazione, contenitori, etc.

23.14 CANALE IN PVC AUTOPORTANTE

Sarà in PVC rigido autoestinguente (classe 1 min) munita di fori sul fondo; l'altezza dei fianchi non dovrà essere inferiore a 40 mm e lo spessore almeno pari a 3 mm. Tutti gli accessori per la composizione del canale (curve, incroci, riduzioni, etc.) saranno dello stesso materiale. Tutti i sistemi di sospensione (mensole, staffe, supporti) saranno in acciaio zincato o inossidabile a seconda del grado di aggressività dell'ambiente. Le minuterie quali viti, bulloni, etc., saranno in nylon o in acciaio inossidabile. La distanza fra due sostegni non dovrà essere maggiore di 1,5 m; la freccia di inflessione non dovrà superare comunque il valore di 10 mm. In corrispondenza ai punti di giunzione fra le varie parti dovranno essere previsti dei giunti di unione. Le giunzioni potranno essere eseguite anche per saldatura a caldo purché sia garantita una resistenza meccanica non inferiore a quella ottenuta con i giunti. Sarà dotata di coperchio asportabile per tutta la lunghezza e fissato a scatto nonché completa di setti separatori.

Le canalizzazioni possono essere posate:

- In vista a battiscopa: complete di coperchio potranno essere utilizzate come canale attrezzato con scatole portafrutti componibili;
- In vista a parete e/o soffitto: complete di coperchio potranno essere utilizzate per distribuzione principale e secondaria in particolari applicazioni ed ambienti.

Qualora le canalette fossero destinate a contenere conduttori facenti parte di servizi diversi (impianti di potenza ed impianti speciali) dovranno essere provviste di setti di separazione continui anche in corrispondenza di cambiamenti di direzione e all'imbocco delle cassette di derivazione e delle scatole portafrutti.



23.15 CANALE IN PVC AUTOPORTANTE CON COPERCHIO

Vale in generale quanto descritto per la canaletta di tipo aperto. Sarà completamente chiusa (grado di protezione non inferiore a IP40) dotata di coperchio asportabile per tutta la lunghezza e fissato a scatto oppure mediante moschettoni o ganci, o clips in acciaio inossidabile e completa di setti separatori. Non dovrà essere abbassato il grado di protezione richiesto in corrispondenza ai punti di giunzione fra i vari tratti, nei collegamenti con tubazioni, cassette, ecc.

24 CASSETTE DI DERIVAZIONE

24.1 GENERALITÀ

I coperchi delle cassette devono essere fissati con viti antiperdenti. I cavi e le giunzioni posti all'interno delle cassette non devono occupare più del 50% del volume interno della cassetta. Le connessioni (giunzioni e derivazioni) vanno eseguite con appositi morsetti senza ridurre la sezione dei conduttori e senza lasciare parti conduttrici scoperte (inaccessibilità al dito di prova e quindi grado di protezione almeno IPXXB). Le giunzioni effettuate tramite attorcigliamento e nastratura non sono ammesse. Non devono essere effettuate giunzioni e derivazioni entro tubi. Possono invece essere effettuate giunzioni nei canali, solo nel caso di collegamenti aventi lunghezza maggiore della pezzatura di fabbrica, purché le parti attive siano inaccessibili al dito di prova e purché i cavi uniti abbiano lo stesso colore. Non devono inoltre essere realizzate giunzioni entro le scatole porta-apparecchi. E' ammesso l'entra esci sui morsetti di prese purché esistano doppi morsetti o morsetti dimensionati per ricevere la sezione totale dei conduttori da collegare senza ridurre la sezione. Le cassette di giunzione installate all'esterno devono avere grado di protezione almeno IP44 e devono essere poste ad almeno 200 mm dal suolo. Per evitare pericolosi fenomeni di condensa, le tubazioni interrato devono essere sigillate prima di essere allacciate a quadri o cassette.

Le derivazioni potranno, su esplicita richiesta, essere effettuate all'esterno di cassette a mezzo di morsetti a perforazione dell'isolante, ovvero con morsetti a guscio. Per ogni tipologia di morsettiera la tensione di isolamento dovrà comunque essere coerente con quelle dei cavi che vi saranno attestati.

Nella stessa cassetta potranno attestarsi, salvo deroghe, solamente cavi appartenenti allo stesso servizio (luce, FM, speciali).

Tra due cassette di transito non devono esserci più di una curva o comunque curve con angoli $\geq 90^\circ$.

Nei tracciati rettilinei le cassette andranno poste con interdistanza massima pari a 5 m.



Salvo diversa indicazione degli altri elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi, o diversa indicazione della DL, per ogni locale (o coppia di locali adiacenti o affacciati) dovrà essere installata una cassetta di derivazione collocata lungo lo sviluppo del collegamento dorsale.

Tutte le cassette di derivazione dovranno essere contrassegnate in modo chiaro con le sigle riportate più oltre. La siglatura dovrà essere fatta impiegando timbri di tipo componibile costituiti da caratteri di almeno 10 mm di altezza ed impiegando inchiostro di tipo indelebile. Le sigle dovranno essere poste sulla superficie interna del coperchio di ciascuna cassetta solamente nel caso di cassette installate su pareti o superfici che sicuramente saranno tinteggiate. Per le altre, le sigle dovranno essere poste sulla superficie esterna. Cassette destinate a impianti e/o servizi diversi dovranno riportare le sigle di tutti gli impianti. Le sigle da utilizzare sono le seguenti:

Illuminazione normale: L(N)

Illuminazione privilegiata: L(P)

Illuminazione di sicurezza: L(S)

Illuminazione in genere: L

Circuiti FM normale: FM(N)

Circuiti FM privilegiata: FM(P)

Forza motrice in genere: FM

Circuiti di potenza a tensione nominale diversa (es. 12 V c.a. oppure 24 V c.c.): 12ca (24cc)

Impianti speciali di sicurezza (rivelazione fumi, antintrusione, TVCC, radio, controllo accessi): SPS

Impianti speciali di comunicazione (trasmissione dati, TVCC, citofonico, diffusione sonora): SPC

Impianti speciali in genere: SP

24.2 CASSETTE DI DERIVAZIONE IN ACCIAIO INOX

Dovranno essere costruite in acciaio inox AISI 304 o AISI 316L o in fusione, avere grado di protezione IP65, elevata resistenza al calore, equipotenzializzate con l'impianto di terra se necessario.

Qualora siano dotate di morsettiera di derivazione questa dovrà essere in porcellana con sedi di serraggio adeguate alla sezione dei cavi di linea.

24.3 CASSETTE DI DERIVAZIONE RESISTENTI AL FUOCO

Dovranno essere realizzate in pressofusione di alluminio o in acciaio inox, avere grado di protezione IP66, elevata resistenza al calore (850° C per 90 minuti), grado minimo di protezione contro gli urti IK07.



Qualora siano dotate di morsettiere di derivazione questa dovrà essere in porcellana con sedi di serraggio adeguate alla sezione dei cavi di linea.

In particolare le cassette per gli impianti di ventilazione dovranno essere adatte per una tensione di esercizio di 1000V.

24.4 CASSETTE DI DERIVAZIONE STAGNE DA ESTERNO IN PVC

Saranno di costruzione robusta con grado di protezione IP adeguato alla loro ubicazione.

Saranno in materiale isolante a base di PVC autoestinguento. Nei locali umidi o bagnati è ammesso solo l'impiego del tipo di materiale isolante. Saranno dotate di coperchio fissato con viti o con in sistema a 1/4 di giro o equivalente. Le viti dovranno essere rese imperdibili, essere in acciaio inossidabile o in ottone o comunque con trattamento superficiale contro la corrosione (cadmiatura, zinco-cromatura etc.). Non sono ammesse viti di tipo autofilettante. Saranno poste in opera in posizione tale da essere facilmente apribili ed ispezionabili curando in modo particolare che risultino allineate fra loro e parallele a pareti, soffitti, e spigoli dei locali. Dovranno essere fissate a parete o soffitto con non meno di due viti. Per quanto possibile, si dovrà cercare di unificare i tipi e dimensioni. Tutte le tubazioni protettive dovranno entrare dai fianchi delle cassette. L'ingresso dovrà avvenire esclusivamente attraverso i fori previsti dal costruttore e senza praticare allargamenti o produrre rotture sulle pareti. Il numero delle tubazioni entranti o uscenti da ciascuna cassetta non dovrà, pertanto essere superiore a quello di fori stessi. In tali cassette il taglio dei passatubi in plastica morbida dovrà avvenire in modo che ne risulti un foro circolare e non sia abbassato il grado di protezione. Tali passatubi dovranno essere asportati per introdurre tubazioni di diametro superiore a quello previsto dal costruttore. Le tubazioni dovranno sporgere all'interno della cassetta per circa 0.5 cm, le parti più sporgenti dovranno essere tagliate prima dell'infilaggio dei cavi. Setti di separazione fissi dovranno essere previsti in quelle cassette cui fanno capo impianti con tensioni nominali diverse. In nessun caso, salvo deroghe ed accorgimenti da definire, le cassette destinate all'impianto telefonico, interfonico, trasmissione dati, TVCC potranno essere utilizzate per qualche altro tipo di impianto. Tutte le derivazioni e le giunzioni sui conduttori dovranno essere eseguite entro le cassette; non è ammesso pertanto eseguirle nelle scatole di contenimento di prese interruttori etc. oppure entro gli apparecchi illuminati o nelle tubazioni protettive. Le derivazioni saranno effettuate mediante morsettiere fisse oppure di tipo componibile montate su guida di tipo unificato. Il serraggio dei conduttori dovrà essere a vite con l'interposizione di una piastrina metallica. Non sono ammessi collegamenti eseguiti con nastature o con morsetti a cappuccio.

24.5 CASSETTE DI DERIVAZIONE METALLICHE

Saranno di costruzione robusta con grado di protezione IP adeguato alla loro ubicazione.



Saranno dotate di coperchio fissato con viti o con in sistema a 1/4 di giro o equivalente. Le viti dovranno essere rese imperdibili, essere in acciaio inossidabile o in ottone o comunque con trattamento superficiale contro la corrosione (cadmiatura, zincocromatura etc.). Non sono ammesse viti di tipo autofilettante. Saranno poste in opera in posizione tale da essere facilmente apribili ed ispezionabili curando in modo particolare che risultino allineate fra loro e parallele a pareti, soffitti, e spigoli dei locali. Dovranno essere fissate a parete o soffitto con non meno di due viti. Per quanto possibile, si dovrà cercare di unificare i tipi e dimensioni. Tutte le tubazioni protettive dovranno entrare dai fianchi delle cassette. L'ingresso dovrà avvenire esclusivamente attraverso i fori previsti dal costruttore e senza praticare allargamenti o produrre rotture sulle pareti.

Il numero delle tubazioni entranti o uscenti da ciascuna cassetta non dovrà, pertanto essere superiore a quello di fori stessi. In tali cassette il taglio dei passatubi in plastica morbida dovrà avvenire in modo che ne risulti un foro circolare e non sia abbassato il grado di protezione. Tali passatubi dovranno essere asportati per introdurre tubazioni di diametro superiore a quello previsto dal costruttore.

Dovranno essere fornite dal costruttore con i fori adeguati all'installazione, complete di morsetto di messa a terra adeguato al collegamento di un conduttore pari al maggiore dei conduttori di fase che vi fanno capo, con un minimo di 6 mm²

Setti di separazione fissi dovranno essere previsti in quelle cassette cui fanno capo impianti con tensioni nominali diverse. In nessun caso, salvo deroghe ed accorgimenti da definire, le cassette destinate all'impianto telefonico, interfonico, trasmissione dati, TVCC potranno essere utilizzate per qualche altro tipo di impianto. Tutte le derivazioni e le giunzioni sui conduttori dovranno essere eseguite entro le cassette; non è ammesso pertanto eseguirle nelle scatole di contenimento di prese interruttori etc. oppure entro gli apparecchi illuminati o nelle tubazioni protettive. Le derivazioni saranno effettuate mediante morsettiere fisse oppure di tipo componibile montate su guida di tipo unificato. Il serraggio dei conduttori dovrà essere a vite con l'interposizione di una piastrina metallica. Non sono ammessi collegamenti eseguiti con nastrature o con morsetti a cappuccio.

25 ULTERIORI PRESCRIZIONI SULLE OPERE

25.1 VERNICIATURE

Tutte le tubazioni, gli staffaggi, le carpenterie in acciaio se non zincate, devono essere verniciate con due mani di antiruggine, di differente colore previa spazzolatura e pulizia delle superfici.

Le tubazioni e gli staffaggi sono verniciate con una mano di primer se zincate e 2 di antiruggine se in acciaio nero, spessore 50 µm e quindi con due mani di smalto oleosintetico a finire nei colori distintivi dei fluidi convogliati.



25.2 ETICHETTATURA ED INDIVIDUAZIONE COMPONENTI

Onde facilitare e consentire una facile lettura dell'impianto, l'Appaltatore deve individuare ed etichettare tutte le apparecchiature ed i circuiti degli impianti eseguiti, quali quadri elettrici

Le targhette debbono essere realizzate in alluminio serigrafato dimensioni 120x60 mm, con scritte nere e devono essere installate sui componenti a mezzo di viti, collari o catenelle, in posizione ben visibile.

Inoltre devono essere accuratamente indicate le posizioni che dovranno assumere le valvole, gli interruttori, i selettori, etc.

Devono inoltre essere individuati tutti i circuiti idraulici ed elettrici, a mezzo di etichette adesive colorate, dimensioni 150x50 mm; le etichette debbono riportare il nome del circuito.

25.3 MATERIALI PER OPERE METALLICHE

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciate, paglie o da qualsiasi altro difetto di fusione, laminazione, trafilature, fucinatura e simili. Essi dovranno avere tutte le caratteristiche previste nelle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e relativa Circolare 2 febbraio 2009 (n° 617) e da tutte le norme UNI vigenti e presentare inoltre, seconda della loro quantità, i requisiti indicati ai paragrafi seguenti.

25.4 FERRO

Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte, e senza altre soluzioni di continuità.

25.5 CARPENTERIE IN ACCIAIO

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e relativa CIRCOLARE 2 febbraio 2009 (n° 617) e di tutte le norme UNI vigenti, applicabili.

Per quanto applicabili e non in contrasto con le suddette Norme, si richiamano qui espressamente anche le seguenti Norme UNI:

- UNI 7070/82 relativa ai prodotti laminati a caldo di acciaio non legato di base e di qualità;
- UNI 10011/88 relativa alle costruzioni in acciaio, recante istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione;
- CNR 10016-85 relativa alle strutture miste in acciaio-calcestruzzo.



I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere "qualificati", la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, in copia riproducibile i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- I diametri e la disposizione dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- Le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- Le classi di qualità delle saldature;
- Il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature, e specificatamente: le dimensioni dei cordoli, le caratteristiche dei procedimenti, le qualità degli elettrodi;
- Gli schemi di montaggio e contrefrecce di officina.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali, nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa dovrà inoltre far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

È facoltà della Direzione dei Lavori di sottoporre il progetto, le tecnologie di esecuzione delle saldature, alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura, o di altro Ente di sua fiducia.

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 dal D.M. 27/7/1985 e successivi aggiornamenti, e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori.

Si precisa che tutti gli acciai dei gradi B, C e D, da impiegare nelle costruzioni, saranno da sottoporre, in sede di collaudo tecnologico, al controllo della resilienza.

25.6 SALDATURE

Saldature a cordone d'angolo e/o a completa penetrazione di prima classe secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e da tutte le norme UNI vigenti.

Quando richiesto dalla D.L., la fornitura dovrà essere accompagnata dai certificati relativi all'esame radiografico eseguito in officina.



Il Direttore dei lavori potrà a cura e spese dell'impresa ordinare in cantiere ulteriori controlli radiografici e ultrasonori per verificare la classe di appartenenza delle saldature eseguite.

In numero e l'estensione dei controlli magnetici da eseguire sui cordoni ad angolo verrà stabilita dal Direttore dei Lavori, e dovranno essere eseguiti a cura dell'impresa.

25.7 BULLONATURE

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e di tutte le norme UNI vigenti.

I collegamenti bullonati dovranno essere eseguiti con bulloni ad alta resistenza di classe indicata negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi e/o indicata dalla D.L.

Rosette e piastrine dovranno essere realizzate con acciaio di tipo e classe prescritti negli elaborati di progetto relativi ai singoli contratti applicativi e/o indicati dalla D.L.

25.8 ACCIAI INOSSIDABILI

La composizione e le caratteristiche meccaniche dei vari tipi di acciaio impiegati devono corrispondere ai valori fissati dagli standard AISI (American Iron Steel Institute) c/o ACI (Alloy Casting Institute).

Il tipo di acciaio sarà quello prescritto negli elaborati progettuali relativi ai singoli contratti applicativi. Per quanto riguarda i controlli ed i prelievi su questi materiali vale quanto detto nel paragrafo precedente.

In particolare, ove non diversamente specificato, si prescrive l'utilizzo di acciaio inossidabile austenitico a basso contenuto di carbonio con sigla italiana X2CrNiMo17 12, corrispondente alla classe AISI 316L, che sia conforme alla norma EN 10088 – 3, con classe di resistenza C700 (tensione di snervamento incrementata $f_{yk} = 350 \text{ N/mm}^2$, tensione ultima di trazione incrementata $f_{uk} = 700 \text{ N/mm}^2$).

In ambienti non aggressivi la D.L. potrà autorizzare l'utilizzo di acciaio inox di classe AISI 304L (o 304 se non sono previste saldature).

I metalli da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da imperfezioni sia superficiali che interne (scorie, soffiature, bolle) e da qualsiasi altro difetto di fusione.

Gli acciai inox dovranno presentare il grado di finitura previsto, di norma sabbiatura; pallinatura o satinatura ottenuta mediante smerigliatura e preceduta da decapaggio con soluzione acida. In corrispondenza di cordoni di saldatura o in altri punti particolari, la smerigliatura dovrà essere preceduta da rimozione dei residui del fondente e da sabbiatura.



Particolare cura dovrà essere posta nell'imballaggio delle lamiere e nella protezione superficiale mediante carta o plastica adesiva.

25.9 ACCIAI IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C

Gli acciai per armature di c.a. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e da tutte le norme UNI vigenti.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dallo stesso D.M. sopraccitato. Dovrà essere privo di difetti ed inquinamenti che ne pregiudichino l'impiego.

La D.L. dovrà, sottoporre a controllo in cantiere le barre ad aderenza migliorata FeB38K e FeB44K in conformità a quanto citato dal succitato decreto.

Anche in questo caso i campioni verranno prelevati in contraddittorio con l'impresa ed inviati a cura della D.L. ed a spese dell'impresa ad un Laboratorio Ufficiale.

La D.L. darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 14 gennaio 2008 sopraccitato.

Qualora l'Appaltatore intenda effettuare la sagomatura e/o l'assemblaggio delle barre al di fuori del cantiere dovrà rivolgersi ad un centro di trasformazione di cui al punto 11.3.1.7 del DM 14/01/2008.

In tal caso ogni fornitura dovrà essere accompagnata, oltre che dalla documentazione sopraccitata anche dalla seguente:

- Da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- Dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dalla Direzione Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora la Direzione dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

25.10 RETI IN ACCIAIO ELETTRIO-SALDATO

Le reti di tipo normale dovranno avere diametri compresi fra 4 e 12 mm e, se previsto, essere zincate in opera; le reti di tipo inossidabile dovranno essere ricoperte da pi- strati di zinco (circa 250 gr/mq) perfettamente aderenti alla rete; le reti laminate normali o zincate avranno un carico allo sfilamento non inferiore a 30-35kg/mmq. Tutte le reti elettro saldate da utilizzare in strutture di



cemento armato avranno le caratteristiche richieste dal citato Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008.

26 ACCETTAZIONE, QUALITÀ ED IMPIEGO DEI MATERIALI

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del presente capitolato speciale e dell'insieme degli altri elaborati progettuali relativi ad ogni singolo contratto applicativo, ferma restando l'osservanza delle norme di legge, del CEI, dell'UNI e delle tabelle UNEL o normative europee equivalenti.

Qualora nel corso dei lavori la normativa tecnica fosse oggetto di revisione, l'Impresa è tenuta a darne immediato avviso alla DL e a concordare quindi le eventuali modifiche per l'adeguamento degli impianti alle nuove prescrizioni.

Tutti i componenti dovranno essere provvisti di marcatura CE.

Se richiesto dalla DL, la Ditta dovrà fornire i cataloghi e le specifiche tecniche delle apparecchiature da installare, dalle quali risultino chiaramente tutte le caratteristiche tecniche, prestazionali e dimensionali delle stesse.

Essi devono essere della migliore qualità: possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del Direttore dei lavori; in caso di controversia, si procede ai sensi dell'art. 137 del Regolamento Generale.

Tutti i materiali ed i componenti dopo il loro arrivo in cantiere o comunque prima della relativa contabilizzazione dovranno essere approvati dalla D.L./S.A.

L'accettazione dei materiali e dei componenti, da parte della DL, è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il Direttore dei lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo la introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese.

Ove l'appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei lavori, la stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo.

L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.



Coordinamento Territoriale/Direzione
CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
Norme Tecniche per l'esecuzione di Appalto
IT.PRL.05.27- Rev. 1.0
Impianti Tecnologici in galleria – Nuove opere/Man. Straordinaria

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla direzione dei lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la direzione dei lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it