

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 RISCONTRI 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 INFORMATICA	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

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 geostretturali 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 (Baggio et alii, 1997)	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 prospettiche 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 carbosile (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, indifferente 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 (poligoni, 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 autonoma 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 freatimetro 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	$\geq 1,5''$
• materiale	PVC
• filettatura	tipo GAS

10.1.1 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- il foro o il tratto di foro, dove deve essere installato il tubo piezometrico, deve essere perforato ad acqua;
- il foro, in materiali sciolti, deve essere sostenuto da un rivestimento provvisorio;
- il diametro del foro ($\phi \geq 141$ mm) deve essere idoneo a garantire una perfetta installazione del tipo di piezometro previsto.

Le modalità d'installazione sono le seguenti:

- verificare con lo scandaglio la quota del fondo foro;
- lavare accuratamente il foro con acqua pulita immessa dal fondo fino a che non esca acqua limpida e poi riverificare la quota di fondo foro;
- sollevare il rivestimento di circa 70 cm;
- se il piezometro non è previsto a fondo foro ma ad una quota intermedia, prima dell'immissione della sabbia di fondo foro si dovrà riempire il tratto di sondaggio non utile

con una miscela di acqua cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso), sigillandola infine con un tappo di bentonite;

- immettere del materiale granulare, come sabbia pulita o ghiaietto ($\varnothing = 1 \div 4$ mm), per un'altezza di almeno 50 cm dal fondo;
- inserimento del tubo piezometrico nel foro di sondaggio, aggiungendo progressivamente gli spezzoni di tubo secondo la sequenza tratti finestrati/tratti ciechi prevista e sigillando le giunzioni. Il tratto fenestrato dovrà essere protetto con calza in TNT (tessuto non tessuto) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo;
- immettere del materiale granulare, come sabbia pulita o ghiaietto ($\varnothing = 1 \div 4$ mm), attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto finestrato e ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, controllando che il piezometro non risalga assieme al rivestimento;
- formazione di un tappo impermeabile superiore, di spessore di circa 1 m, costituito da palline di bentonite ($\varnothing = 1 \div 2$ cm), opportunamente pestellate e ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione);
- dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, si effettuerà il riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con malta di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) o altro materiale idoneo;
- sistemazione e protezione del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo piezometrico mediante spurgo.
- Lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Se il piezometro è destinato al prelievo di campioni di fluido per analisi chimico-fisiche, si installeranno tubi del diametro interno $\varnothing_{int} \geq 3''$, costituiti in PVC, HDPE (polietilene ad alta densità) o acciaio inossidabile, con rivestimento in granulare siliceo. L'uso di tubi in PVC non rivestito deve in questo caso essere concordato con la Direzione Lavori e chiaramente segnalato nella documentazione della avvenuta installazione.

Le operazioni di prelievo dei campioni d'acqua dovranno essere precedute da quelle di spurgo. Questo potrà essere realizzato tramite pompaggio, con estrazione di un volume superiore di almeno tre volte al volume nominale, comunque fino all'estrazione di acqua chiara, o ad aria compressa.

Nei casi di installazione di piezometri nell'ambito di indagini di tipo ambientale e in tutti i casi in cui sia previsto il prelievo di campioni d'acqua da sottoporre ad analisi chimiche, particolare cura dovrà essere

posta nell'utilizzo dei materiali necessari alla formazione degli strati filtranti e di sigillatura e dell'acqua delle operazioni di lavaggio, al fine di evitare qualsiasi contaminazione dell'acqua di falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura da effettuare consiste nell'individuazione del livello della falda acquifera nel terreno tramite apposita sonda (freatimetro) o trasduttori di pressione fissi.

Utilizzando il freatimetro, le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- verificare il corretto funzionamento del freatimetro immergendo il puntale in un qualsiasi recipiente pieno d'acqua pulita;
- introdurre il freatimetro all'interno del tubo piezometrico;
- lasciare scivolare in profondità per gravità il freatimetro all'interno del foro fino ad udire il segnale acustico che indica il raggiungimento, da parte della sonda, della superficie piezometrica;
- constatare che il suono sia continuo, escludendo così la possibilità che si tratti di una falsa misura, quindi sollevare la sonda fino a far cessare il cicalino;
- muovere lentamente su e giù il cavo per tratti millimetrici fino ad intercettare con precisione il punto di innesco del cicalino;
- appoggiare e fermare il cavo al bordo superiore del tubo piezometrico in misura;
- leggere la distanza da bocca tubo rilevata direttamente sul cavo centimetrato collegato alla sonda, quindi trascrivere tale valore sull'apposito modulo.

Utilizzando i trasduttori di livello (costituiti da un corpo in acciaio inossidabile a tenuta stagna contenente il trasduttore di pressione montato su supporto ceramico), si seguirà la seguente procedura:

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.;
- marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;
- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che rappresenterà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore e riportare tale valore sugli appositi moduli.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.1.2 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del bocca tubo, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero.

Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.2 PIEZOMETRO DI CASAGRANDE A DOPPIO TUBO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.005 "PIEZOMETRO DI CASAGRANDE A DOPPIO TUBO"
- IG.10.001.005.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.001.005.b "per ogni ml di doppio tubo installato con diametro 0,5" + 0,5" "
- IG.10.001.005.c "per ogni ml di doppio tubo installato con diametro 0,5" + 1,5" "
- IG.10.001.022 "SPURGO PIEZOMETRI"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Il piezometro sarà installato accoppiando due tubi di diametro 0,5" o accoppiandone uno da 0,5" con uno da 1,5" (nel caso sia prevista una futura centralizzazione mediante trasduttore di pressione).

La voce si riferisce a tubi piezometrici in PVC con filettatura di tipo GAS.

Il prezzo al ml è considerato per doppio tubo installato, ossia per coppia di cannette.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, il riempimento del foro (tratto filtrante, tamponi impermeabili e cementazione), lo spurgo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.2.1 Descrizione

Il piezometro di Casagrande è adatto a terreni con permeabilità media o medio bassa ($k > 10^{-9}$ m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con celle tipo Casagrande, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

I piezometri di Casagrande sono costituiti da un filtro cilindrico di materiale poroso (ceramica, plastica porosa) avente una cavità interna, collegata con una doppia tubazione piezometrica (da 0,5" a 1,5"). L'elemento filtrante (cella) ha lunghezza di circa 20cm e diametro esterno compreso tra 5 e 6.5 cm.

Lo strumento viene calato in fori di sondaggio e la posizione della cella dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda. La cella piezometrica deve essere installata al centro di un tratto filtrante di sabbia, opportunamente creato, di spessore minimo di 1m. Al di sopra e, se necessario, al di sotto dello strato filtrante saranno realizzati dei tappi in bentonite di almeno 0,5m necessari ad isolare il tratto filtrante.

La misura del livello dell'acqua nel tubo viene eseguita attraverso freatimetri (sensore elettrico con fettuccia centimetrata) oppure con trasduttori di pressione elettrici.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Caratteristiche tecniche

- Tubi
 - lunghezza tubi 3m
 - diametro interno per letture manuali 0,5"

- diametro interno per letture automatiche 1,5"
- materiale PVC
- filettatura tipo GAS
- Cella di Casagrande
 - cella ceramica porosa o plastica porosa
 - lunghezza $\cong$ 200mm
 - porosità 20 micron
 - diametro esterno 50 - 65mm

10.2.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- immergere la cella di Casagrande in un contenitore di acqua per consentirne preventivamente la saturazione;
- il foro, dove deve essere installata la cella piezometrica, deve essere perforato ad acqua;
- il foro, in materiali sciolti, deve essere sostenuto da un rivestimento provvisorio;
- il diametro del foro deve essere idoneo a garantire una perfetta installazione del tipo e delle quantità di piezometri previsti;
- in caso d'installazione di due piezometri nello stesso foro, si dovrà procedere prima dell'installazione del secondo piezometro, al riempimento, a meno di 1,5m, del tratto di foro compreso tra i due piezometri (ritirando, quando presenti, man mano i rivestimenti provvisori). Le proporzioni della miscela cemento-bentonite-acqua, da utilizzare per il riempimento, dovrà indicativamente essere costituita da 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua (altre raccomandazioni indicano rapporti 50-10-100 o 50-5-100). Ad avvenuto inizio della presa, si poserà un tappo impermeabile costituito da palline preconfezionate di bentonite ($\varnothing$ tra 1 e 2 cm) in strati di 20cm alternate a strati di ghiaietto di 2-3cm, per uno spessore complessivo di 1 m e conseguente ulteriore ritiro del rivestimento. Al termine della suddetta operazione si opererà un abbondante lavaggio del foro con acqua pulita.

La cella piezometrica deve essere installata al centro di un tratto filtrante di sabbia, opportunamente creato, di spessore minimo di 1m. Al di sopra e, se necessario, al di sotto dello strato filtrante saranno realizzati dei tappi in bentonite di almeno 0,5m necessari ad isolare il tratto filtrante. L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- creazione di un tappo di fondo in bentonite (se necessario);
- posa di uno strato di sabbia per uno spessore di almeno 0,5 metri;
- discesa a quota della cella di Casagrande (mantenuta fino a quel momento in acqua pulita), assicurandosi che i giunti di collegamento dei relativi tubi garantiscano una perfetta tenuta idraulica;
- posa di sabbia pulita attorno e sopra (almeno 0,5m) la cella di Casagrande, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna ci sia sempre un po' di sabbia;
- posa del tappo impermeabile superiore costituito da palline preconfezionate di bentonite (1-2 cm) in strati di 20 cm alternate a strati di ghiaietto di 2-3 cm, per lo spessore complessivo di 1m, ritirando man mano i rivestimenti (senza ruotare) e costipando sui livelli di ghiaietto. Il rivestimento viene man mano ritirato con la solita avvertenza;
- Nel caso di vicinanza alla quota di posa del secondo piezometro - ove prescritto - il tappo impermeabile può essere prolungato fino a 0,5 m al di sotto di tale quota; la posa del secondo piezometro avverrà ripetendo le operazioni precedentemente descritte;
- dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, effettuare il riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua (con le proporzioni sopra menzionate) e pompata dal basso e a bassa pressione mediante tubo PN (da perforare a ridosso dell'estremità) vincolato alla tubazione piezometrica durante la fase di discesa in foro.
- sistemazione e protezione del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo piezometrico mediante spurgo.
- Lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così

come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura da effettuare consiste nell'individuazione del livello della falda acquifera nel terreno tramite apposita sonda (freatimetro) o trasduttori di pressione fissi.

Utilizzando il freatimetro, le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- verificare il corretto funzionamento del freatimetro immergendo il puntale in un qualsiasi recipiente pieno d'acqua pulita;
- introdurre il freatimetro all'interno del tubo piezometrico;
- lasciare scivolare in profondità per gravità il freatimetro all'interno del foro fino ad udire il segnale acustico che indica il raggiungimento, da parte della sonda, della superficie piezometrica;
- constatare che il suono sia continuo, escludendo così la possibilità che si tratti di una falsa misura, quindi sollevare la sonda fino a far cessare il cicalino;
- muovere lentamente su e giù il cavo per tratti millimetrici fino ad intercettare con precisione il punto di innesco del cicalino;
- appoggiare e fermare il cavo al bordo superiore del tubo piezometrico in misura;
- leggere la distanza da bocca tubo rilevata direttamente sul cavo centimetrato collegato alla sonda, quindi trascrivere tale valore sull'apposito modulo.

Utilizzando i trasduttori di livello (costituiti da un corpo in acciaio inossidabile a tenuta stagna contenente il trasduttore di pressione montato su supporto ceramico), si seguirà la seguente procedura:

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.;
- marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;
- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che rappresenterà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore e riportare tale valore sugli appositi moduli.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico “quota dal p.c.- tempo” nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.) e del bocca tubo, note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.3 PIEZOMETRO ELETTRICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.010 “PIEZOMETRO ELETTRICO”
- IG.10.001.010.a “per ogni piezometro elettrico piezo-resistivo”
- IG.10.001.010.b “per ogni piezometro elettrico a corda vibrante”
- IG.10.001.025 “MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO”

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, il riempimento del foro (tratto filtrante, tamponi impermeabili e cementazione) e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (ad es. sacchetto di TNT da riempire con sabbia). Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.3.1 Descrizione

L'impiego dei piezometri elettrici è adatto a terreni con permeabilità bassa ($k < 10^{-8}$ m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con piezometri elettrici, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

I piezometri elettrici sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente il sensore di misura, e da un filtro, realizzato in acciaio sinterizzato o ceramica o plastica. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina.

I piezometri elettrici possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione.

Prima dell'installazione vera e propria, lo strumento viene inserito, dopo aver disareato e saturato il filtro, in un apposito sacchetto in TNT riempito di sabbia e tenuto immerso in un contenitore di acqua pulita fino al momento dell'installazione. Lo strumento viene poi calato all'interno del foro di sondaggio e la sua posizione dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda.

Il piezometro elettrico, per non essere soggetto a malfunzionamenti, nella fase di esercizio dovrà sempre essere immerso in acqua. Per tale motivo ci si dovrà assicurare che ci sia un adeguato battente d'acqua al di sopra dello strumento, una volta installato (al fine di mettere al riparo lo strumento da possibili oscillazioni della falda).

La misura del livello dell'acqua viene eseguita attraverso apposite centraline di misura.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

• materiale del corpo	acciaio inox
• campo di misura	0-100 kPa
• risoluzione	0.2% FS
• precisione totale	± 0.25% FS

10.3.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- disareare e saturare il filtro;
- inserire il piezometro in un sacchetto in TNT riempito di sabbia pulita e lasciarlo immerso in un contenitore di acqua pulita per mantenere la saturazione del filtro;
- effettuare una misura pre-installazione in "aria libera" per verificare la funzionalità del piezometro e confrontare il valore con quello riportato sul certificato di taratura dello strumento.

Il piezometro deve essere installato al centro di un tratto filtrante di sabbia, opportunamente creato, di spessore minimo di 1 m. Al di sopra e, se necessario, al di sotto dello strato filtrante saranno realizzati dei tappi in bentonite di almeno 0,5m necessari ad isolare il tratto filtrante.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- creazione di un tappo di fondo in bentonite (se necessario);
- posa di uno strato di sabbia per uno spessore di almeno 0,5 metri;
- discesa a quota del piezometro (mantenuto fino a quel momento in acqua pulita);
- posa di sabbia pulita attorno e sopra (almeno 0,5m) il piezometro, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna ci sia sempre un po' di sabbia;
- posa del tappo impermeabile superiore costituito da palline preconfezionate di bentonite (1-2 cm) in strati di 20 cm alternate a strati di ghiaietto di 2-3 cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza ruotare) e costipando sui livelli di ghiaietto. Il rivestimento viene man mano ritirato con la solita avvertenza;
- dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, effettuare il riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore

fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua (con le proporzioni: 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua) e pompata dal basso e a bassa pressione mediante tubo PN (da perforare a ridosso dell'estremità) calato all'interno del foro;

- sistemazione e protezione del cavo del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un Datalogger fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale alla pressione esercitata sul diaframma e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di soggiacenza della falda.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.), note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.4 PIEZOMETRO ELETTRICO AD INFISSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.015 "PIEZOMETRO ELETTRICO AD INFISSIONE"
- IG.10.001.015.a "per ogni piezometro elettrico ad infissione piezo-resistivo"
- IG.10.001.015.b "per ogni piezometro elettrico ad infissione a corda vibrante"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale pre-assemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, il riempimento del foro (tamponi impermeabili e cementazione) e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.4.1 Descrizione

L'impiego dei piezometri elettrici ad infissione è adatto a terreni soffici con permeabilità bassa ($k < 10^{-8}$ m/sec). Il tempo di risposta delle variazioni piezometriche rilevabili con piezometri elettrici, in questi tipi di terreni, è relativamente breve.

I piezometri elettrici sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile (contenente il sensore di misura) con una punta adatta ad essere spinta in terreni soffici mediante sonde o penetrometri, e da un filtro, realizzato generalmente in ceramica. Il diametro della punta, più grande del corpo dello strumento, previene l'insorgere di eventuali sovrappressioni che potrebbero danneggiare il sensore stesso. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina.

I piezometri elettrici possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino

al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione.

L'infissione all'interno dello strato desiderato può avvenire direttamente dalla superficie del terreno oppure dal fondo di un foro di sondaggio (in caso fosse necessario attraversare strati duri come, ad esempio, sabbia o ghiaia). L'infissione da fondo foro viene utilizzata anche per minimizzare gli effetti di rimaneggiamento del terreno ed evitare l'intasamento del filtro.

La misura del livello dell'acqua viene eseguita attraverso apposite centraline di misura.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

• materiale del corpo	acciaio inox
• campo di misura	0-100 kPa
• risoluzione	0.2% FS
• precisione totale	±0.25% FS

10.4.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- effettuare una misura pre-installazione in "aria libera" per verificare la funzionalità del piezometro e confrontare il valore con quello riportato sul certificato di taratura dello strumento;
- eseguire il foro di sondaggio (in caso di installazione a fondo foro).

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti diverse fasi, a seconda che l'infissione avvenga da piano campagna o all'interno di un foro di sondaggio. In entrambi i casi sarà opportuno, durante l'infissione, misurare costantemente lo strumento, mediante apposita centralina, per verificare l'insorgenza di sovrappressioni.

1. Per installazioni da piano campagna:

- spingere il piezometro utilizzando una sonda o un penetrometro, agendo sulle aste di spinta appoggiate alla punta del piezometro;
- aggiungere man mano delle ulteriori aste di spinta, fin quando non si è raggiunta la quota di posa voluta;
- una volta terminata l'infissione, estrarre le aste di spinta;
- sistemazione e protezione del cavo del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

2. Per installazioni in foro di sondaggio:

- dopo aver praticato il foro, inserire l'asta sul cavo e sul piezometro, aggiungendo aste fino a quando il piezometro non raggiunge il fondo del foro;
- arrivati a fondo foro, spingere il piezometro nella parte inferiore utilizzando la sonda stessa o un penetrometro, agendo sulle aste di spinta appoggiate alla punta del piezometro;
- arrivati alla quota desiderata, estrarre le aste di spinta;
- creare un tappo di bentonite di circa 1m che vada a riempire la parte finale del foro di sondaggio;
- dopo aver aspettato il tempo necessario alla corretta formazione del tappo impermeabile in bentonite, effettuare il riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile fino alla sommità, mediante malta costituita da cemento-bentonite-acqua (con le proporzioni: 30 parti di peso cemento, 6 di bentonite e 100 di acqua) e pompata dal basso e a bassa pressione mediante tubo PN (da perforare a ridosso dell'estremità) calato all'interno del foro;
- sistemazione e protezione del cavo del piezometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- lettura di zero da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario

eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

La misura deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un Datalogger fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale alla pressione esercitata sul diaframma e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di soggiacenza della falda.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

10.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.), note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero;
- Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.5 TRASDUTTORE DI PRESSIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.001.020 "TRASDUTTORE DI PRESSIONE"
- IG.10.001.020.a "per ogni trasduttore di pressione elettrico piezo-resistivo"
- IG.10.001.020.b "per ogni trasduttore di pressione a corda vibrante"
- IG.10.001.025 "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste.

Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza.

Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. Nel prezzo è inoltre inclusa la prima misura in esercizio dello strumento, da effettuarsi in seguito al riequilibrio del livello statico medio della falda.

10.5.1 Descrizione

Il trasduttore di pressione è concepito per la misura automatica delle pressioni neutre all'interno di tubo piezometrico già installato. L'installazione può essere effettuata sia all'interno di un piezometro a tubo aperto che all'interno di un piezometro di Casagrande (generalmente nella canna da 1,5").

I trasduttori di pressione sono generalmente costituiti da un corpo cilindrico in acciaio inossidabile contenente il sensore di misura, e da un filtro, realizzato in acciaio sinterizzato o ceramica o plastica. Al corpo cilindrico è poi connesso uno specifico cavo elettrico necessario per effettuare le misure mediante apposita centralina.

I trasduttori di pressione possono avere un sensore di tipo piezo-resistivo o a corda vibrante. A seconda del tipo di sensore con cui il piezometro elettrico è costituito, si avranno diversi parametri di fondo scala, accuratezza e durabilità dello strumento. In entrambi i casi, comunque, il principio che ne regola il funzionamento è legato essenzialmente al seguente principio: il diaframma contenuto nel corpo cilindrico, vicino al filtro, si inflette per effetto della pressione dell'acqua, e lo spostamento del diaframma è proporzionale alla pressione applicata dall'acqua. Quello che cambia è il sistema di misura della pressione.

Prima dell'installazione dello strumento, viene disareato e saturato il filtro e il trasduttore viene tenuto immerso in un contenitore di acqua pulita fino al momento dell'installazione. Lo strumento viene poi calato all'interno del tubo piezometrico e la sua posizione dipenderà dalla profondità alla quale è localizzata la falda, assicurandosi di avere un sufficiente battente di acqua al di sopra.

Il trasduttore, per non essere soggetto a malfunzionamenti, nella fase di esercizio dovrà sempre essere immerso in acqua. Per tale motivo ci si dovrà assicurare che ci sia un adeguato battente d'acqua al di sopra dello strumento, una volta installato (al fine di mettere al riparo lo strumento da possibili oscillazioni della falda).

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto. Eventuali variazioni, dovute alla singolarità di alcuni casi, dovranno comunque essere concordate con ANAS.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

L'Affidatario dovrà informare il DEC o DL riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto e comunicata alla DL.

Caratteristiche tecniche minime

• materiale del corpo	acciaio inox
• campo di misura	0-100 kPa
• risoluzione	0.2% FS
• precisione totale	±0.25% FS

10.5.2 Modalità esecutive

Installazione

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare l'integrità della strumentazione;
- disareare e saturare il filtro;
- lasciare lo strumento immerso in un contenitore di acqua pulita per mantenere la saturazione del filtro;
- effettuare una misura pre-installazione in "aria libera" per verificare la funzionalità del trasduttore e confrontare il valore con quello riportato sul certificato di taratura dello strumento;
- verificare l'accessibilità del piezometro all'interno del quale verrà installato il trasduttore;
- effettuare, mediante freatimetro, una misura preliminare del livello di falda nel piezometro.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- stendere il cavo collegato al trasduttore e misurarne l'esatta distanza, pari alla profondità di posa rispetto al p.c.;
- marcare con nastro il punto sul cavo;
- calare il trasduttore entro il tubo in PVC alla profondità prestabilita, reggendolo per il cavo;

- raggiunta la quota, sospendere lo strumento per mezzo di un idoneo sistema di fissaggio da applicare in superficie all'estremità del tubo medesimo;
- leggere sul display della centralina il valore di misura che rappresenterà il battente idraulico al di sopra della quota di posa del sensore e riportare tale valore sugli appositi moduli (aspettare il tempo necessario al riequilibrio del sistema);
- effettuare contestualmente anche una lettura mediante freatimetro e riportare tale lettura sugli appositi moduli.

Misure

La misura deve essere effettuata mediante un'apposita centralina portatile o mediante collegamento del cavo di misura ad un Datalogger fisso.

Il segnale elettrico registrato è proporzionale alla pressione esercitata sul diaframma e, in fase di elaborazione, sarà trasformato nel valore di soggiacenza della falda.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "quota dal p.c.- tempo" nel quale si visualizzano nel tempo le variazioni di profondità subite dalla superficie piezometrica.

Periodicamente dovrà essere effettuata una misura di riscontro mediante freatimetro, al fine di verificare la corretta funzionalità del trasduttore di pressione.

10.5.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- Certificato di taratura e certificato di conformità;
- Scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- Scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta dell'estremità superiore del pozzetto di protezione (quota al p.c.), note e problematiche varie;
- Report della lettura di zero.
- Report delle successive letture piezometriche (se prevista la prosecuzione delle misure).

10.6 MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.001.025** "MISURA DEL LIVELLO DI FALDA SU PIEZOMETRO"

Le specifiche inerenti la misura del livello di falda sono descritte nell'apposita voce "MISURE" presente nei rispettivi paragrafi dei vari piezometri.

La presente voce va computata solo per misure successive alla prima (sia mediante freatimetro che tramite centralina portatile), in quanto la misura di zero dello strumento è intesa come parte integrante dell'installazione dello stesso, e quindi già riconosciuta nel costo di fornitura e posa in opera.

Il prezzo è relativo alla misura di ogni singolo piezometro.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

La misura di zero dovrà essere eseguita quando sia accertato il riequilibrio del sistema a seguito dell'installazione del piezometro.

11 INCLINOMETRI / ESTENSOINCLINOMETRI

L'installazione di un inclinometro permette di rilevare spostamenti orizzontali del terreno (corpo in frana, rilevato, area interessate da scavi) o di strutture (pali o paratie) cioè aree soggette prevalentemente a spinte orizzontali. Permette la verifica dello stato deformativo degli strati di terreno adiacenti ad uno scavo ed è quindi impiegato per l'analisi e la risoluzione di molte problematiche di carattere geotecnico.

Lo stato deformativo dei tubi inclinometrici è rilevato mediante misure condotte con sonde removibili o fisse. Di solito si effettuano misure mediante sonde removibili, anche se è prevista la possibilità, una volta individuate le zone critiche o per necessità di acquisizione automatica in tempo reale, di attrezzare il tubo con sonde inclinometriche fisse (catene inclinometriche), che verranno posizionate, all'interno del tubo inclinometrico, alle quote ritenute critiche. Le postazioni fisse potranno essere così lette periodicamente o mediante acquisizione automatica in modo da sorvegliare costantemente il possibile movimento in atto.

Le principali applicazioni degli inclinometri sono essenzialmente:

- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno sovrastanti e adiacenti le gallerie durante le fasi di scavo;
- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno interessati dalla realizzazione di opere civili durante le fasi di scavo;
- controllo della stabilità delle opere di contenimento;
- controllo dei movimenti del terreno in generale.

Si dovrà prevedere l'installazione degli inclinometri in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure ante operam. In tale fase, nella quale le spinte orizzontali possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Nell'installazione degli inclinometri e degli estensoinclinometri ci si dovrà assicurare che il fondo del tubo sia spinto, per una profondità minima di 5m, all'interno di una zona indisturbata ritenuta non soggetta ad eventuali deformazioni o spostamenti.

Nell'esecuzione degli scavi dovranno essere messe in campo tutte le precauzioni atte a tutelare l'ambiente circostante e tutte le eventuali opere antropiche limitrofe (infrastrutture, edifici, sottoservizi, ecc.).

Occorre quindi che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori ed in particolare nel corso dell'esecuzione delle opere provvisorie.

Prima di iniziare i lavori di sterro, di riporto e di scavo, l'Affidatario è obbligato ad eseguire la 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.

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 spiralatura 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 boiacca 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'avvenuto spurgo a boccaforo. In questa fase sarà importante che il tubo inclinometrico venga completamente riempito di acqua, atta a contrastare l'eventuale risalita causata dal sottospinta del cemento. Si avrà inoltre cura di creare sull'estremità superiore dell'inclinometro un tappo con del nastro adesivo che impedisca l'ingresso di eventuali impurità;
- si provvederà quindi all'installazione della testa strumento (necessaria all'alloggiamento della carrucola durante le successive misure) e, successivamente, alla sistemazione e protezione dell'inclinometro mediante un pozzetto in cls, PVC o ghisa (a seconda del contesto circostante);
- pulitura del tubo inclinometrico mediante spurgo con acqua pulita;

- indicare, sulla testa del tubo, in modo inequivocabile e permanente, la guida scelta come guida 1 di riferimento;
- prendere, con una bussola, l'azimut tra la guida di riferimento e il nord;
- accertarsi dell'avvenuta consolidazione della boiaccia cementizia;
- verifica dell'accessibilità del tubo inclinometrico mediante sonda testimone. La sonda testimone dovrà essere inserita in tutte le guide, portata a fondo foro e fatta risalire fino a boccatubo. Controllare che le guide di uscita della sonda testimone corrispondano a quelle di entrata; in caso contrario ci sarà un difetto di fabbricazione delle guide (o sarà insorta una problematica in fase di installazione) che avrà causato la fuoriuscita della sonda testimone dalle guide;
- a seguito dell'esito positivo mediante sonda testimone effettuare la misura mediante sonda spiralometrica, al fine di determinare il grado di torsione del tubo inclinometrico. Tale fase può anche essere successiva alla lettura di zero dello strumento;
- lettura di zero da effettuarsi quando sia accertata la consolidazione della boiaccia cementizia (aspettare qualche giorno) e, in generale, quando sia verificata l'assenza di eventuali interferenze (es. vibrazioni legate a lavorazioni limitrofe) che possano inficiare la bontà della misura di zero.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di scavo l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure inclinometriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) che determinerà la geometria della verticale inclinometrica con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi

tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in *ante operam*, al fine di “fotografare” la situazione in possibile assenza di spinte orizzontali.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di sonde removibili o mediante sonde fisse. Nel caso di utilizzo di sonde fisse dovrà comunque essere effettuato, precedentemente alla loro installazione, un numero adeguato di misure mediante sonda removibile (almeno un paio) in modo tale che, se dovessero esserci problemi con le sonde fisse, si potrà sempre proseguire con le misure manuali.

La sonda deve essere realizzata secondo elevati standard qualitativi e i materiali impiegati devono rispondere a severe specifiche prestazionali rispetto ai diversi fattori d'esercizio che possono alterare nel tempo la sensibilità e precisione della sonda. In particolare, per la sonda biassiale, devono essere garantiti elevati standard qualitativi miranti ad assicurare la massima ortogonalità tra gli assi dei sensori e l'allineamento con il piano carrello.

Inoltre, per assicurare la precisione delle letture inclinometriche, è altrettanto essenziale che la sonda removibile sia sottoposta periodicamente ad un accurato controllo di taratura.

Di seguito si riportano alcune caratteristiche che la sonda removibile dovrà avere:

• tipo di sensore	biassiale (servoaccelerometrico e MEMS)
• campi di misura	$\pm 30^\circ$
• campo di temperatura	-20 / +70 °C
• carrello porta sensore	sonda a rotelle basculanti in acciaio inox
• interasse rotelle	500 mm
• sensibilità	± 0.05 mm per 500 mm
• precisione	$\pm 0.1\%$ f.s.

Utilizzando la sonda mobile le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- predisporre la strumentazione collegando la sonda al cavo di misura;
- calare la sonda fino a fondo foro, secondo l'esatta orientazione della stessa, lungo la guida di riferimento;
- aspettare che la sonda si adatti alla temperatura presente nel tubo inclinometrico (almeno 10-15 minuti);
- collegare (se previsto un collegamento diretto) la centralina di misura al cavo di misura;
- sollevare la sonda sino al primo riscontro (nottolino del cavo di misura) utile ed effettuare la prima misura;

- sollevare la sonda di 0,5 m sino al successivo riscontro ed effettuare la misura. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, il passo di misura potrà variare da 0,5 m a 1 m;
- procedere secondo la fase precedente fino ad arrivare alla sommità del tubo inclinometrico;
- estrarre la sonda, ruotarla di 90° in senso orario e reinserirla, calandola fino a fondo foro, nella guida successiva. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, la lettura potrà essere effettuata a 2 guide (ogni 180°) anziché a 4 guide (ogni 90°);
- terminate le misure manuali si provvederà a scaricare i dati della centralina su pc e ad effettuarne l'elaborazione.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico "inclinazione – tempo", in cui si visualizzano nel tempo le variazioni di inclinazione dei sensori alle varie profondità di installazione.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'inclinometro (nome inclinometro, lunghezza, azimuth 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, 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”.

11.2 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

tale che, se dovessero esserci problemi con le sonde fisse, si potrà sempre proseguire con le misure manuali.

La sonda deve essere realizzata secondo elevati standard qualitativi e i materiali impiegati devono rispondere a severe specifiche prestazionali rispetto ai diversi fattori d'esercizio che possono alterare nel tempo la sensibilità e precisione della sonda. In particolare, per la sonda biassiale, devono essere garantiti elevati standard qualitativi miranti ad assicurare la massima ortogonalità tra gli assi dei sensori e l'allineamento con il piano carrello.

Inoltre, per assicurare la precisione delle letture inclinometriche, è altrettanto essenziale che la sonda removibile sia sottoposta periodicamente ad un accurato controllo di taratura.

Di seguito si riportano alcune caratteristiche che la sonda removibile dovrà avere:

- tipo di sensore biassiale (servoaccelerometrico e MEMS)
- campi di misura $\pm 30^\circ$
- campo di temperatura $-20 +70^\circ\text{C}$
- carrello porta sensore sonda a rotelle basculanti in acciaio inox
- interasse rotelle 500 mm
- sensibilità $\pm 0.05\text{ mm per }500\text{ mm}$
- precisione $\pm 0.1\% \text{ f.s.}$
- risoluzione estensimetro 0.01 mm

Utilizzando la sonda mobile le operazioni da effettuare sono le seguenti:

- predisporre la strumentazione collegando la sonda al cavo di misura;
- calare la sonda fino a fondo foro, secondo l'esatta orientazione della stessa, lungo la guida di riferimento;
- aspettare che la sonda si adatti alla temperatura presente nel tubo inclinometrico (almeno 10-15 minuti);
- collegare, se previsto un collegamento diretto, la centralina di misura al cavo di misura;
- sollevare la sonda sino al primo riscontro (nottolino del cavo di misura) utile ed effettuare la prima misura;
- sollevare la sonda di 0,5 m sino al successivo riscontro ed effettuare la misura. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, il passo di misura potrà variare da 0,5 m a 1 m;
- procedere secondo la fase precedente fino ad arrivare alla sommità del tubo inclinometrico;

- estrarre la sonda, ruotarla di 90° in senso orario e reinserirla, calandola fino a fondo foro, nella guida successiva. Strettamente per le misure successive alla prima, se stabilito dal progettista in accordo con ANAS, la lettura potrà essere effettuata a 2 guide (ogni 180°) anziché a 4 guide (ogni 90°);
- terminate le misure manuali si provvederà a scaricare i dati della centralina su pc e ad effettuarne l'elaborazione.

I dati ottenuti vengono diagrammati in grafici "inclinazione – tempo" e "spostamenti verticali – tempo". È inoltre possibile (avendo la misura delle deformazioni lungo le tre componenti X-Y-Z, ottenere un grafico degli spostamenti 3D nel tempo.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensoinclinometro (nome estensoinclinometro, lunghezza, azimuth 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, azimuth 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
• dimensione base a piastra	≥ 500 mm x 500 mm e spessore ≥ 3mm

- dimensione base a punto fisso altezza $\geq 600\text{mm}$ e diametro $\geq 60\text{mm}$
- materiale borchia di misura acciaio inox o ottone
- diametro aste $\geq 25\text{mm}$

12.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- In caso di installazione di estensimetro a punto fisso in foro di sondaggio predisporre dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20). Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 1m di distanza dalla barra di fondo e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm;
- verificare l'integrità della strumentazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi a seconda del differente estensimetro considerato.

ESTENSIMETRO A PIASTRA

- eseguire uno scavo profondo circa 1 m circa da piano campagna. Il fondo dello scavo sarà livellato con sabbia fine (circa 20 cm) e compattata in modo da ottenere una superficie orizzontale sulla quale sarà posata la piastra;
- posare la piastra e avvitare il primo spezzone di asta;
- verificare la perfetta verticalità dell'asta avvitata alla piastra;
- predisporre la guaina corrugata (svincolata dalla piastra) intorno al primo spezzone;
- man mano che si procede con l'elevazione del rilevato si dovrà prolungare l'asta di misura, aggiungendo successivi spezzoni, avvitati tra loro tramite giunti e aggiungendo, quindi, i vari spezzoni di guaina corrugata (avvitando anch'essi tra di loro e sigillandoli con il nastro adesivo);
- sull'ultimo spezzone dovrà essere avvitata la borchia per le misure topografiche;
- per evitare possibili danneggiamenti causati dai mezzi di cantiere, il sistema asta di misura-rivestimento dovrà essere esternamente protetto con tubi prefabbricati in cemento, del diametro di circa 50 cm. L'intercapedine tra il tubo in cemento e la guaina dell'estensimetro dovrà essere riempita a mano;
- installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;

- la testa dell'asta di misura dovrà sporgere dalla guaina per consentire le misure topografiche di controllo;
- effettuare la lettura di zero mediante battuta topografica.

ESTENSIMETRO A PUNTO FISSO

- eseguire una perforazione di diametro adeguato all'inserimento dell'estensimetro;
- verificare con uno scandaglio la profondità del foro;
- avvitare il primo spezzone alla base (costituita da un perno di circa 60 cm, sul quale sono disposti una serie di dischi in acciaio inox di 6cm circa di diametro);
- accoppiare la prima porzione di guaina corrugata intorno al primo spezzone di asta poggiandola sull'apposito anello portaguaina;
- man mano che si cala lo strumento nel foro verranno inseriti ulteriori spezzoni di asta (avvitandoli tra loro mediante appositi giunti) e nuovi segmenti di guaina (avvitati tra loro e sigillati mediante nastro adesivo);
- sull'ultimo spezzone dovrà essere avvitata la borchia per le misure topografiche;
- terminata la posa in opera dell'estensimetro sollevare il rivestimento del foro di sondaggio di circa 1,5 m senza rotazione;
- iniettare in prossimità del fondo foro la malta cementizia formata da acqua, cemento e bentonite (in rapporto di 100 - 30 - 5) per almeno 2 m e aspettare il tempo necessario alla presa;
- successivamente riempire il foro di materiale idoneo (es. sabbia o ghiaietto) fino a boccaforo, sollevando man mano i rivestimenti senza rotazione;
- eseguire un piccolo getto con calcestruzzo per bloccare il terminale di superficie;
- installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;
- la testa dell'asta di misura dovrà sporgere dalla guaina per consentire le misure topografiche di controllo;
- effettuare la lettura di zero mediante battuta topografica.

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure sono eseguite mediante battute topografiche sulla borchia di lettura e in riferimento ad un caposaldo fisso preinstallato. I vari spostamenti della porzione di terreno a cui è vincolata la base si traducono in spostamenti della borchia di misura.

I dati ottenuti vengono diagrammati in un grafico "cedimento - tempo", in cui si visualizzano nel tempo le variazioni alle varie profondità di installazione delle basi.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza, quota d'installazione della base, quota della borchia di misura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta della base, della testa strumento, lunghezza delle aste, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

12.3 ESTENSIMETRO INCREMENTALE IN PVC (DOTATO DI RISCONTRI DI MISURA INTERNI A BATTUTA)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.020.010** “ESTENSIMETRO INCREMENTALE IN PVC (CON RISCONTRI DI MISURA INTERNI A BATTUTA)”
- **IG.10.020.010.a** “per ogni installazione/approntamento”
- **IG.10.020.010.b** “per ogni ml di tubo”
- **IG.10.020.030.c** “MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - incrementale”

Nel prezzo sono inclusi i manicotti.

Nel prezzo è inoltre inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Il prezzo comprende lo strumento in tutte le sue componenti e considerando un passo di misura non superiore a 1 ml.

12.3.1 Descrizione

L'estensimetro incrementale è utilizzato per le misure di deformazioni lungo la direzione assiale di un foro di sondaggio, sia verso il basso che inclinato, mediante l'utilizzo di una sonda di precisione. Le basi di misura sono in questo caso fornite da una serie di riscontri interni al tubo stesso (con passo 1 m), sui quali la sonda effettua una battuta di lettura.

L'estensimetro incrementale è spesso utilizzato per la misura dell'estrusione del fronte delle gallerie, sia durante le fasi di scavo che durante i periodi di fermo lavori. Durante lo scavo andranno distrutti i primi metri di tubazione, ma la tipologia dello strumento consente la lettura sulla porzione restante all'interno dell'ammasso.

Un'altra applicazione è quella legata alla misura degli effetti in seguito ad iniezioni cementizie come, ad esempio, nella consolidazione dei terreni mediante *jet-grouting*.

L'estensimetro incrementale è generalmente composto da:

- tubi in PVC con riscontro interno;
- manicotti per la giunzione dei vari spezzoni;

- tappo di fondo;
- testa di misura.

Caratteristiche tecniche

- materiale tubi PVC
- lunghezza spezzoni 1m
- tipo di riscontro interno a “croce”

Caratteristiche tecniche della sonda di misura

- campo di misura ± 20 mm/m
- sensibilità ± 0.01 mm
- precisione ± 0.03 mm
- campo di temperatura $-10 / +40^{\circ}\text{C}$
- impermeabile fino a 15 bar

12.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- predisporre dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20). Lo sfiato della cannetta dovrà essere posizionato ad almeno 1m di distanza dal tappo di fondo e la canna stessa dovrà essere incisa nel suo primo tratto tramite taglierino in due - tre punti equidistati tra loro circa 20 cm. Se la lunghezza dello strumento supera i 30 ml, si dovranno prevedere due tubi di iniezione, uno da fondo foro e uno a circa metà lunghezza;
- verificare l'integrità della strumentazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi a seconda del differente estensimetro considerato:

- pre-assemblare i vari spezzoni da 1 m, formando spezzoni di 2 m o 3 m;
- l'unione dei vari spezzoni avverrà infilando i vari spezzoni all'interno dei manicotti, nel verso indicato dai riferimenti presenti su di essi e avvitando le viti all'interno dei fori predisposti. In ultimo sigillare mediante diversi giri di nastro adesivo;
- installare il tappo di fondo al primo spezzone così creato e al quale si collegherà la canna di iniezione della boiaccia cementizia;

- inserire nel foro di sondaggio il primo spezzone e, man mano che si procede all'inserimento, collegare gli ulteriori spezzoni secondo le modalità già illustrate;
- se l'estensimetro è più lungo di 30 ml collegare una seconda cannetta di iniezione con sfiato a metà della lunghezza del foro di sondaggio;
- arrivati a fondo foro si procederà alla cementazione;
- se il foro di sondaggio è di tipo inclinato, prima di procedere all'iniezione della boiaccia cementizia si dovrà realizzare un tappo a bocca foro utilizzando cemento a presa rapida e gesso. Inoltre si dovrà installare una canna di sfiato (che si protenda all'interno del foro per non più di un metro) onde poter verificare l'avvenuto intasamento del foro;
- iniettare a partire da fondo foro la boiaccia cementizia con rapporto acqua -cemento - bentonite pari 100-50-2 (in alternativa alla bentonite si potrà utilizzare un additivo con funzione fluidificante ed accelerante di presa. In caso di ostruzione della cannetta di iniezione più lunga, si dovrà proseguire la cementazione attraverso la cannetta più corta;
- a livello di riempimento raggiunto e stabilizzazione avvenuta, si deve procedere al lavaggio dell'interno del tubo con acqua pulita;
- in caso di installazione da piano campagna verso il basso, installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;
- effettuare la lettura di zero (non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi).

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di

realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in *ante operam*, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

La strumentazione necessaria all'esecuzione delle misure è composta sostanzialmente da: sonda, aste in alluminio, cavo di segnale e centralina portatile.

La procedura da osservare durante l'esecuzione delle misure è la seguente:

- connettere il cavo di segnale alla sonda e alla centralina portatile;
- inserire la sonda nel foro fino a lasciar sporgere all'esterno soltanto la sua parte terminale dotata di filettatura o attacco a baionetta;
- collegare la sonda ad un'asta di misura tramite l'apposito collegamento filettato o a baionetta;
- collegare un'altra asta di misura a quella precedentemente e così via fino ad arrivare a fondo foro;
- arrivati a fondo foro, si comincia la lettura muovendo il sistema aste – sonda mentre si esercita una leggera trazione fino a giungere alla prima base di lettura. In questa posizione si esercita una trazione più energica e ci si ferma. A valore stabilizzato si legge il valore sul display della centralina: tale valore rappresenta la misura di riferimento per quella specifica base (fare una verifica con una seconda battuta);
- registrare questo primo valore, su computer portatile, o direttamente dalla centralina se prevista di memorizzazione del dato, o su carta utilizzando l'apposito modulo di misura;
- allentare quindi la trazione e ruotare la sonda di 45° tirandola a sé. In tal modo la sonda potrà "attraversare" il primo riscontro, passato il quale la sonda si ruota in verso opposto sempre di 45° e si porta in battuta sul riscontro successivo;
- continuare ad operare in questo modo su tutti i riscontri fino ad arrivare all'estrazione della sonda dal foro: a questo punto l'operazione di misura è terminata.

L'elaborazione dei dati è effettuata con fogli di calcolo o con appositi software, mediante i quali i dati acquisiti vengono trasformati in valori numerici che rappresentano l'entità (in mm) della deformazione verificatasi per ogni metro di lunghezza rispetto alla "misura zero" assunta come riferimento.

I dati vengono diagrammati sia come valori locali, sia come valori cumulati.

Per assicurare risultati accurati e corretti la strumentazione deve essere regolarmente sottoposta a calibrazione. I valori di calibrazione vengono poi utilizzati nell'elaborazione dei dati di campagna.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "spostamento - tempo" per ciascuna base di misura.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza, quota della testa strumento, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta (o posizione se in fori inclinati) della testa strumento e delle varie basi, lunghezza, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

12.4 ESTENSIMETRO MAGNETICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.015 "ESTENSIMETRO MAGNETICO"
- IG.10.020.015.a "per ogni installazione/approntamento"
- IG.10.020.015.b "per ogni testa strumento"
- IG.10.020.015.c "per ogni anello magnetico"
- IG.10.020.015.d "per ogni ml di tubo"
- IG.10.020.030.b "MISURA MANUALE DI ESTENSIMETRO - magnetico"

Nel prezzo sono inclusi eventuali manicotti, il tappo di fondo e il corrugato antiattrito in PVC.

Gli anelli potranno essere sia di tipo a "ragno" che con piastra.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo, la cementazione, il lavaggio post-installazione dello strumento e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

Il prezzo comprende lo strumento in tutte le sue componenti.

L'interdistanza tra gli anelli non dovrà mai essere superiore ai 3 ml.

12.4.1 Descrizione

L'estensimetro magnetico, così come l'estensimetro incrementale con riscontri a battuta, è utilizzato per le misure di deformazioni lungo la direzione assiale di un foro di sondaggio, sia verso il basso che inclinato, mediante l'utilizzo di una sonda di precisione. Le basi di misura sono in questo caso fornite da una serie di anelli magnetici, vincolati all'esterno della guaina corrugata antiattrito, che fungono da riferimenti di lettura al passaggio della sonda. Il terreno, soggetto a cedimenti o a rigonfiamenti, trascina con sé gli anelli magnetici.

L'estensimetro magnetico può essere utilizzato, oltre che per la misura di cedimenti del terreno o di rilevati, anche per la misura dell'estrusione del fronte delle gallerie, sia durante le fasi di scavo che durante i periodi di fermo lavori. In questo caso durante lo scavo andranno distrutti i primi metri di tubazione, ma la tipologia dello strumento consente la lettura sulla porzione restante all'interno dell'ammasso.

Un'altra applicazione è quella legata alla misura degli effetti in seguito ad iniezioni cementizie come, ad esempio, nella consolidazione dei terreni mediante *jet-grouting*.

L'estensimetro magnetico è generalmente composto da:

- tubi in PVC;
- guaina antiattrito corrugata;
- anelli magnetici a ragno o a piastra;
- terminale di fondo;
- testa di misura.

Caratteristiche tecniche

• materiale tubi	PVC
• lunghezza spezzoni	da 1,5m a 3m
• diametro interno tubi	≥1"
• tipo di riscontro	anelli magnetici
• tipo di anelli magnetici	a ragno o a piastra

12.4.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- predisporre dei tubi per il getto della malta cementizia (costituiti, per esempio, da materiale in PEAD PN6 - 4DN - 10DN 16-20);
- verificare l'integrità della strumentazione;
- collegare il terminale di fondo al primo spezzone di asta e al primo segmento di guaina corrugata;
- predisporre i vari spezzoni di asta infilandoli all'interno di altrettanti spezzoni di guaina corrugata in modo da velocizzare le successive fasi di installazione in foro.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- verificare con uno scandaglio la profondità del foro;
- inserire nel foro il primo spezzone a cui è stato precedentemente collegato il terminale di fondo;
- avvitare un secondo spezzone di asta alla prima e fare la stessa cosa con la guaina corrugata. Sigillare poi con nastro isolante la giunzione;
- proseguire in questo modo fino ad arrivare a fondo foro;
- sollevare i rivestimenti per circa 1,5m senza rotazione;
- immettere ghiaietto fino a ricoprire completamente il terminale di fondo (circa 1,5 m);
- sollevare i rivestimenti fino a circa 0,5m al di sopra della quota in cui è previsto il primo anello ed iniettare una malta cementizia (miscela di acqua-cemento-bentonite);
- calare nel foro il primo anello magnetico utilizzando l'apposito utensile di posa (l'anello a ragno si aprirà in automatico una volta fuoriuscito dal rivestimento del foro);
- verificare la quota di posa dell'anello mediante misura con sonda;
- sollevare ancora il rivestimento sino alla quota di posa del successivo anello e riempire di sabbia il foro;
- procedere, come già illustrato, all'installazione del secondo anello con la sequenza: sollevamento di 0,50 m del rivestimento, iniezione cemento, posa dell'anello magnetico, verifica con sonda;
- ripetere la procedura sino a completare l'installazione di tutti gli anelli;
- sciacquare il tubo con acqua pulita;

- in caso di installazione da piano campagna verso il basso, installare un pozzetto protettivo alla sommità dello strumento;
- effettuare la lettura di zero (non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi).

Piani di lavoro

Preliminarmente ad ogni operazione di perforazione l'Affidatario avrà cura di accertare se l'area di lavoro sia attraversata da pubblici servizi o manufatti (ambienti) sotterranei. In ogni caso, è onere dell'Affidatario eseguire uno scavo a mano della profondità necessaria per verificare ed evitare interferenze con i pubblici servizi superficiali.

L'Affidatario per disporre di una migliore identificazione della posizione dei sottoservizi, dovrà provvedere a sua cura e spese ad effettuare scavi di assaggio diretti. Gli allacciamenti alle fognature degli scarichi, così come gli allacciamenti di acqua, gas, telefoni, elettricità, dovranno essere sempre mantenuti in regolare funzionamento in qualsiasi fase dei lavori, anche attraverso collegamenti provvisori richiesti dalle Aziende competenti.

Misure

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" (a seguito dell'accertata consolidazione della cementazione dello strumento) con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

La strumentazione necessaria all'esecuzione delle misure è composta sostanzialmente da una sonda con cavo millimetrato.

La procedura da osservare durante l'esecuzione delle misure è la seguente:

- calare la sondina millimetrata sino alla quota del primo anello, in corrispondenza del quale verrà emesso un segnale sonoro;
- leggere sul cavo millimetrato la distanza tra la testa dell'estensimetro e il punto di inizio del segnale sonoro: appuntare tale misura, detta L1, sul modulo delle misure;
- calare leggermente la sonda fino a quando il cicalino non smette di suonare. Giocare delicatamente con la sonda, rialzandola e riabbassandola, fino ad intercettare esattamente il punto in cui il cicalino smette di suonare: appuntare tale misura, detta L2, sul modulo delle misure;
- proseguire in discesa ripetendo l'operazione per tutti gli anelli;

- arrivati in fondo si ripeteranno le misure in salita, indicando con L3 e L4 rispettivamente le misure di innesco e disinnesco del cicalino;
- La misura esatta della posizione dell'anello magnetico si otterrà mediando i quattro valori misurati per ogni anello.

In caso di estensimetri inclinati, le misure avverranno come sopra illustrato ed utilizzando un apposito centratore.

L'elaborazione dei dati è effettuata con fogli di calcolo o con appositi software, mediante i quali i dati acquisiti vengono trasformati in valori numerici che rappresentano l'entità (in mm) dei movimenti verificatisi rispetto alla "misura zero" assunta come riferimento.

I dati vengono diagrammati sia come valori locali, sia come valori cumulati.

I dati ricavati dalle misure vengono diagrammati nel grafico "spostamento - tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi all'estensimetro (nome, lunghezza, quota della testa strumento e degli anelli magnetici, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti l'evoluzione degli spostamenti e sulle possibili cause.

12.4.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura (se previsto) e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, quota assoluta (o posizione se in fori inclinati) della testa strumento e dei vari anelli, lunghezza, note e problematiche varie;
- caratteristiche e stratigrafia del terreno al contorno;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

12.5 ASSESTIMETRO A FLUIDO MULTIPUNTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.020.020 "ASSESTIMETRO A FLUIDO MULTIPUNTO"
- IG.10.020.020.a "per ogni stazione di riferimento/serbatoio"
- IG.10.020.020.b "per ogni singola cella assestimetrica"
- IG.10.020.035 "MISURA DI TRASDUTTORE DI SPOSTAMENTO O ASSESTIMETRO A FLUIDO"

Ogni stazione di riferimento/serbatoio può gestire contemporaneamente più celle assestimetriche.

Lo strumento dovrà avere un campo di misura minimo pari a 20 kPa e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0.25\%$ FS.

Nel prezzo complessivo è compreso l'approntamento, la coibentazione del sistema, le raccorderie e il liquido.

Il tubo idraulico contenente il liquido sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

12.5.1 Descrizione

L'assestimetro a fluido multipunto è particolarmente indicato per la misura dei cedimenti in rilevato o dighe, ma anche per il monitoraggio degli spostamenti verticali di gallerie o edifici.

Lo strumento si compone di un certo numero di trasduttori di pressione (cella assestimetrica), collegati ad un'unità serbatoio che funge da stazione di riferimento. Il funzionamento del sistema si basa sul principio che una colonna di liquido esercita una certa pressione in funzione della propria altezza. Per cui in base all'entità dei cedimenti che si dovessero verificare varierà anche l'altezza del liquido.

La distribuzione ed il numero dei punti di misura varierà di caso in caso e dovrà essere stabilito in accordo con i progettisti e con ANAS.

L'assestimetro a fluido multipunto è generalmente composto da:

- celle assestimetriche (punti di misura);
- stazione di riferimento (serbatoio);
- circuito idraulico composto da tubi idraulici in polietilene e raccorderie;
- cavi elettrici di segnale;

- liquido.

Caratteristiche tecniche

• materiale tubi idraulici	polietilene
• materiale raccorderie	ottone
• campo di misura	$\geq 20\text{kPa}$
• precisione totale	$\pm 0.25\%$ FS
• liquido	miscela acqua/glicerina

12.5.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- disareare il liquido di riempimento dei circuiti;
- verificare l'integrità della strumentazione.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- installare le varie unità di misura secondo le posizioni di progetto. Per installazioni su rilevato adagiare le celle su un apposito letto di sabbia livellata e verificare che si trovino tutte alla stessa altezza e poi ricoprirle con uno strato di sabbia di circa 30 cm di spessore compattato a mano;
- installare la stazione di riferimento in una posizione esterna all'area soggetta a cedimenti;
- collegare l'impianto idraulico ed i cavi di segnale;
- immettere il liquido all'interno del sistema (in caso di installazione su rilevato questa operazione dovrà essere effettuata prima del ricoprimento delle celle di misura);
- l'immissione avverrà con l'utilizzo di un saturatore e di un compressore portatile (la pressione dell'aria dovrà essere compresa tra 100 kPa e 400 kPa);
- controllare che il livello di liquido nella stazione di riferimento sia idoneo (possibilmente a metà livello);
- Lettura di zero da effettuarsi quando sia accertata la stabilizzazione del sistema.

Misure

Le misure assestimentriche 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

- ### 12.6.2 Modalità esecutive

- verificare l'integrità della strumentazione;
- verificare la funzionalità della strumentazione;
- effettuare una misura manuale dell'estensimetro (almeno 2) mediante calibro digitale.

- avvitare la punta dell'asta di misura del trasduttore all'interno della testa di battuta dell'asta dell'estensimetro. In questa fase, assicurarsi che il pernetto di blocco della rotazione presente sull'asta del trasduttore sia inserito nell'apposito alloggiamento (questo eviterà torsioni accidentali che possano compromettere l'integrità del sensore);
- avvitare il raccordo che vincolerà il trasduttore alla testa dello strumento;
- prima di serrare il raccordo collegare il trasduttore alla centralina e regolare (alzandolo o abbassandolo) il trasduttore sino ad ottenere la misura desiderata;
- una volta posizionato il trasduttore all'altezza richiesta, serrare il raccordo;
- ripetere la stessa operazione per tutte le basi di misura previste con altrettanti trasduttori;
- contrassegnare i vari cavi di segnale in funzione della base di misura a cui si riferiscono;
- effettuare una misura di zero mediando i valori di almeno 3 misure consecutive per ogni base.

Le misure estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in *ante operam*, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

121

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 assestimetrica.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

13 BARRETTE ESTENSIMETRICHE

Le barrette estensimetriche sono utilizzate per misurare le deformazioni, e quindi definire gli stati tensionali, all'interno di strutture definitive e provvisorie.

La barretta estensimetrica è adoperata generalmente per:

- monitoraggio degli stati tensionali delle centine;
- controllo delle tensioni nei pali e nei diaframmi;
- controllo di strutture c.a. e/o cls;
- controlli strutturali di conci in galleria, strutture prefabbricate, ecc..

Si dovrà prevedere l'installazione delle barrette in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure *ante operam*. In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

13.1 BARRETTA ESTENSIMETRICA (SIA A SALDARE CHE ANNEGATA IN CLS)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.030.001 "BARRETTA ESTENSIMETRICA (sia a saldare che annegata in cls)"
- IG.10.030.005 "MISURA DI BARRETTA ESTENSIMETRICA"

La barretta estensimetrica può avere un sensore a corda vibrante o resistivo. Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 3000 $\mu\epsilon$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0.5\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo (es. blocchetti di fissaggio a saldare) e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

13.1.1 Descrizione

La barretta estensimetrica è costituita da un elemento centrale in cui è collocato il sensore e al quale sono vincolati due braccetti disposti a 180° tra loro. Le parti terminali dei braccetti sono libere di muoversi lungo il loro asse (entro un certo *range*) e vengono vincolate alla struttura da monitorare in modo tale da seguirne le deformazioni (trazione o compressione). L'allungamento, o il raccorciamento, della barretta estensimetrica produce una variazione del segnale emesso dal sensore. Tale segnale verrà letto mediante una centralina portatile e, in seguito ad un'opportuna elaborazione, verrà trasformato in un valore di deformazione.

La barretta estensimetrica può lavorare indifferentemente sia a trazione che a compressione, inoltre la parte sensibilizzata è resinata al fine di preservare la funzionalità dello strumento nel caso di urti o immersione.

Le barrette estensimetriche possono essere installate sia a saldare (ad esempio sulle centine o sulle armature di pali e diaframmi) che annegate in calcestruzzo.

Caratteristiche tecniche minime

• tipo di misura	deformazione (trazione o compressione)
• tipo di sensore	corda vibrante o resistivo
• campo di misura	$\geq 3000 \mu\epsilon$
• precisione totale	$\pm 0.5\%$ FS
• campo di temperatura	- 20 / + 70 °C

13.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare la perfetta funzionalità di tutte le barrette estensimetriche e che il segnale sia stabile;
- in caso di installazione a saldare, predisporre le dime di posizionamento dei blocchetti.

Tenendo presente che lo strumento arriverà preassemblato dalla fabbrica secondo le lunghezze richieste, l'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi.

BARRETTE ESTENSIMETRICHE A SALDARE

- in caso di installazione a saldare, posizionare la dima (precedentemente predisposta con i due blocchetti) sull'armatura, secondo la posizione di progetto, e saldare i blocchetti;
- quando i blocchetti si saranno raffreddati, estrarre la dima;
- inserire la barretta estensimetrica nei due blocchetti facendo in modo che il lato della barretta da cui esce il cavo di segnale sia rivolto in direzione di un punto di facile accesso alle letture;
- prima di serrare le viti dei blocchetti verificare, mediante la centralina, che il segnale di uscita sia corretto. In caso contrario agire con delicatezza sui braccetti della barretta, tirandoli o accorciandoli leggermente fino al raggiungimento del valore idoneo;
- serrare le viti dei blocchetti;
- cablare il cavo in modo da posizionarlo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura;
- effettuare necessariamente un'ulteriore lettura in seguito al getto del cls.

BARRETTE ESTENSIMETRICHE DA ANNEGARE IN CLS

- in caso di installazione con barrette da annegare nel calcestruzzo, non si dovranno utilizzare le dime, ma la barretta sarà posizionata secondo lo schema di progetto e tenuta in posizione mediante fil di ferro o fascette;
- cablare il cavo in modo da posizionarlo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- effettuare il getto di cls;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura.

Misure

Le misure delle barrette estensimetriche sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi

fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. In caso di realizzazione di un'opera o di qualsiasi tipo di lavorazione, la lettura di zero dovrà essere eseguita in ante operam, al fine di "fotografare" la situazione in possibile assenza di deformazioni.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della barretta tramite i relativi "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 “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.

14.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

14.2 CELLA DI CARICO A COMPRESSIONE (PER PROVE DI CARICO SU PALI)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.005 “CELLA DI CARICO A COMPRESSIONE (per prove di carico su pali)”
- IG.10.040.005.a “per ogni singola cella con campo di misura < 3000kN”
- IG.10.040.005.b “per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 3000\text{kN}$ a < 8000kN”
- IG.10.040.005.c “per ogni singola cella con campo di misura $\geq 8000\text{kN}$ ”
- IG.10.040.025 “MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE”

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

Nel prezzo è inclusa anche la fornitura e posa in opera delle piastre di distribuzione.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale pre-assemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.2.1 Descrizione

La cella di carico a compressione è generalmente usata per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Queste celle di carico sono di tipo elettrico a resistenza (cella a ponte di estensimetri) e sono costituite da un corpo cilindrico in acciaio inox strumentato con quattro estensimetri resistivi collegati in modo da costituire un circuito elettrico tipo ponte di Wheatstone. Tale configurazione consente di minimizzare gli errori derivanti dall'eventuale eccentricità del carico applicato.

In base al carico agente verrà trasmesso un determinato segnale elettrico che viene poi misurato mediante una centralina portatile o un *Datalogger* fisso.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

• materiale	acciaio inox
• tipo di sensori	estensimetri a resistenza
• campo di misura	variabile
• precisione totale	$\pm 0,1\%$ FS
• campo di temperatura	- 20 / + 70 °C

14.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- posizionare la cella di carico avendo cura che tutte le superfici siano il più possibile lisce e piane;

- applicare, se necessario, delle piastre di distribuzione del carico a bassa deformabilità;
- centrare la cella e assicurarsi che tutto il carico possa essere ripartito uniformemente;
- ruotare la cella in modo da indirizzare il cavo, senza torsioni o rischio di danneggiamento, in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- applicare il carico verificando la perfetta tenuta e stabilità della cella;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura;
- misurare il graduale incremento del carico imposto durante le varie fasi della prova di compressione sul palo.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta “misura di zero” con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo l'applicazione del primo carico sulla cella.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o *Datalogger*.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi “cocco-drilli” ed appuntando la lettura sul modulo delle misure.

I dati registrati saranno poi elaborati mediante appositi fogli di calcolo e verranno trasformati in valori di carico agente sulla cella, venendo poi diagrammati in un grafico “carico agente – tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi alla cella di carico (nome, posizione rispetto alla struttura, portata della cella, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati dei carichi agenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei carichi e sulle possibili cause.

14.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);

- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

14.3 CELLA DI CARICO TOROIDALE PER TIRANTI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.040.010 "CELLA DI CARICO TOROIDALE PER TIRANTI"
- IG.10.040.010.1 "CELLA DI CARICO TOROIDALE ELETTRICA"
- IG.10.040.010.1.a "per ogni singola cella con campo di misura < 1000kN"
- IG.10.040.010.1.b "per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 1000\text{kN}$ a < 1500kN"
- IG.10.040.010.1.c "per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 1500\text{kN}$ a < 2500kN"
- IG.10.040.010.1.d "per ogni singola cella con campo di misura $\geq 2500\text{kN}$ "
- 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 $\geq 1000\text{kN}$ a < 1500kN"
- IG.10.040.010.2.c "per ogni singola cella con campo di misura da $\geq 1500\text{kN}$ a < 2500kN"
- IG.10.040.010.2.d "per ogni singola cella con campo di misura $\geq 2500\text{kN}$ "
- IG.10.040.025 "MISURA DI CELLA DI CARICO O PRESSIONE"

Lo strumento dovrà avere Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5\%$ FS 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.

14.3.1 Descrizione

La cella di carico per tiranti presenta una forma toroidale ed è progettata per il controllo della fase di tesatura di tiranti e del loro rilascio tensionale in fase di esercizio.

Le celle di carico per tiranti possono essere sia di tipo elettrico che di tipo idraulico.

Nel primo caso sono costituite da un corpo in acciaio di forma toroidale sensibilizzato con estensimetri di tipo resistivo, secondo una particolare configurazione (griglia estensimetrica), tale da consentire la misura delle deformazioni a cui la cella è sottoposta. La griglia è configurata in modo da poter conservare la piena funzionalità dello strumento in caso di urti o d'immersione. La cella viene installata tra due piastre di distribuzione del carico a bassa deformabilità ed il segnale elettrico, trasmesso dai sensori, viene misurato mediante una centralina portatile o 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 tipo idraulico presentano, invece, al loro interno una camera saturata sottovuoto con olio disareato. La pressione esercitata sulla camera viene trasferita direttamente su un manometro installato in corrispondenza della cella stessa (in tal caso le letture si fanno leggendo direttamente il valore riportato sul manometro). In alternativa la camera interna può essere collegata ad un trasduttore di pressione elettrico che trasforma ogni variazione di pressione in una variazione di segnale elettrico (in tal caso la lettura verrà effettuata con un'apposita centralina di misura).

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

- celle toroidali elettriche
 - materiale acciaio inox
 - campo di misura variabile
 - precisione totale $\pm 0,5\%$ FS
 - campo di temperatura $- 20 / + 70\text{ }^{\circ}\text{C}$
- celle toroidali idrauliche
 - materiale acciaio inox
 - tipo di liquido olio disareato
 - campo di misura variabile
 - precisione totale $\pm 1\%$ FS
 - campo di temperatura $- 20 / + 70\text{ }^{\circ}\text{C}$

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

direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

14.4.1 Descrizione

La cella di carico a trazione per funi è usata per il controllo della tensione delle funi metalliche delle reti paramassi.

Queste celle di carico sono costituite da un corpo in acciaio inox strumentato con estensimetri resistivi. Le tensioni applicate dai carichi agenti vengono trasmesse sui sensori generando un segnale elettrico che viene poi misurato mediante una centralina portatile o un Datalogger fisso.

Le celle di carico si differenziano in base alla loro dimensione ed al carico a cui possono essere sottoposte.

Caratteristiche tecniche minime

• materiale	acciaio inox
• tipo di sensori	estensimetri a resistenza
• campo di misura	variabile
• precisione totale	$\pm 0,1\%$ FS
• campo di temperatura	- 20 / + 70 °C

14.4.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che la cella sia adeguata alle lavorazioni, sia in termini di carico che di dimensione;
- verificare la perfetta funzionalità della cella e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- posizionare la cella avendo cura che la superficie di appoggio della parete non presenti asperità e che la cella possa appoggiarvi senza subire danni in caso di tesaggio;
- collegare la cella alle asole di due spezzoni di funi mediante gli appositi grilli in acciaio zincato;
- controllare che il cavo di segnale sia rivolto in direzione di un punto sicuro e di facile accesso alle letture;

- completare l'installazione delle funi;
- effettuare la lettura post-installazione con l'apposita centralina di misura.

Misure

Le misure delle celle di carico sono di tipo comparativo, quindi dovrà essere effettuata una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. È quindi fondamentale che la misura di zero venga effettuata quando ci si trovi in una situazione di minimo disturbo e in assenza di interferenze. La misura di zero avverrà dopo aver terminato l'installazione delle funi e, quindi, all'inizio dell'esercizio della cella stessa.

Le misure possono essere fatte mediante l'utilizzo di centraline portatili o Datalogger.

La misura avverrà collegando la centralina portatile al cavo di segnale della cella tramite i relativi "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 similare (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 similare;
- 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 "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 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 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.

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 crocifilo 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 crocifilo con quello del reticolo millimetrato. Fissarla, poi, sempre con tasselli o resina epossidica;
- leggere il valore indicato dal crocifilo sul reticolo millimetrato e segnarlo come misura di zero (se l'installazione è stata eseguita a regola d'arte, tale valore sarà uguale a 0 mm sull'asse X e 0 mm sull'asse Y).

Misure

Le misure dei fessurimetri vengono effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure del fessurimetro a piastra vengono fatte leggendo il valore millimetrico riportato sul reticolo dello strumento secondo le componenti X e Y.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e dalle due componenti X e Y si otterrà il valore della risultante dello spostamento. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni degli spostamenti e sulle possibili cause.

15.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

15.2 FESSURIMETRO ELETTRICO O A CORDA VIBRANTE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.005** "FESSURIMETRO ELETTRICO O A CORDA VIBRANTE"
- **IG.10.050.015** "MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO"

Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 0-10 mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,3\%$ FS per il fessurimetro elettrico e $\pm 0,5\%$ FS per il fessurimetro a corda vibrante.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

15.2.1 Descrizione

I fessurimetri elettrici vengono installati a cavallo di lesioni o giunti di strutture in calcestruzzo o in muratura (o di pareti rocciose) e sono utilizzati per misurare l'entità degli spostamenti prodotti dall'insorgere di problematiche quali cedimenti o stati deformativi.

I fessurimetri elettrici possono avere un trasduttore di spostamento di tipo potenziometrico oppure a corda vibrante. In entrambi i casi lo strumento è costituito da un cilindro in acciaio inox contenente il trasduttore di spostamento e da un'asta scorrevole, collegata al trasduttore. I due elementi, cilindro in acciaio e asta scorrevole, sono vincolati rispettivamente ai due lati della fessura mediante due ancoraggi provvisti di snodi.

Eventuali allargamenti o restringimenti della fessura vengono seguiti dall'asta e convertiti dal trasduttore in un segnale elettrico. Tale segnale verrà trasformato, mediante fogli di calcolo, in un valore di spostamento.

Questo tipo di fessurimetri consente le misure di spostamento unicamente lungo un'unica componente, è pertanto fondamentale che vengano installati a cavallo della fessura, parallelamente alla direzione di massimo spostamento atteso.

Caratteristiche tecniche minime

• materiale	acciaio inox
• campo di misura minimo	0 – 10 mm
• precisione totale per fessurimetro elettrico	$\pm 0,3\%$ FS
• precisione totale per fessurimetro a corda vibrante	$\pm 0,5\%$ FS

15.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che il fessurimetro sia adeguato alla dimensione dell'apertura della lesione o del giunto e che sia adatto, in termini di campo di misura, ai possibili spostamenti attesi;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare il fessurimetro non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;

- posizionare lo strumento a cavallo della fessura e distendere l'asta per una lunghezza tale da consentire di registrare anche una eventuale chiusura della fessura (verificare il valore mediante la centralina di misura) e contrassegnare i punti in cui eseguire i fori per i due ancoraggi;
- eseguire i fori e inserire gli ancoraggi, composti generalmente da tasselli. In caso di installazioni su murature poco compatte, se necessario, riempire i fori mediante resine epossidiche o colle bicomponenti e poi inserirvi i perni degli ancoraggi;
- ad installazione ultimata (nel caso di utilizzo di resine o bicomponenti assicurarsi dell'avvenuta presa) eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure dei fessurimetri vengono effettuate in seguito ad una prima misura detta “misura di zero” con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure del fessurimetro elettrico o a corda vibrante vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di spostamento lungo la componente longitudinale all'asse del fessurimetro. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico “spostamento – tempo”.

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni degli spostamenti e sulle possibili cause.

15.2.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;

- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

15.3 ESTENSIMETRO A FILO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.010** “ESTENSIMETRO A FILO”
- **IG.10.050.015** “MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO”

Lo strumento è concepito per la misura dei movimenti tra due punti distanti anche diversi metri (in genere fino a 10m). Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a 25mm e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,5\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la misura di zero, la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. filo in acciaio o KEVLAR).

15.3.1 Descrizione

Gli estensimetri a filo vengono installati per misurare i movimenti relativi tra due punti posti a distanze anche di alcuni metri tra loro e sono quindi utilizzati per misurare l'entità degli spostamenti prodotti dall'insorgere di problematiche quali cedimenti o stati deformativi.

Come per i fessurimetri elettrici, anche gli estensimetri a filo possono avere un trasduttore di spostamento di tipo potenziometrico oppure a corda vibrante. In entrambi i casi lo strumento è costituito da un cilindro in acciaio inox (contenente il trasduttore di spostamento) montato su una piastra in acciaio, e da un'asta scorrevole collegata al trasduttore. L'asta scorrevole è poi collegata ad un ancoraggio a tassello mediante un cavo in acciaio o KEVLAR. La piastra su cui è posto il corpo centrale in acciaio inox è fissata, mediante tasselli, ad uno dei due elementi da monitorare e l'asta scorrevole, tramite il tassello posto all'estremità del cavo, viene fissata all'altro elemento. La presenza di un piccolo snodo a carrucola sulla piastra dell'estensimetro, consente di direzionare il cavo anche con un angolo di 90° rispetto alla piastra dello strumento.

Eventuali allargamenti o restringimenti tra i due punti vengono seguiti dall'asta e convertiti dal trasduttore in un segnale elettrico. Tale segnale verrà trasformato, mediante fogli di calcolo, in un valore di spostamento.

Questo tipo di estensimetri consente le misure di spostamento unicamente lungo un'unica componente, è pertanto fondamentale che vengano installati a cavallo della fessura, parallelamente alla direzione di massimo spostamento atteso.

Caratteristiche tecniche minime

• materiale del corpo	acciaio inox
• materiale filo	acciaio o KEVLAR
• campo di misura	0 - 25 mm
• precisione totale	$\pm 0,5\%$ FS

15.3.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che l'estensimetro a filo sia adeguato alla distanza tra i due punti da monitorare e che sia adatto, in termini di campo di misura, ai possibili spostamenti attesi;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- effettuare una lettura pre-installazione ed appuntare il valore.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare l'estensimetro a filo non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- posizionare la piastra del corpo strumento sul primo punto di installazione in modo tale che l'uscita del filo corrisponda alla direzione del secondo punto di installazione e contrassegnare i punti in cui eseguire i fori del primo ancoraggio;
- fissare la piastra mediante i tasselli in dotazione;
- regolare il corpo in acciaio sulla piastra portandolo a metà della sua corsa (tale operazione servirà per regolare il tirantaggio dell'estensimetro a fine installazione);
- collocarsi sul secondo punto di installazione e inserire il tassello sul secondo elemento da monitorare. Stendere il filo esercitando una trazione necessaria a distendere l'asta per una

lunghezza tale da consentire di registrare anche una eventuale chiusura dello spazio tra i due elementi (verificare il valore con la centralina);

- disassemblare l'estremità del filo dal suo nottolino e mantenendo il filo in tensione segnare con un pennarello sul filo il punto di contatto con la parete e tagliare il filo di poco sopra quel punto;
- riassemblare con un nodo il filo al suo nottolino e avvitare il nottolino al tassello preinstallato;
- verificare se è stato mantenuto l'allungamento dell'asta precedentemente applicato. In caso contrario spostare il corpo in acciaio sulla piastra per riportare l'asta in tensione;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure degli estensimetri a filo vengono effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure dell'estensimetro a filo vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di spostamento lungo la componente longitudinale all'asse dello strumento. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "spostamento – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, data della misura di zero, lunghezze, ecc.);
- grafici e tabulati degli spostamenti nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni degli spostamenti e sulle possibili cause.

15.3.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);

- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, lunghezze, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce “misure”.

15.4 MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.050.015** “MISURA DI FESSURIMETRO/MISURATORE DI GIUNTO DI QUALSIASI TIPO O ESTENSIMETRO A FILO DI QUALSIASI TIPO”

Le specifiche inerenti la misura di fessurimetri/misuratori di giunto e degli estensimetri a filo sono descritte nell'apposita voce “MISURE” presente nei rispettivi paragrafi dei vari strumenti.

Il prezzo è relativo alla misura, successiva a quella di zero, di un singolo strumento mediante apposita centralina portatile o lettura manuale o visiva.

Nel prezzo è incluso il trasporto e il posizionamento dell'attrezzatura, l'elaborazione dei dati e la restituzione grafica.

16 CLINOMETRI DA PARETE / TILTMETRI

I clinometri da parete sono utilizzati per la misura di inclinazione di opere civili e pareti rocciose. Tali strumenti permettono di registrare le variazioni angolari delle strutture fornendo utili indicazioni riguardanti i movimenti rotazionali delle stesse. La misura può essere sia di tipo puntuale (mediante l'utilizzo dei clinometri o delle piastre clinometriche) che relativa ad una porzione della struttura (utilizzando dei clinometri a barra).

Ci sono vari tipi di clinometri, ed i sensori al loro interno possono essere sia di tipo servoaccelerometrico biassiale che di tipo MEMS. In alcuni casi, soprattutto laddove il punto di installazione sia facilmente raggiungibile, è possibile l'installazione di specifiche piastre clinometriche in ottone. Tali piastre, di facile installazione, sono solidarizzate alla struttura e vengono lette mediante tiltmetri portatili collegati ad una centralina di misura.

I clinometri sono generalmente previsti per installazioni su strutture verticali. È tuttavia possibile installare i clinometri anche orizzontalmente, assicurandosi però che il prodotto sia compatibile a tale posizionamento.

Si dovrà prevedere l'installazione dei clinometri da parete in considerazione della necessità di effettuare una serie di misure *ante operam* (laddove vi sia interferenza tra la struttura da monitorare e l'opera da realizzarsi). In tale fase, nella quale le deformazioni possono essere nulle o, comunque limitate, verrà eseguita la misura di zero, dalla quale dipenderanno poi tutte le misure successive.

La misura di zero è considerata quella post-installazione e, come per tutti i monitoraggi geotecnici, da tale misura dipenderanno, per comparazione, tutte le successive.

Occorre che l'Affidatario presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

16.1 CLINOMETRO FISSO BIASSIALE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.001** "CLINOMETRO FISSO BIASSIALE"
- **IG.10.060.015** "MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

Lo strumento dovrà includere il sensore di temperatura e dovrà avere un campo di misura minimo pari a $\pm 2,5^\circ$ e Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,3\%$ FS.

Lo strumento dovrà essere fornito di cavo di segnale preassemblato in fabbrica secondo le lunghezze richieste. Il cavo di segnale non dovrà presentare giunture (es. moffole o altre saldature), ma dovrà partire direttamente dal sensore ed essere continuo ed integro per tutta la sua lunghezza. Il cavo sarà pagato a parte in base ai metri lineari effettivi richiesti di volta in volta.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. PIASTRA DI FISSAGGIO).

16.1.1 Descrizione

Il clinometro fisso da parete permette di valutare i movimenti della struttura a cui è vincolato mediante misure di variazione angolare. Lo strumento è di tipo biassiale consentendo così di individuare non solo l'entità ma anche la direzione degli eventuali spostamenti.

Lo strumento utilizza un sensore biassiale di tipo servoaccelerometrico o MEMS. Tali tecnologie consentono di registrare anche minime variazioni di inclinazione delle strutture su cui viene posto in opera. Il segnale viene trasmesso tramite un cavo alla centralina di misura, e i dati vengono elaborati mediante fogli di calcolo e trasformati in valori angolari.

Il clinometro fisso da parete è montato su una apposita piastra che viene fissata al punto della struttura da monitorare. Tale punto di installazione è generalmente verticale; è tuttavia possibile installare i clinometri anche orizzontalmente, assicurandosi però che il prodotto sia compatibile a tale posizionamento. Più strumenti, installati sulla stessa struttura, possono misurare tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che l'opera potrebbe subire.

In aggiunta al sensore deputato alla misura angolare, i clinometri da parete possono essere dotati di sensore di temperatura. La misura della temperatura permette di valutare eventuali derive termiche dello strumento.

Caratteristiche tecniche minime

• materiale	acciaio inox
• sensore	biassiale
• campo di misura minimo	$\pm 2,5^\circ$
• precisione totale	$\pm 0,3\%$ FS
• classe di protezione	IP67

16.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di campo di misura, alle possibili variazioni angolari attese;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- assicurarsi che la porzione di muro su cui installare lo strumento non presenti asperità o eccessive rugosità, in caso contrario levigare le parti o installare lo strumento in un punto più uniforme;
- assicurarsi di installare il clinometro su un punto il più possibile verticale (o orizzontale, a seconda dei casi);

- posizionare la piastra sulla parete avendo cura di ruotarla nel giusto verso di installazione e controllare con una livella il perfetto allineamento orizzontale e verticale di tutte le sue componenti. Quindi contrassegnare i punti in cui eseguire i fori;
- eseguire i fori sulla parete e applicare la piastra con gli appositi tasselli;
- successivamente al serraggio della piastra applicare alla stessa il clinometro mediante le apposite viti serrandolo leggermente. In tale fase è fondamentale assicurarsi di posizionare il clinometro nel giusto verso (di solito l'uscita del cavo di segnale è rivolta verso il basso);
- regolare, controllando con una livella, il clinometro sulla piastra mediante le guide. Ottenuta la perfetta verticalità serrare le viti;
- sistemare il cavo di segnale portandolo in un punto sicuro e di facile accesso alle letture;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante centralina portatile.

Misure

Le misure in esercizio dei clinometri fissi verranno effettuate in seguito ad una prima misura detta "misura di zero" con la quale tutte le successive letture saranno confrontate. La misura di zero avverrà al termine dell'installazione dello strumento.

Le misure vengono effettuate mediante l'utilizzo di una centralina portatile o di un Datalogger.

I dati saranno poi inseriti in appositi fogli di calcolo e trasformati in valori di inclinazione lungo le due componenti e, quindi, dell'inclinazione risultante. Tali valori verranno infine diagrammati in un grafico "variazione angolare – tempo".

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi allo strumento (nome, posizione rispetto alla struttura, quota, data della misura di zero, ecc.);
- grafici e tabulati della variazione angolare nel tempo e della variazione della temperatura nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni di inclinazione e sulle possibili cause.

16.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;

- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

16.2 PIASTRA CLINOMETRICA REMOVIBILE IN OTTONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.10.060.005** "PIASTRA CLINOMETRICA REMOVIBILE IN OTTONE"
- **IG.10.060.015** "MISURA DI CLINOMETRO (di qualsiasi tipo)"

La voce si riferisce alla fornitura e posa in opera della sola piastra clinometrica in ottone da misurare mediante clinometro portatile (tiltmetro). Non è inclusa la fornitura del tiltmetro portatile.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo, l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte.

16.2.1 Descrizione

La piastra clinometrica in ottone è utilizzata per valutare i movimenti della struttura a cui è vincolata mediante misure di variazione angolare effettuate con tiltmetro portatile. Il tiltmetro, poggiato sulla piastra, consente di individuare non solo l'entità ma, in alcuni casi, anche la direzione degli eventuali spostamenti.

La piastra può essere installata sia verticalmente che orizzontalmente; infatti il telaio del tiltmetro portatile è concepito per essere appoggiato alla piastra clinometrica restando sempre in posizione verticale. Sulle superfici orizzontali si possono ottenere misure in due direzioni semplicemente ruotando lo strumento di 90°, mentre sulle pareti verticali si possono eseguire misure in una sola direzione. Il tiltmetro portatile utilizza un sensore di tipo servoaccelerometrico o MEMS. Tali tecnologie consentono di registrare anche minime variazioni di inclinazione delle strutture su cui viene utilizzato. Il segnale viene trasmesso ad una centralina di misura portatile e i dati vengono elaborati mediante fogli di calcolo e trasformati in valori angolari.

Le piastre clinometriche sono usate laddove è possibile l'accesso alle misure dirette e laddove siano previste delle frequenze di lettura più blande.

Una o più piastre, installate sulla stessa struttura, possono consentire di misurare tutte le eventuali inclinazioni, in termini di entità e direzione, che l'opera potrebbe subire. Per il monitoraggio degli spigoli dei

fabbricati è opportuna l'installazione in verticale di almeno due piastre, al fine di monitorare la variazione angolare lungo le due componenti.

Caratteristiche tecniche minime

- PIASTRA
 - materiale ottone
 - tipo di misura a battuta con tiltmetro portatile
- TILTMETRO PORTATILE
 - campo di misura minimo $\pm 15^\circ$
 - precisione totale $\pm 0,06\%$ FS
 - classe di protezione IP67
 - temperatura di esercizio $- 30^\circ / + 70^\circ$

16.2.2 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 campo di misura, alle possibili variazioni angolari attese;
- 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 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 piastra su un punto il più possibile verticale (o orizzontale, a seconda dei casi);
- posizionare la piastra sulla parete avendo cura di controllare con una livella il perfetto allineamento orizzontale e verticale dei nottoli di battuta. Quindi contrassegnare i punti in cui eseguire i fori;
- eseguire i fori sulla parete e applicare la piastra con gli appositi tasselli;
- ad installazione ultimata eseguire la misura di zero mediante tiltmetro portatile e centralina portatile.

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.

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 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.

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 $\pm 75 \text{ mm}$
 - precisione totale $\pm 0,1\% \text{ FS}$
 - temperatura di esercizio $- 20^\circ / + 60^\circ$
 - grado di protezione IP67
- TELECOORDINOMETRO
 - campo di misura $0 - 60 \text{ mm}$
 - precisione totale $\pm 0,015 \text{ mA}$
 - 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 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.

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	± 0,5°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.

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.

Dal prezzo è escluso il costo relativo all'utilizzo del cestello.

19.1.1 Descrizione

Le misure con distometro a nastro (o estensimetro a nastro) sono utilizzate per misurare i movimenti relativi fra due punti distanti fra loro, in particolare per misure di convergenza in galleria. In quest'ultimo caso l'installazione degli ancoraggi avviene generalmente in corrispondenza di calotta, reni e piedritti.

Il principio è quello di misurare la distanza tra diverse coppie di punti nel tempo e di verificare se queste distanze si mantengono costanti nel tempo o se subiscono delle variazioni. Dal confronto tra le misure eseguite sui vari allineamenti è possibile individuare l'entità e la collocazione di eventuali deformazioni.

Il distometro a nastro è costituito da:

- una bindella millimetrata in acciaio inox o invar montata su telaio;
- un sistema meccanico di tensionamento;
- un comparatore (digitale o analogico) di lettura centesimale;
- un telaio di calibrazione.

I bulloni di convergenza sono realizzati in acciaio nervato con zincatura elettrolitica anticorrosione. La testa filettata, protetta da un cappuccio protettivo in PVC, è idonea all'aggancio del distometro. I bulloni possono avere dimensioni differenti in funzione del diverso campo di applicazione (roccia, centine, muratura, calcestruzzo) e si differenziano a seconda che siano da cementare (roccia, cls, muratura) o da saldare (centine).

Il bullone di convergenza potrà essere inserito nel foro secondo due schemi:

- con testa di misura esterna alla superficie e protetta con un tappo in plastica (verificare che la testa sporgente non costituisca un intralcio);
- con testa di misura all'interno della superficie.

In entrambi i casi si dovrà sempre verificare che la parte filettata del bullone permetta la completa e libera battuta a fondo del giunto cardanico di collegamento del distometro a nastro.

Caratteristiche tecniche minime

- DISTOMETRO A NASTRO
 - materiale nastro INVAR o acciaio inox
 - campo di misura minimo 1,5 m – 15 m

- 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 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.

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 $\pm 2\%$
 - 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 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.

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 stadi;
- 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 stadi 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 (capisaldi) 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 $\geq 32\times$

- 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, traggiate 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).

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.).

21.2.1 Descrizione

L'installazione dei target riflettenti permette di controllare gli spostamenti nelle tre direzioni dei punti di applicazione. Tipicamente vengono installati su strutture esistenti o in fase di realizzazione (in particolare in gallerie). In ambito di monitoraggio delle gallerie, l'uso dei target è adatto sia per effettuare misure di convergenza del cavo che per misure di estrusione del fronte durante le operazioni di scavo.

Il target è costituito da una piastra catarifrangente sulla quale è stampato un reticolo con crocefilo e può essere o di tipo adesivo o montato su un apposito supporto orientabile che sarà ancorato alla struttura da monitorare.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale plastica catarifrangente
- supporto orientabile
- dimensioni $\geq 40 \times 40$ mm

21.2.2 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;
- 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:

- in caso di target adesivo incollare lo stesso sul punto da monitorare utilizzando, se necessario, delle apposite colle o resine bicomponenti;
- in caso di target imbullonati, eseguire con un trapano un foro di adeguate dimensioni nel punto di installazione;
- inserire il tassello;
- avvitare il target senza serrare eccessivamente;

- 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 presti la massima attenzione per garantire la piena funzionalità dei servizi, essendo onere dell'Affidatario vigilare sulla funzionalità della rete per tutta la durata dei lavori.

L'installazione degli strumenti dovrà essere realizzata nella posizione di progetto, con eventuali variazioni, riscontrabili in situ, dovute alla singolarità di alcuni casi.

L'Affidatario è tenuto ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della DL o DEC, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per garantire piena funzionalità degli strumenti in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

Prima di procedere alle installazioni degli strumenti l'affidatario dovrà verificare il perfetto stato degli strumenti e la loro perfetta funzionalità.

22.1 DATALOGGER

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.130.001 "DATALOGGER"
- IG.10.130.001.1 "fornitura e posa in opera"
- IG.10.130.001.2 "nolo mensile o frazione"
- IG.10.130.001.3 "assistenza al nolo"
- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"
- IG.10.130.010.1 "emissione dati CON piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"
- IG.10.130.010.5 "emissione dati SENZA piattaforma web di distribuzione dati (SDD)"

Per l'acquisizione in automatico e la trasmissione dei dati strumentali di monitoraggio.

Dovrà essere garantita una Precisione Totale pari almeno a $\pm 0,01\%$ FS, un *range* sulle temperature di esercizio di almeno $-30^{\circ}\text{C} / +70^{\circ}\text{C}$ e una protezione almeno IP67.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. telaio di supporto, strutture di fissaggio, staffe, armadietto, schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento interni e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, software, ecc.).

Nel caso di "NOLO MENSILE O FRAZIONE" (cod. IG.10.130.001.2) nel costo non è inclusa l'installazione del Datalogger, che sarà quindi computata a parte con apposita voce di elenco ("SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO ..." cod. IG.10.0D).

Nell' "ASSISTENZA AL NOLO" (cod. IG.10.130.001.3) il costo è relativo all'assistenza di personale specializzato per la corretta gestione e funzionalità del sistema. È incluso altresì la manutenzione del sistema (con risoluzione di eventuali malfunzionamenti) e la segnalazione di eventuale malfunzionamenti dei sensori ad esso collegati.

Le varie UAD dovranno essere obbligatoriamente munite di batteria tampone per sopperire all'eventuale mancanza temporanea di alimentazione elettrica.

22.1.1 Descrizione

I Dataloggers sono delle Unità Acquisizione Dati deputate, in un sistema di centralizzazione della rete di monitoraggio, al ricevimento e alla trasmissione dei dati verso un Server dedicato.

Il collegamento con i vari strumenti di monitoraggio avviene mediante cavi multipolari aventi specifiche caratteristiche qualitative.

I Datalogger sono composti da una struttura ad armadietto o a scatola, montata su un adeguato telaio di supporto ed alimentata direttamente alla rete elettrica o tramite pannelli solari dedicati.

All'interno dell'armadietto è presente una serie di componenti quali: schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, ecc.

I Dataloggers possono contenere una o più schede di acquisizione dette multiplexer (o MUX). Ogni MUX è composto da un numero variabile di canali (generalmente sino ad un massimo di 32 canali). Il numero di canali che saranno occupati è dipendente dal numero e dal tipo di strumenti collegati. Alcuni strumenti trasmettono il segnale tramite 2 coppie di cavi (cavo multipolare a 2 coppie), altri tramite 3 coppie, ecc. Quindi, a seconda dei casi, ogni strumento potrà occupare uno, due o più canali del MUX.

Per aumentare la capacità del Datalogger di acquisire un numero più elevato di strumenti basterà aumentare al suo interno il numero di Schede Multiplexer (generalmente massimo 6).

I Datalogger verranno pertanto suddivisi in base alla loro "capacità" di leggere un determinato numero di strumenti. Tale "capacità" è espressa dal numero totale di canali presenti sul singolo Datalogger.

Caratteristiche tecniche minime

- materiale armadietto acciaio inox o alluminio o plastica
- grado di protezione IP67
- precisione totale $\pm 0,01\%$ FS
- campo di temperatura - 30 °C / + 70 °C

22.1.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di capacità di misura, alla tipologia ed alla quantità di strumenti ad esso collegati;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;

- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- evitare di installare il Datalogger in prossimità di cavi dell'alta tensione o altre possibili fonti di interferenza del segnale;
- assemblare in laboratorio tutte le componenti interne per facilitare le operazioni di installazione su campo;
- Predisporre a ridosso della UAD un sistema di alimentazione, o mediante corrente diretta o installando un pannello solare.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- tutte le operazioni sulla UAD andranno eseguite scollegando preventivamente l'alimentazione elettrica;
- installare il telaio di supporto in un punto sicuro e di facile accesso. Prediligere una posizione defilata e lontana da fonti di interferenza. Ancorare il telaio al terreno o ad una parete mediante tasselli ad espansione o barre filettate solidarizzate con cemento o resina epossidica;
- inserire i cavi nell'armadietto dall'apposito passaggio munito di strozzacavi;
- verificare, prima di collegare i cavi multipolari ai relativi MUX, che il segnale dei vari strumenti sia stabile e i dati congruenti;
- collegare le coppie dei vari cavi multipolari sui rispettivi canali dei MUX e annotare tutti i collegamenti su un apposito modulo;
- collegare la UAD all'alimentazione elettrica;
- verificare la funzionalità del modulo di trasmissione dati;
- effettuare uno scarico dei dati e in caso di malfunzionamento o errori nelle letture, mettere in pratica quanto necessario a risolvere il problema.

Misure

Le misure verranno effettuate mediante l'invio dei dati dalla UAD direttamente ad un Server dedicato.

I dati confluiranno quindi all'interno di un CED (Centro Elaborazione Dati) e potranno essere emessi o mediante un apposito Sistema di Distribuzione Dati (SDD) o mediante l'invio di report in formato cartaceo o digitale (.pdf, .doc, .csv, ecc.).

I report delle misure dovranno necessariamente contenere:

- dati relativi ai vari strumenti (nome, posizione rispetto alla struttura, quote, data della misura di zero, ecc.);

- grafici e tabulati dei diversi valori misurati nel tempo;
- note o problematiche varie;
- considerazioni inerenti le variazioni dei valori e sulle possibili cause.

22.1.3 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere:

- certificato di taratura e certificato di conformità;
- scheda strumento con informazioni di carattere tecnico della strumentazione (tipo di strumento, numero di codice e matricola, ecc.);
- scheda di installazione contenente, tra le altre cose: ubicazione, report fotografico, data di posa, posizione rispetto alla struttura, quota di installazione, note e problematiche varie;
- report della lettura di zero dei vari strumenti;
- report delle successive letture secondo quanto descritto nel precedente paragrafo alla voce "misure".

22.2 UNITÀ WIRELESS E GATEWAY

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.10.130.005 "UNITÀ WIRELESS E GATEWAY"
- IG.10.130.005.1 "fornitura e posa in opera"
- IG.10.130.005.2 "nolo mensile o frazione"
- IG.10.130.005.3 "assistenza al nolo"
- IG.10.130.010 "MISURE TRAMITE UAD"
- IG.10.130.010.1 "EMISSIONE DATI CON PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI (SDD)"
- IG.10.130.010.5 "EMISSIONE DATI SENZA PIATTAFORMA WEB DI DISTRIBUZIONE DATI (SDD)"

La presente voce è relativa ai Dataloggers wireless per l'acquisizione/trasmissione senza fili dei dati strumentali di monitoraggio. I Dataloggers wireless prevedono un collegamento di tipo: strumento-unità wireless-gateway.

Nel prezzo è inclusa la documentazione a corredo (es. certificati), l'imballo e il trasporto della strumentazione, nonché il materiale di consumo e tutto il necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte (es. telaio di supporto, strutture di fissaggio, staffe, armadietto, schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di

collegamento interni e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, software, ecc.).

Nel caso di “NOLO MENSILE O FRAZIONE” (cod. IG.10.130.005.2) nel costo non è inclusa l'installazione del Datalogger, che sarà quindi computata a parte con apposita voce di elenco (“SQUADRA DI TECNICI PER MONITORAGGIO ...” cod. IG.10.0D).

Nell’ “ASSISTENZA AL NOLO” (cod. IG.10.130.005.3) il costo è relativo all'assistenza di personale specializzato per la corretta gestione e funzionalità del sistema. È incluso altresì la manutenzione del sistema (con risoluzione di eventuali malfunzionamenti) e la segnalazione di eventuale malfunzionamenti dei sensori ad esso collegati.

Le varie UAD dovranno essere obbligatoriamente munite di batteria tampone per sopperire all'eventuale mancanza temporanea di alimentazione elettrica.

22.2.1 Descrizione

I Dataloggers wireless sono delle Unità Acquisizione Dati deputate, in un sistema di centralizzazione della rete di monitoraggio, al ricevimento e alla trasmissione dei dati verso un Server dedicato.

Il collegamento con i vari strumenti di monitoraggio avviene mediante tecnologia wireless. Ogni strumento di monitoraggio trasmette i propri dati ad una centralina Gateway mediante delle unità wireless dedicate.

Le componenti sono così composte:

- UNITÀ WIRELESS. Provvede all'acquisizione dei dati di uno o più sensori (di solito massimo 4) e li invia in tempo reale all'unità GATEWAY. Le unità wireless sono digitalizzatori ad alta precisione con bassissimo consumo e capacità di trasmissione fino a 15 km;
- UNITÀ GATEWAY. Unità di centralizzazione e trasmissione dati mediante rete GSM/GPRS. I dati strumentali inviati dalle diverse unità wireless vengono da qui trasmessi al server principale e successivamente elaborati.

I Dataloggers wireless sono composti da una struttura ad armadietto o a scatola, montata su un adeguato telaio di supporto ed alimentata direttamente alla rete elettrica o tramite pannelli solari dedicati.

All'interno dell'armadietto è presente una serie di componenti quali: schede di acquisizione dati/centralizzazione, cavi di collegamento e di alimentazione, connettori, antenna, modulo e sistema trasmissione dati GSM/GPRS, ecc..

Caratteristiche tecniche minime

- UNITÀ WIRELESS
 - tipo nodo a 2 o 4 canali
 - accuratezza voltaggio +/- 0,05 % FS

- accuratezza potenziometro +/- 0,02 % FS
- grado di protezione IP67
- UNITÀ GATEWAY
 - materiale armadietto acciaio inox o alluminio o plastica
 - potenza nominale 3W
 - tipo di modem 3G integrato
 - Temperatura di esercizio - 20 / + 60 °C
 - grado di protezione IP67

22.2.2 Modalità esecutive

Prima della posa in opera è necessario eseguire alcune operazioni preliminari come di seguito descritto:

- verificare che lo strumento sia adeguato, in termini di capacità di misura, alla tipologia ed alla quantità di strumenti ad esso collegati;
- verificare che lo strumento non presenti lesioni o difformità;
- verificare la perfetta funzionalità dello strumento e che il segnale sia stabile;
- evitare di installare il Datalogger in prossimità di cavi dell'alta tensione o altre possibili fonti di interferenza del segnale;
- assemblare in laboratorio tutte le componenti interne per facilitare le operazioni di installazione su campo;
- predisporre a ridosso dell'unità Gateway un sistema di alimentazione, o mediante corrente diretta o installando un pannello solare;
- verificare la carica delle batterie delle unità wireless.

L'installazione vera e propria seguirà le seguenti fasi:

- tutte le operazioni sulla UAD andranno eseguite scollegando preventivamente l'alimentazione elettrica;
- installare il telaio di supporto in un punto sicuro e di facile accesso. Prediligere una posizione defilata e lontana da fonti di interferenza. Ancorare il telaio al terreno o ad una parete mediante tasselli ad espansione o barre filettate solidarizzate con cemento o resina epossidica;
- installare in prossimità dei vari strumenti di monitoraggio le diverse unità wireless;

- verificare, prima di ogni collegamento, che il segnale dei vari strumenti sia stabile e i dati congruenti;
- predisporre il collegamento Wi-Fi tra le varie unità wireless e l'unità Gateway;
- alimentare l'unità Gateway;
- verificare la funzionalità del modulo di trasmissione dati;
- effettuare uno scarico dei dati e in caso di malf funzionamento 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 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.

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 trasmettere 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 approvvisionare (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. Quando 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 preforni sulla stessa verticale, sarà a carico dell'Affidatario ogni onere relativo al piazzamento, sulla postazione, del penetrometro e della sonda ed ai successivi piazzamenti alternati oltre a quello dello spostamento delle macchine, della manovra di immissione a vuoto e successiva estrazione della batteria di aste tanto del penetrometro quanto della sonda come pure del tempo di fermo di una delle due attrezzature impiegate intendendosi compensati con i prezzi di cui all'unito elenco, relativi all'esecuzione della prova stessa.

25 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le attività riguardanti i sondaggi geognostici sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo;
- sondaggi geognostici ad andamento direzionato a carotaggio continuo;
- sondaggi geognostici verticali a distruzione di nucleo;
- terebrazione con registrazione dei parametri di perforazione;
- campionamento geotecnico nei sondaggi.

25.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A CAROTAGGIO CONTINUO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.005.1 "Perforazione ad andamento verticale in terreni a granulometria fine e media"
- IG.05.005.2 "Perforazione ad andamento verticale in terreni a granulometria grossolana"
- IG.05.005.3 "Perforazione ad andamento verticale in roccia dura"

25.1.1 Descrizione

Il sondaggio geognostico permette di analizzare il terreno in profondità per la valutazione delle sue caratteristiche geologiche e geotecniche.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro e norma di specifica e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità, nonché di argano a fune. Qualsiasi lavorazione prevista e non eseguita per carenza di attrezzature in cantiere, comporterà l'interruzione non remunerata del cantiere fino alla esecuzione di quanto richiesto dalla D.L.

Gli utensili utilizzati per la perforazione, dovranno essere disponibili in sito in tutti i casi in cui siano di fatto impiegabili e comunque fare parte della dotazione dell'Impresa, in modo da poter essere rapidamente trasferiti in cantiere qualora necessari. Essi sono rappresentati da:

- Carotieri semplici, con valvola di testa a sfera e calice:
 - Diametro nominale $\varnothing_{est} = 101 \div 146$ mm;
 - Lunghezza utile $l = 150 \div 300$ cm;
- Carotiere doppio a corona sottile (T2, T6) con estrattore:
 - Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm;
- Carotiere triplo con portacampione interno estraibile ed apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore e calice:
 - Diametro nominale $\varnothing_{est} = 100$ mm;
- Corone di perforazione in widia e diamantate;
- Aste di perforazione con filettatura tronco-conica:
 - Diametro esterno $\varnothing_{est} = 60 \div 76$ mm.

Nella eventualità di procedere alla pulizia del fondo foro, dovrà essere disponibile in cantiere:

- Carotiere semplice, $l = 40 \div 80$ cm;
- Attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione del fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;
- Campionate a pareti grosse $\square 100$ mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

Nel caso di utilizzo di rivestimenti associati alla perforazione ad aste, essi saranno in acciaio, con le seguenti caratteristiche:

- Spessore tubo - $S = 8 \div 10$ mm;
- Diametro interno $\varnothing_{int} = 107 \div 162$ mm;
- Lunghezza spezzoni - $l = 150 \div 200$ cm.

L'Impresa potrà impiegare rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, informando preventivamente la Direzione Lavori.

Dovranno fare parte del corredo permanente dell'attrezzatura da perforazione tutti gli strumenti portatili necessari:

- scandaglio a filo graduato per la misurazione della quota effettiva di fondo foro;

- freatimetro di lunghezza adeguata a raggiungere il fondo foro;
- penetrometro tascabile, con fondo scala maggiore o uguale a 500 kPa;
- scissometro tascabile, con fondo scala maggiore o uguale a 100 kPa;
- sclerometro da roccia tipo L (Martello di Schmidt);
- profilometro a pettine (pettine di Barton);
- calibro e spessimetro a lamelle per la misura dell'apertura dei giunti;
- HCl diluito al 10% per la determinazione della presenza di carbonati nei terreni e nelle rocce.

25.1.2 Modalità esecutive

Il sondaggio geotecnico deve essere eseguito come di seguito indicato.

Carotaggio integrale con percentuale di recupero $\geq 85\%$, e qualità tale da consentire la completa percezione, in forma inalterata, della struttura originaria del terreno (laminazione, scistosità, ecc.), da eseguire a secco, senza fluido di perforazione in circolo se con carotiere semplice, con circolazione di fluido se con carotieri tipo T2, T6, T6S.

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purché si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale.

Qualora ordinato, l'Impresa dovrà desistere dall'uso di sistemi wire-line per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

La perforazione, in assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti, sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro. La necessità di impiego del rivestimento provvisorio è da verificarsi caso per caso, in relazione alle reali caratteristiche del terreno. I fenomeni di rifluimento riscontrati nel corso della perforazione dovranno essere opportunamente segnalati e riportati nei relativi logs stratigrafici.

Le manovre di rivestimento possono essere eseguite con l'uso di fluido in circolazione, curando che la pressione del fluido sia la minore possibile e controllandola mediante manometro.

Il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto al minimo, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a circa 50 cm dal fondo foro (con l'esclusione del metodo wire-line) in modo da non investirlo in forma eccessivamente diretta con il getto di fluido in pressione.

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo a bocca foro mediante rabbocchi progressivi specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, che deve avvenire con velocità iniziale molto bassa ($1 \div 2$ cm/sec) ed essere eventualmente intervallata da pause di attesa per il ristabilimento della pressione idrostatica del fluido sul fondo foro.

Debbono essere evitati indesiderabili effetti di risucchio, che possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore dal terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

La quota del fondo foro sarà misurata con scandaglio a filo graduato prima di ogni manovra di campionamento indisturbato e di prova geotecnica SPT.

In tutti i casi nei quali non ci sia pericolo di repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT dovrà seguire la manovra di perforazione con carotiere e invece precedere la manovra di rivestimento fino a fondo foro.

Il rivestimento sarà se necessario eseguito a campionamento/prova SPT ultimati, in modo da evitare che il prelievo o la prova interessino uno strato di terreno disturbato dal getto di fluido

Apposite manovre di pulizia saranno eseguite qualora la differenza tra quota raggiunta con la perforazione e quota misurata con scandaglio superi le seguenti tolleranze:

- 10 cm, prima dell'uso di campionatori privi di pistone fisso o sganciabile meccanicamente e di prove SPT;
- 15 cm, prima dell'uso di campionatori con pistone fisso o sganciabile meccanicamente.

Il foro di sondaggio sarà riempito con miscela cementizia costituita dai seguenti componenti nelle proporzioni elencate (in peso):

- acqua 100;
- cemento 30;
- bentonite 5.

L'inserimento della miscela nel foro di sondaggio sarà eseguito dal fondo, in risalita, con una batteria di tubi apposita o con manichetta flessibile.

Lo stato di aggregazione sarà descritto a complemento della identificazione litologica precisando se la struttura è compatta (non si distinguono i costituenti la roccia ad occhio nudo), granulare (si distinguono macroscopicamente i diversi costituenti), orientata (i costituenti hanno orientazioni preferenziali per laminazione, scistosità o altro).

Verrà indicato il *grado di alterazione* secondo quanto indicato dalla seguente tabella.

Tabella 4 – Grado di alterazione della roccia.

Caratteristica	Descrizione
Assente	Nessun segno visibile di alterazione, roccia sana, cristalli lucenti

Debole	I piani di discontinuità sono patinati e decolorati, con possibili sottili strati di riempimento. La decolorazione può penetrare nella roccia per spessori fino al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità
Media	La decolorazione penetra nella roccia per spessori al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità, che possono contenere riempimenti di materiale alterato. Possono essere osservabili parziali aperture dei legami intergranulari
Elevata	La decolorazione interessa per intero la roccia, che è in parte friabile. L'originale struttura della roccia è conservata, ma i cristalli sono separati fra loro
Intensa	La roccia è completamente decolorata, decomposta e friabile, con l'aspetto esteriore di un suolo. Internamente la struttura originale può essere riconoscibile, ma la separazione fra i cristalli è completa

Il *recupero percentuale* di carotaggio sarà annotato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato.

L'indice R.Q.D., calcolato come sommatoria, espressa in percentuale, della lunghezza dei singoli spezzoni di materiale lapideo maggiori o uguali a 10 cm recuperati in rapporto alla lunghezza totale del tratto perforato, sarà annotato considerando le sole discontinuità naturali presenti nella roccia, raggruppando tratti perforati piuttosto omogenei da questo punto di vista.

Tale indice verrà determinato, in termini percentuali, in accordo alla seguente espressione:

$$RQD = \frac{\sum l_i}{l_f}$$

dove:

- l_i = singole lunghezze dei pezzi di carota maggiori di 10 cm;
- l_f = lunghezza totale del tratto perforato.

Le dimensioni di ciascun spezzone di roccia saranno stimate ed annotate individuando classi di lunghezze differenti fra loro di 5 cm una dall'altra.

Il *tipo* di ciascun giunto o discontinuità costituente un piano di separazione o debolezza (frattura, faglia, piano di strato, piano di scistosità) sarà distinto ed annotato.

Stratificazione: si indicheranno i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura media e l'intervallo di variazione tipico dello spessore degli strati stessi, e la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione o laminazione incrociate.

Regolari alternanze di diversi tipi litologici (ad esempio: sabbie ed argille, marne e calcareniti) potranno essere definite con il termine di "interstratificazione" precisando la media aritmetica dello spessore dei livelli e descrivendo il ritmo delle alternanze.

Spaziatura totale, intesa come distanza media, tra due piani di discontinuità lungo la terebrazione. Per descrivere qualitativamente la spaziatura delle discontinuità verranno utilizzati i termini riportati nella seguente tabella (ISRM, 1978).

Tabella 5 – Caratteristiche di fratturazione dell'ammasso roccioso in funzione della spaziatura media delle discontinuità lungo una linea.

Caratteristica	Misura
Fratture molto ravvicinate	< 6 cm
Fratture ravvicinate	6 ÷ 20 cm
Fratture moderatamente ravvicinate	20 ÷ 60 cm
Fratture distanziate	60 ÷ 200 cm
Fratture molto distanziate	> 200 cm

Scistosità, piani di taglio: si indicherà la presenza, la spaziatura e le caratteristiche della scistosità (orientazione visiva della roccia dovuta a minerali lamellari o prismatici) e di piani di taglio (in terreni coesivi, granulari o rocciosi).

Strutture particolari: si indicherà la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legati a processi di alterazione o trasporto, quali la presenza di clasti in matrice soffice o isole di materiale poco alterato in matrice profondamente alterata, e simili.

L'*inclinazione* di ogni giunto sarà espressa come angolo tra la perpendicolare all'asse di perforazione (piano orizzontale nel caso di sondaggi perfettamente verticali) ed il piano di discontinuità.

La *durezza* delle pareti sarà stimata in base ai criteri di scalfibilità, con unghia o con punta d'acciaio. Sarà inoltre misurato l'indice JCS (*Joint Compressive Strength*) tramite l'uso dello sclerometro (Schmidt Hammer di tipo L), eseguendo la prova su spezzone di carota immobilizzato con apposito strumento di supporto.

La *rugosità* di ogni giunto alla scala della carota sarà definita con riferimento al valore d'indice JRC (*Joint Roughness Coefficient*), con l'uso di un profilatore a pettine (Shape Tracer di Barton) o, in alternativa, indicando una valutazione del grado di scabrezza.

Il tipo e lo spessore del *riempimento dei giunti* saranno definiti precisando composizione granulometrica e/o mineralogica e la compattezza dello stesso.

Per quanto non ulteriormente precisato valgono le prescrizioni "ISRM (1978) - Commission on standardization of laboratory and field tests. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 15, pp. 319–368", e "ISRM - Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose. (1993) Rivista Italiana di Geotecnica, n.2, 151-200".

Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione nelle fasi di perforazione, qualora consentito, e di rivestimento, sarà costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici.

L'uso di sola acqua pulita è obbligatorio nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

Nel caso di installazione di piezometri, è ammesso l'uso di acqua o di fanghi polimerici, biodegradabili entro 72 h.

L'Impresa potrà proporre l'uso di fluidi diversi dai sopra elencati, con la condizione che in ogni caso il fluido prescelto, oltre ad esercitare le funzioni di raffreddamento, asportazione detriti ed eventuale sostentamento, sia in grado di non pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche ed il funzionamento della strumentazione e che, comunque, sia biodegradabile.

Carote estratte

Le carote estratte nel corso della perforazione verranno sistemate in apposite cassette catalogatrici (in legno, metallo, plastica o similari), munite di scomparti divisori e coperchio apribile a cerniera. Le carote coesive verranno scortecciate adeguatamente (taglio trasversale di almeno 5 cm), le lapidee lavate. La documentazione fotografica verrà realizzata immediatamente dopo le succitate procedure.

Dei setti separatori suddivideranno i recuperi delle singole manovre, recando indicate le quote rispetto al p.c..

Negli scomparti saranno inseriti blocchetti di legno o simili a testimoniare gli spezzoni di carota prelevati ed asportati per il laboratorio con le quote di inizio e fine di tali prelievi.

25.1.3 Documentazione finale

Si dovrà compilare una scheda stratigrafica del sondaggio completa di tutte le indicazioni necessarie alla descrizione con criteri geologici e geotecnici del materiale carotato, che con la dicitura: "bozza", dovrà essere inviata entro 24 ore al Committente. Eventuali ritardi comporteranno riduzioni sul compenso per perforazione, comprese tra il 5 - 20 %, a giudizio insindacabile dell'ANAS.

Sulla scheda stratigrafica devono essere specificati:

- cantiere;
- codice identificativo univoco del sondaggio;
- data di inizio e di ultimazione della perforazione;
- metodo di perforazione;

- attrezzature impiegate;
- diametri di perforazione e di rivestimento;
- tipo di fluidi di circolazione impiegati;
- quota della testa foro rispetto a livello marino e coordinate planimetriche;
- inclinazione del foro rispetto all'orizzontale.

La descrizione stratigrafica in bozza sarà compilata in modo tale da specificare, per ciascuno strato ed in forma sintetica ma efficace, quanto relativo ai punti sotto elencati:

- tipo di terreno;
- condizioni di umidità naturale;
- consistenza;
- colore;
- struttura;
- particolarità;
- litologia ed origine;
- caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi come precedentemente descritti.

La scheda stratigrafica in bozza comprenderà inoltre delle osservazioni in merito alla falda idrica, compatibilmente con le modalità esecutive del sondaggio e con la strumentazione installata, con l'annotazione delle letture del livello piezometrico nel foro di sondaggio rilevate ad inizio/fine di ogni giornata lavorativa.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie:

- delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'assetto del cantiere durante la perforazione, ed il completamento/condizionamento finale del foro ove previsto;
- delle cassette catalogatrici suddivise per verticali e riportate per profondità crescente. Le fotografie dovranno essere realizzate a colori, riportanti una scala cromatica e gli estremi del sondaggio (nome, località, progetto, intervallo di perforazione, ecc.). Le istantanee dovranno essere scattate con un'inquadratura perpendicolare alle vaschette porta carote. Queste ultime dovranno essere umidificate prima di procedere allo scatto.

25.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI AD ANDAMENTO DIREZIONATO A CAROTAGGIO CONTINUO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.010.1** "Perforazione inclinata in terreni a granulometria fine e media"

- IG.05.010.2 “Perforazione inclinata in terreni a granulometria grossolana”
- IG.05.010.3 “Perforazione inclinata in roccia dura”
- IG.05.015.1 “Perforazione suborizzontale in terreni a granulometria fine e media”
- IG.05.015.2 “Perforazione suborizzontale in terreni a granulometria grossolana”
- IG.05.015.3 “Perforazione suborizzontale in roccia dura”

25.2.1 Descrizione

Vengono realizzati per definire la litostratigrafia del terreno secondo traiettorie suborizzontali o comunque orientate.

25.2.2 Modalità esecutive

I sondaggi devono essere eseguiti a carotaggio integrale del terreno attraversato. Le attrezzature e le modalità di esecuzione, salvo accorgimenti necessari per garantire il recupero di carote in percentuale non inferiore all'80%, sono analoghe a quelle previste per gli altri tipi di sondaggi.

25.2.3 Documentazione finale

La documentazione del sondaggio geognostico ad andamento direzionato sarà eseguita secondo i criteri già riportati per gli altri tipi di sondaggio.

25.3 SONDAGGI GEOGNOSTICI VERTICALI A DISTRUZIONE DI NUCLEO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.020.1 “Perforazione verticale in terreni a granulometria fine e media”
- IG.05.020.2 “Perforazione verticale in terreni a granulometria grossolana”
- IG.05.020.3 “Perforazione verticale in roccia dura”

25.3.1 Descrizione

Saranno realizzati per permettere, entro gli stessi, la esecuzione di prove e/o l'installazione di strumenti di vario genere e tipo.

La loro realizzazione dovrà quindi essere sempre eseguita tenendo conto di quanto prescritto per le prove o gli strumenti per cui il foro è connesso.

Potranno essere richiesti anche per la perforazione di prefiori 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 sopracitati, 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 $0,2 \div 0,5$ m più alta della quota di inizio prelievo, ripulendo quindi il fondo foro.

Si dovrà inoltre evitare qualsiasi eccesso di pressione nel fluido di perforazione, nella fase di installazione 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 (corteccia, parti "bruciate", tratti dilavati, ecc.).

Spezzoni di carota lapidea

In terreni cementati e rocciosi si prelevano dal carotaggio spezzoni di lunghezza = 15 cm, purché rappresentativi del tipo litologico perforato.

Imballaggio e trasporto dei campioni

I campioni destinati al laboratorio saranno sistemati in cassette con adeguati separatori ed imbottiture alle estremità, onde assorbire le inevitabili vibrazioni del trasporto.

Le cassette andranno collocate in un locale idoneo a proteggerle dal sole e dalle intemperie, fino al momento della spedizione.

Le cassette dovranno contenere un massimo di 6 fustelle, onde facilitarne il maneggio; saranno dotate di coperchio e maniglie. Sul coperchio si indicherà la parte alta.

Il trasporto dovrà essere effettuato con tutte le precauzioni necessarie per evitare il danneggiamento dei campioni, sotto la diretta responsabilità dell'Impresa.

25.5.3 Documentazione finale

I campioni devono essere contraddistinti da cartellini inalterabili, che indichino:

- cantiere;

- numero del sondaggio;
- numero del campione;
- profondità di prelievo;
- tipo di campionatore impiegato;
- data di prelievo;
- parte alta (per campioni indisturbati e spezzoni di carota).

Il numero del campione, il tipo di campionatore usato ed il metodo di prelievo devono essere riportati sulla stratigrafia alla relativa quota; questi dati devono essere riportati anche nel caso di prelievi non riusciti.

26 PROVE GEOTECNICHE IN FORO

Le attività riguardanti le prove geotecniche in foro sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prove di penetrazione dinamica SPT;
- Prove scissometriche VT in foro di sondaggio;
- Prova pressiométrica;
- Prova dilatometrica in roccia;
- Prove di permeabilità in sondaggio tipo Lefranc;
- Prova di permeabilità in sondaggio tipo Lugeon.

L'Appaltatore dovrà fornire in qualsiasi momento i certificati di taratura delle strumentazioni utilizzate su richiesta di ANAS.

26.1 PROVE DI PENETRAZIONE DINAMICA SPT

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.040** "Esecuzione di standard penetration test"

26.1.1 Descrizione

La prova penetrometrica standard o prova penetrometrica dinamica (SPT - *Standard Penetration Test*) è un tipo di indagine geotecnica per ricavare e studiare le caratteristiche di un terreno, tramite la determinazione della sua resistenza alla penetrazione.

26.1.2 Modalità esecutive

La prova si eseguirà infiggendo nel terreno alla base del sondaggio un campionatore per tre tratti consecutivi, il primo di 150 mm, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione.

Si dovrà annotare l'eventuale affondamento del campionatore per peso proprio delle aste.

Il campionatore dovrà essere in acciaio indurito, con superfici lisce apribili longitudinalmente, avente le seguenti caratteristiche generali:

- Diametro esterno - $\varnothing_{est} = 51 \pm 1$ mm;
- Diametro interno - $\varnothing_{int} = 35 \pm 1$ mm;
- Lunghezza minima escluso tagliente principale - $L_{min} > 457$ mm;
- Lunghezza scarpa tagliente terminale con rastremazione negli ultimi 19 mm - $l = 76 \pm 1$ mm.

Il campionatore sarà dotato di valvola a sfera e aperture di scarico a sfiato.

Non è prevista la dotazione di punta conica per la sostituzione del tagliente terminale.

Salvo nel caso di terreni molto compatti o ricchi di ciottoli, l'Impresa potrà utilizzare la punta conica, dandone preventiva comunicazione alla DL.

Le aste di collegamento tra il campionatore e la sonda in superficie dovranno essere corrispondenti alle tipologie elencate nella seguente tabella.

Tabella 6 – Caratteristiche delle aste per prove SPT.

Diametro (mm)	Peso per metro lineare (kg)
40,5	≈ 4,23
50	≈ 7,23
60	≈ 10,03
70	≈ 10,00

Le aste dovranno essere dritte, ben avvitare 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 pressiometro”

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 dalla 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 pressiometrica 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 pressiometrica sarà posizionata alla quota indicata dal programma. In accordo alle indicazioni del programma, la prova pressiometrica 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 pressiometrica a quota prova;
- P_d = differenza di pressione tra cella di misura e celle di guardia.

La prova può essere condotta attraverso le due seguenti procedure:

- 1) Metodo degli uguali incrementi di pressione

La sonda verrà posizionata e la pressione incrementata con uguali intervalli di crescita, fino a che l'espansione della cella nel corso di un incremento di carico diventa maggiore di circa 1/4 dell'originale volume della cella di misura.

I valori di ciascun incremento dovranno essere in accordo al programma o definiti nel corso della prova stessa, e comunicarli alla DL; in ogni caso si raccomanda l'impiego di 7 - 10 incrementi.

2) Metodo degli uguali incrementi di volume

La sonda verrà posta in posizione ed il volume della cella di misura aumentato con incrementi uguali, di valore pari a 0.05 - 0.1 volte il volume iniziale V, fino ai limiti naturali dell'apparato di prova.

In entrambe le procedure di prova, le letture relative alle variazioni di volume della sonda (quindi del terreno) dovranno essere effettuate dopo 30 sec e dopo 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o volume; le misure dovranno essere registrate con una precisione pari a 0.2% il volume della cella di misura in condizioni di pressione atmosferica e pari al 5% del valore della pressione limite. Il programma potrà comprendere anche cicli intermedi di scarico ricarico.

Raggiunti i massimi valori di pressione o di volume, la sonda sarà depressurizzata e riportata in superficie.

26.3.3 Documentazione finale

Su apposita scheda verrà riportato:

- data;
- informazioni generali per la completa ubicazione del sondaggio e della prova;
- nominativi degli esecutori;
- dettagliata descrizione delle caratteristiche e dimensioni della attrezzatura, della sonda di prova e della membrana in particolare;
- curve di calibrazione con diagramma pressione/volume a seguito della taratura;
- livello piezometrico nel foro;
- profondità del punto di prova;
- descrizione di modalità e diametro di perforazione;
- descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova;
- descrizione del tempo atmosferico e della temperatura;
- tipo di prova a 30 e 60 sec dall'applicazione dell'incremento di pressione o letture di pressione a 30 e 60 sec dall'incremento di volume;
- note su qualsiasi variazione rispetto alle modalità di prova;

- pressione limite;
- diagramma volume (cm³ / pressione in kPa);
- modulo pressiometrico in accordo alla espressione:

$$E_p = 2 D_p \cdot \frac{(1 + P_{rt}) \cdot (V_o + V_m)}{D}$$

dove:

- E_p = modulo pressiometrico;
- P_{rt} = rapporto di Poisson;
- V_o = volume della cella di prova alla pressione atmosferica;
- V_m = volume corretto nella parte centrale dell'incremento $V = V_r - V_c$, per V_r = volume da lettura a manometro e V_c = correzione volumetrica alla pressione corrispondente in base alla curva di calibrazione.

26.4 PROVA DILATOMETRICA IN ROCCIA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.070** "Esecuzione prova dilatometrica in roccia"

26.4.1 Descrizione

Viene utilizzata per la determinazione in sito dei parametri di deformabilità. I risultati della prova, se eseguita in numero sufficiente, consentono di fornire elementi di supporto al modello geologico e geomeccanico dell'ammasso roccioso. Inoltre, interpretati mediante le correlazioni sperimentali, forniscono stime rapide e soddisfacentemente accurate di parametri geotecnici e di resistenza.

26.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ISRM 1987 - Suggested methods for deformability determination using a flexible dilatometer;
- UNI EN ISO 22476-5 - Indagini e prove geotecniche - Prove in sito - Parte 5: Prova con dilatometro flessibile.

26.4.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- ubicazione, direzione ed immersione del sondaggio;

- profondità della sezione di misura;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata;
- diagrammi variazioni diametrali-p pressione per ogni trasduttore;
- schema di calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;
- relazione matematica per il calcolo dei moduli;
- tabelle riassuntive dei moduli di deformabilità e di elasticità.

26.5 PROVE DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LEFRANC

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.050.1** “Prova di permeabilità di tipo Lefranc”

26.5.1 Descrizione

Prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

La prova è destinata a misurare la conducibilità idrica orizzontale del terreno.

26.5.2 Modalità esecutive

Si esegue misurando gli assorbimenti di acqua nel terreno, facendo filtrare l'acqua attraverso un tratto di foro predeterminato. Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile; a carico idraulico costante nel caso di elevata conducibilità.

Le modalità esecutive di ciascuna prova saranno le seguenti:

- perforazioni con carotiere fino alla quota di prova;
- rivestimento del foro fino alla quota raggiunta dalla perforazione, senza uso di fluido di circolazione almeno negli ultimi 100 cm di infissione;
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia molto lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro della sonda o comunque senza fluido di circolazione;
- misura ripetuta più volte del livello d'acqua nel foro;
- nel caso di terreno fuori falda, immissione continua di acqua pulita nel foro per almeno 30 minuti primi;
- esecuzione della prova.

Carico idraulico variabile

- Riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento;
- Misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 14", 30", 1', 2', 4', 8', 15' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Carico idraulico costante

- Immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita dal terreno costante nel tempo e misurata;
- Il controllo della portata immessa a regime idraulico costante sarà determinata con contalitri di sensibilità pari a 0,1 litri. La taratura del contalitri deve essere verificata in sito riempiendo un recipiente di volume noto e di capacità superiore a 100 litri;
- Le condizioni di immissione a regime costante devono essere mantenute, senza variazione alcuna, per 10 - 20 min.

A partire dal momento della interruzione della prova, si misureranno gli abbassamenti progressivi del livello dell'acqua all'interno del rivestimento a distanza di 15", 30", 1', 2', 4', 8', 15', proseguendo fino all'esaurimento dell'abbassamento o al raggiungimento del livello della falda.

26.5.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- informazioni generali;
- schema geometrico della prova;
- livello di falda;
- tempo di saturazione (se eseguita);
- portata a regime;
- letture degli abbassamenti in relazione ai tempi progressivi.

26.6 PROVA DI PERMEABILITÀ IN SONDAGGIO TIPO LUGEON

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.050.2 "Prova di permeabilità di tipo Lugeon"

26.6.1 Descrizione

La prova misura l'attitudine di un ammasso roccioso ad essere interessato da circolazione idrica; si eseguirà iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto isolato di foro di sondaggio, perforato in terreni lapidei o litoidi, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni.

26.6.2 Modalità esecutive

Il contalitri dovrà essere tarato in sito, prima di iniziare le prove, riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 l.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, saranno valutate in sito con il metodo di un tubo campione posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione del manometro.

Si calcolerà 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	$M = 63,5 \pm 0,5 \text{ kg}$ oppure 73 kg
Altezza di caduta	$h = 750 \pm 2 \text{ mm}$

L'intercapedine tra $\varnothing_{\text{int}}$ della scarpa ed aste sarà di $0,2 \div 0,3 \text{ mm}$; 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 $150 \div 200$ cm².

Le aste di tipo cavo dovranno avere diametro esterno di 36 mm.

Le astine interne a sezione piena, dovranno avere diametro inferiore di $0.5 \div 1$ 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 f_s 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 f_s e q_s , con i seguenti fondo scala:

- 5000 kg per q_s ;
- 750 kg per f_s .

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 millisec) e il tempo di registrazione sia di almeno 300 millisecondi;
- Generazione di un impulso di taglio in una direzione (ad esempio normale) e registrazione dei tempi di arrivo dell'onda di taglio;
- Generazione di un impulso di taglio nella direzione coniugata (180° sul piano orizzontale) e registrazione dei tempi di arrivo dell'onda di taglio;

- Infilaggio della punta penetrometrica 1 metro più in profondità senza far ruotare le aste. In tal modo l'intervallo di ricezione sarà fra - 2 e - 1 m dal p.c. e si ripetono le energizzazioni fino al rifiuto e/o fino alla profondità richiesta.

27.5.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - tempi di arrivo delle onde di taglio;
 - velocità intervallari delle onde di taglio;
 - tracce sismografiche onde di taglio.

28 ALTRE PROVE GEOTECNICHE IN SITU

Le attività riguardanti i sondaggi geognostici sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prove di carico su piastra in terre;
- Determinazione della densità in sito;
- Prove di portanza con piastra LWD;
- Determinazione CBR in sito;
- Prova con martinetto piatto.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'apparato impiegato per la prova.

28.1 PROVE DI CARICO SU PIASTRA IN TERRE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.120** "Determinazione della portanza in sito mediante prova di carico su piastra (diametro 30 cm)"
- **IG.05.155** "Determinazione della portanza in sito mediante prova di carico su piastra (diametro 60 cm)"

28.1.1 Descrizione

La prova consente di determinare le proprietà di resistenza e il cedimento verticale di una determinata massa di terreno in sito.

28.1.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- Bollettino CNR UNI 146 del dicembre 1992 “Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M'_d mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare”.

28.1.3 Documentazione finale

Per ciascuna prova, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- profondità a cui è stata eseguita la prova;
- certificato di taratura del manometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove;
- fotocopia delle tabelle con letture di cantiere del micrometro, per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- modulo di deformazione M_d (MPa) relativo al primo ciclo di carico, calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula:

$$M_d = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot D$$

- modulo di deformazione M'_d (MPa) relativo al secondo ciclo di carico, calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula:

$$M'_d = \frac{\Delta p'}{\Delta s'} \cdot D$$

Dove:

- $\Delta p / \Delta p'$ = incremento di carico specifico (MPa);
- $\Delta s / \Delta s'$ = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm);
- D = diametro della piastra (mm).

28.2 DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ IN SITO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.115** “Determinazione della densità in situ con volumometro a sabbia”

28.2.1 Descrizione

La prova di densità in situ ha lo scopo di verificare appunto le caratteristiche del terreno compattato.

In particolare, questa tipologia di prova va a determinare il peso di volume del terreno secco in situ, dopo che è stato steso e opportunamente rullato, confrontandolo con il valore ottenuto in laboratorio attraverso la prova di compattazione Proctor “AASHO Standard” o “AASHO Modificata”.

Le prove di densità in situ vanno effettuate come una sorta di collaudo a seguito della posa di terreni per la realizzazione di pavimentazioni e/o nelle diverse fasi realizzazione di rilevati stradali, terre armate, ecc..

28.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D1556 - Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method;
- CNR BU n.22 - Peso specifico apparente di una terra in situ.

28.3 PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA LWD

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.125** “Determinazione della capacità portante degli strati di fondazione e sottofondo - LWD”

28.3.1 Descrizione

E' una prova di carico su piastra dinamica che consente in maniera veloce ed efficace di verificare la qualità della compattazione di terreni e strati portanti durante o alla conclusione dei lavori. Usando la Piastra Dinamica, non è necessario alcun peso di contrasto e i lavori in cantiere possono proseguire normalmente durante l'esecuzione delle misurazioni.

28.3.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM E2583 - Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD).

28.4 DETERMINAZIONE CBR IN SITO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.130** “Determinazione CBR in sito”

28.4.1 Descrizione

La prova viene utilizzata per la determinazione in sito dell'indice di portanza di un terreno compattato nelle costruzioni stradali.

28.4.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 13286-47 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e del rigonfiamento;
- ASTM D1883 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

28.5 PROVA CON MARTINETTO PIATTO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.075** “Determinazione dello stato di sollecitazione con martinetto piatto”

28.5.1 Descrizione

Consente la valutazione dello stato tensionale tramite lettura della pressione necessaria a ripristinare la convergenza dei lembi di un taglio piano praticato perpendicolarmente alla superficie di prova.

28.5.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ASTM D4729-87, ISRM Suggested methods of rock stress determination.

28.5.3 Documentazione finale

La documentazione della prova comprenderà, oltre alle informazioni generali e sulla ubicazione della prova:

- descrizione geomeccanica dell'ammasso con documentazione fotografica;
- descrizione delle apparecchiature di prova (di carico e di misura), loro specifiche tecniche, certificati di calibrazione, documentazione fotografica;
- tabelle delle letture originali;
- grafico deformazioni/carichi;

- valore dello stato di sollecitazione misurato e del modulo di deformabilità;
- documentazione fotografica della prova in corso di esecuzione.

29 POZZETTI E TRINCEE ESPLORATIVE

Le attività riguardano lo scavo di pozzetti geognostici.

29.1 POZZETTI GEOGNOSTICI

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.145** “Approntamento e installazione escavatore per scavo di pozzetto esplorativo o per apertura di piste di accesso”
- **IG.05.150** “Scavo di pozzetti esplorativi”

29.1.1 Descrizione

Comprendono tecniche a basso costo quali:

- trincea: eseguita con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, generalmente a profondità di 2 - 4 m (al massimo fino a 6 - 7 m);
- pozzi sonda: eseguiti con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, con le relative armature e/o opere di sostegno;

Gli scavi dovranno risultare ispezionabili ed in sicurezza per tutto il tempo necessario per le indagini.

Se lo scavo è spinto al di sotto della falda valgono le prescrizioni riportate nella Sezione “Movimenti di terra” del relativo Capitolato.

Il mantenimento degli scavi aperti, comporta l'obbligo di adeguati provvedimenti contro infortuni e danni a terzi, rispettando la Normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro.

29.1.2 Modalità esecutive

Si richiede una larghezza minima di 2.5 m; per le operazioni di campionamento si richiede una sezione orizzontale di almeno 1.0x1.5 m².

L'armatura di sostegno dovrà essere commisurata alle spinte prevedibili del terreno alle varie profondità, nelle condizioni più sfavorevoli.

L'occlusione definitiva degli scavi deve essere condotta in modo da non alterare il naturale deflusso delle acque superficiali e sotterranee e da non pregiudicare la stabilità dei versanti interessati o di manufatti in prossimità.

All'interno degli scavi si potranno recuperare, con modalità ed attrezzature idonee:

- campioni rimaneggiati (cubici, cilindrici, sciolti);
- campioni indisturbati (cubici, cilindrici).

Il contenitore recherà un'etichetta o una scritta che identifichi chiaramente il campione:

- cantiere;
- codice univoco del pozzetto esplorativo;
- codice univoco del campione;
- quota di prelievo;
- parte alta del campione.

Il prelievo deve essere realizzato su fronti di scavo freschi, dopo aver asportato lo strato superficiale disseccato, alterato o allentato, e documentato con esaustiva documentazione fotografica.

29.1.3 Documentazione finale

Consta di:

- Rapporto tecnico conclusivo, riportante l'ubicazione dei punti scavo, la descrizione delle attrezzature e della metodologia utilizzata;
- stratigrafia del pozzetto, con indicazione delle caratteristiche litologiche, delle quote di prelievo dei campioni e dell'eventuale presenza di acqua.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie:

- delle postazioni che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione e l'assetto del cantiere durante le attività;
- dell'interno dello scavo allo scopo di metterne in evidenza la stratigrafia e le prove realizzate, con apposizione di riferimento metrico e scala colorimetrica.

PARTE QUARTA – INDAGINI GEOFISICHE

30 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

L'oggetto della presente Sezione del Capitolato concerne le attività di indagine sia diretta che indiretta in situ per la definizione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici e delle proprietà geotecniche del volume di terreno rappresentativo per l'opera in progetto.

Le risultanze di tali indagini permettono di collezionare una banca dati fondamentale, in quanto forniscono quei parametri sito specifici sulla base dei quali vengono dimensionate le opere e gli interventi in progetto.

L'Affidatario è obbligato a garantire la presenza in cantiere, a tempo pieno, di un tecnico qualificato (Geologo o Ingegnere Geotecnico), iscritto all'Albo professionale, con la qualifica di "Responsabile di cantiere". Egli curerà e coordinerà l'esecuzione delle indagini ed avrà inoltre il compito di avvertire tempestivamente l'ANAS di eventuali esigenze di modifiche, variazioni e spostamenti rispetto al programma d'indagine approvato. Tali modifiche non potranno essere eseguite in assenza di autorizzazione formale da parte dell'ANAS.

L'Affidatario sarà tenuto a comunicare all'ANAS, all'atto della consegna dei servizi, il nominativo ed i riferimenti del Responsabile di cantiere, la data prevista di effettivo inizio degli stessi e il cronoprogramma delle attività.

L'Affidatario è tenuto a verificare, preventivamente all'esecuzione delle prove geofisiche in foro, la correttezza del tipo o delle modalità di cementazione della tubazione utilizzata e del relativo corredo: la società Affidataria si impegna, pertanto, a comunicare tempestivamente all'ANAS la presenza di eventuali anomalie o carenze che venissero riscontrate, dandone, laddove richiesta, anche specifica evidenza strumentale.

Dovrà essere redatto un Rapporto Tecnico Conclusivo, nel quale verranno descritte le metodologie di indagine applicate, la strumentazione impiegata, i riferimenti alle norme e alle procedure adottate per la conduzione delle prove. Verrà allegata al suddetto rapporto tutta la documentazione per come indicata nelle singole voci descrittive delle diverse metodologie di indagine.

31 LOG GEOFISICI

L'esecuzione di log geofisici in foro di sondaggio (detti anche carotaggi geofisici) permette di definire alcuni specifici parametri fisici fondamentali per la ricostruzione stratigrafica e per la definizione delle caratteristiche fisiche dei litotipi campionati.

L'equipaggiamento per l'esecuzione dei logs geofisici appare complesso e molto. La strumentazione base, che varia in funzione delle varie tipologie di acquisizione e della profondità da raggiungere, attualmente si compone delle seguenti parti: una o più sonde da introdurre nel pozzo, un rullo con sistema di svolgimento/riavvolgimento del cavo (mono o pluricanale) di collegamento con la superficie con motore elettrico ed un PC portatile con software per l'acquisizione, registrazione ed interpretazione del segnale.

I dati sono acquisiti in formato digitale con sistema di trasmissione dati sonda-superficie con doppio processore combinato con un sistema di modulazione, così da permettere la visualizzazione in continuo delle diagrafie con possibilità di variare sia il passo di campionamento sia la velocità di acquisizione dei dati.

Per la maggior parte dei parametri (resistività, gamma, caliper, sonico e televiewer), l'acquisizione avviene in fase di risalita mentre si è soliti utilizzare la discesa per i parametri relativi alla caratteristiche del fluido presente in foro (temperatura e resistività del fluido). Il passo di campionamento è generalmente di 10-20 cm ma può variare in funzione della lunghezza del foro da investigare. La velocità di acquisizione dei dati dipende dal tipo di parametro che si sta misurando e dal tipo di strumentazione. In media, la velocità di movimentazione delle sonde varia da 3 m/min a 7-9 m/min.

L'elaborazione dei dati avviene mediante software specifici che permettono la visualizzazione e l'interpretazione simultanea dei dati acquisiti. I moderni software di interpretazione forniscono direttamente i valori dei vari parametri acquisiti già corretti in funzione dell'effettivo diametro di perforazione.

Il Rapporto finale prevede la descrizione complessiva delle operazioni svolte, la definizione delle caratteristiche generali della strumentazione utilizzata (specifiche tecniche, range operativi ed incertezza delle misure), i risultati dell'interpretazione qualitativa e quantitativa dei dati acquisiti, un'elaborato grafico contenente le diagrafie dei vari parametri acquisiti affiancate, talvolta, dalla colonna stratigrafica interpretativa, il tabulato delle misure effettuate con il relativo passo di campionamento.

31.1 OTTICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 "Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2 "Esecuzione Logs Geofisici"
- IG.05.022.7.2a "OTTICO"

31.1.1 Descrizione

Il log ottico dei fori di sondaggio consente di misurare e descrivere con notevole accuratezza e precisione le caratteristiche geometriche e geomeccaniche delle discontinuità, la giacitura di elementi stratimetrici nonché il dimensionamento di cavità.

La sonda OBI (*Optical Borehole Imager*) o BIPS (*Borehole Image Processing System*) riproduce un'immagine orientata a colori della parete del foro di sondaggio oppure del rivestimento. In questo modo viene realizzata un'immagine continua della parete del foro, che viene rappresentata come sviluppo planare. Sull'immagine sono facilmente riconoscibili fessure aperte o riempite e fratture, nonché tagli, danneggiamenti, giunti ecc. del rivestimento.

31.1.2 Modalità esecutive

La prova si esegue con una telecamera a colori ad alta definizione montata su aste di alluminio centimetriche 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 giaciturali 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 finestrato del diametro da 2" a 4" (i vuoti devono costituire almeno il 10% della superficie fessurata, con aperture di 0,4-1,0 mm) e da tubazioni cieche di diametro pari a quelli finestrati, giuntabili ai medesimi, ed interamente ricoperte da calza in tessuto-non-tessuto oppure da rete di nylon a maglia di 0,5 mm, fissata solidamente alla tubazione stessa, con alle estremità idonei tappi impermeabili di isolamento.

La perforazione sarà eseguita con diametro maggiore o uguale a 100 mm, con fluidi costituiti da sola acqua pulita, evitando rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno circostante che possano alterare l'uniformità della sezione lungo la perforazione. Nell'intercapedine tra la tubazione piezometrica e la parete del foro andrà inserito un filtro di ghiaietto pulito ($\varnothing=2\div 4$ mm).

Alla fine della perforazione si dovrà eseguire un buon lavaggio del foro con acqua pulita; la pressione e la quantità di acqua di spurgo dovrà essere regolata su valori minimi.

Prima di procedere ad effettuare la prova, si determineranno i seguenti parametri del sensore:

Vo = velocità iniziale di spunto (dipende dagli attriti di origine meccanica che si sviluppano nel perno dell'elica); R = coefficiente di riduzione (tiene conto della perturbazione della velocità naturale che si verifica per la presenza dell'elica).

Prima di calare il sensore nel foro si controllerà che l'elica ruoti liberamente e che il contatore di impulsi funzioni regolarmente. Dovrà, inoltre, essere tarato il passo dell'elica (per la conversione da giri/sec a cm/sec) usando uno spezzone di tubo uguale a quello posto in opera.

Le misure in sito con il micromulinello devono essere eseguite, ogni 20-50 cm per tutta l'altezza del tubo fessurato; tuttavia in particolari posizioni possono essere richieste anche letture ad intervalli inferiori.

Per ciascuna posizione di misura deve essere rilevato il numero di giri al secondo dell'elica, mediato su un intervallo di 10-60 secondi, nonché il senso della corrente, ascendente o discendente.

Le misure devono essere eseguite nelle due seguenti condizioni:

- in condizioni idrauliche naturali, per rilevare eventuali correnti naturali del terreno;
- durante l'immissione o l'estrazione d'acqua con cui si realizza un flusso d'acqua "transitorio" attraverso il terreno.

Prima di iniziare le misure deve essere accuratamente misurato il livello statico e dinamico stabilizzato della falda. In presenza di falda artesianica, per effettuare le misure in condizioni naturali, il tubo di prova deve essere

prolungato al di sopra del p.c. fino ad ottenere un livello statico, mentre per effettuare le misure di tipo b) si deve ripristinare la situazione di artesianesimo e misurare la portata d'acqua che fuoriesce.

La prova con micromulinello si intende conclusa quando sono state eseguite le misure sia in discesa che in risalita, in condizioni di falda naturale ovvero di falda dinamica, per tutta l'altezza della colonna filtrante.

31.7.3 Documentazione finale

La documentazione preliminare di una prova deve comprendere il grafico delle velocità misurate alle varie profondità nelle due condizioni di prova e le relative tabelle dei dati misurati oltre ai rilievi dei livelli di falda, delle portate immesse od emunte ed il grafico della taratura iniziale dello strumento.

La documentazione finale comprenderà una Relazione conclusiva interpretativa dei risultati ottenuti, contenente tra l'altro:

- schema geometrico del sondaggio attrezzato;
- livello della falda;
- quota assoluta del piano campagna;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- risultati della taratura;
- tabulati delle letture di ciascuna serie di prove;
- grafico V su profondità in condizioni naturali, per ciascuna serie di letture, essendo:

$$V = (nd/R) + V_0$$

dove:

- n = numero di giri dell'elica per unità di tempo;
- d = passo dell'elica;
- R = velocità di spunto iniziale;
- V_0 = coefficiente di riduzione;
- grafico V' su profondità in condizioni di flusso forzato per immissione, per ciascuna serie di letture;
- grafico $V' - V$ su profondità, utilizzando per ciascuna singola profondità i valori medi misurati.

31.8 CALIPER MECCANICO

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.022.7.1 “Approntamento attrezzatura per Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2 “Esecuzione Logs Geofisici”
- IG.05.022.7.2h “CALIPER MECCANICO”

31.8.1 Descrizione

Strumento utilizzato per misurare il diametro di un foro e come esso varia con la profondità. Da tale misura si può risalire al riconoscimento di zone più o meno fratturate e/o permeabili, alla misura del volume del foro per valutazioni sulla quantità di cemento o ghiaia di riempimento; valutazione delle sezioni di foro per calibratura *packers* per le prove di pozzo. La misura del diametro del foro è, infine, utile per la calibrazione dei dati acquisiti con sonde di diverso tipo. Può essere impiegato anche su fori rivestiti per l'analisi di eventuali rotture, incrostazioni o deformazioni della colonna.

31.8.2 Modalità esecutive

Requisiti minimi dello strumento:

- n° bracci: 3;
- range di misura: 50 – 400 mm;
- precisione: 1 mm;
- risoluzione: 0,5 mm.

La sonda viene inserita all'interno del foro di sondaggio per il rilievo dei tratti di interesse.

La profondità alla quale dare inizio all'acquisizione viene raggiunta tramite il sistema costituito dal verri-cello, i cavi e i centralizzatori, e grazie all'ausilio del motore per il recupero dell'attrezzatura e il controllo della velocità di risalita.

L'acquisizione avviene per mezzo dei bracci, i quali sono premuti contro la parete del foro mentre lo strumento viene sollevato dalla parte inferiore del foro. Il movimento in entrata e in uscita dalla parete del foro viene registrato elettricamente e trasmesso all'apparecchiatura di registrazione in superficie.

Il rilievo è da ritenersi completo ed eseguito a regola d'arte con la restituzione dei report di acquisizione e delle elaborazioni grafiche e statistiche delle misure.

31.8.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore);
- informazioni generali sul sondaggio: diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.;
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- diagramma profondità/diametro del foro.

32 PROSPEZIONI SISMICHE

Le attività riguardanti le prospezioni sismiche sono suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Prove Down-Hole;
- Prove Cross-Hole;
- Prospezioni sismiche a rifrazione;
- Prospezioni sismiche a riflessione;
- Prospezione sismica ibrida;
- Prospezione geotomografica;
- Prove per onde superficiali attive (MASW);
- Prove per onde superficiali passive (RE.MI.);
- Indagini di sismica passiva (HVSr).

Data la natura dei servizi richiesti il Geologo o l'Ingegnere geotecnico, in possesso dell'abilitazione alla professione, indicato dall'Affidatario, sarà responsabile dell'intero svolgimento dei servizi e curerà e coordinerà l'esecuzione delle attività di indagine. Avrà cura di verificare che le indagini vengano effettuate secondo le direzioni impartite da ANAS, e ove non sia possibile per oggettive ragioni non dipendenti dalla responsabilità dell'Affidatario, di comunicarlo tempestivamente prima di procedere all'esecuzione. Il responsabile accerterà che le prospezioni vengano realizzate con un grado di qualità tali da non inficiare il

buon esito dell'indagine e l'utilità delle informazioni per le quali le stesse sono state commissionate. In caso contrario renderà conto ad ANAS dell'operato dell'Affidatario.

L'Affidatario provvederà alla georeferenziazione delle indagini, ovvero del singolo punto di indagine (per le indagini puntuali) o degli estremi dello stendimento (per le linee, i tracciati o i profili sismici).

Il Geologo o l'Ingegnere indicato dall'Affidatario, sarà anche responsabile della stesura della relazione tecnica conclusiva, e di tutti gli elaborati grafici richiesti, che contenga oltre alle informazioni generali sulla campagna di indagine (progetto, località, data di inizio e fine indagine, nominativi del personale impiegato, ecc.) anche l'illustrazione della strumentazione impiegata e della tipologia di prospezioni realizzate.

In particolar modo dovrà essere prodotta al termine della campagna di indagine una planimetria ubicativa riportante appunto le ubicazioni delle singole prospezioni, univocamente identificabili, e le relative caratteristiche (prova down-hole, prova cross-hole, linea sismica a rifrazione, linea sismica a riflessione, MASW, ecc.).

L'elaborato dovrà essere redatto su basi topografiche di adeguato dettaglio e georeferenziato nel sistema UTM (ellissoide di riferimento WGS84) e Gauss-Boaga. Inoltre dovrà avere un dettaglio ed una scala di rappresentazione adeguato e commisurato alle esigenze che ANAS manifesterà all'Appaltatore nel corso del contratto.

Parte integrante del report conclusivo è l'allegato fotografico contenente le fotografie delle postazioni, che dovranno mettere in evidenza l'ubicazione l'apparato per le indagini.

32.1 PROVE DOWN-HOLE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.195** "Tubo in PVC per protezione fori di geofisica"
- **IG.05.205** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche e posizionamento apparecchiatura"
- **IG.05.230** "Prove sismiche down-hole all'interno di sondaggi geognostici"

32.1.1 Descrizione

Metodo geofisico per la misura in sito della velocità di propagazione V_p delle onde sismiche longitudinali e V_s delle onde trasversali per la determinazione dei parametri di deformabilità in condizioni dinamiche dei terreni.

32.1.2 Modalità esecutive

Le misure si eseguiranno mediante la misurazione dei tempi di tragitto di impulsi sismici da un emettitore ad un ricevitore, quest'ultimo posto all'interno di un foro di sondaggio adeguatamente rivestito con tubazione apposita.

La esecuzione della prova richiede la predisposizione di un foro di sondaggio attrezzato con tubazioni.

Le modalità di esecuzione della prova saranno le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio del ricevitore in corrispondenza del primo punto di prova, in accordo al programma di lavoro;
- generazione dell'impulso (è ammessa anche la somma di più impulsi) e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni lungo tutta la verticale di prova.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità ed avranno la frequenza specificata dal programma di lavoro (la frequenza oscilla di norma tra una misura ogni 0,5 m ed una ogni 3,0 m).

In cantiere, prima dell'installazione, si dovrà provvedere a:

- controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciature dovuti al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi non presentino sbavature che possono compromettere il buon accoppiamento;
- verificare l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllare e preparare i componenti per la realizzazione della miscela di cementazione che sarà composta da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- controllare gli utensili per l'installazione, ed in particolare l'efficienza della morsa di sostegno.

Per la esecuzione delle misure geofisiche si utilizzeranno le sottoelencate attrezzature:

- sistema di energizzazione (per onde di compressione P) costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo;
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati;

- sistema di energizzazione (per onde di taglio SH) costituito da una massa battente manovrata a mano, pneumaticamente o oleopneumaticamente agente a percussione sul piano orizzontale in modo coniugato (180°) su un'incudine di legno o di altro materiale, ben saldo al terreno solo per attrito radente e posto nelle adiacenze della testa foro. È onere e responsabilità dell'Impresa dimensionare correttamente la sorgente, in funzione della natura e caratteristiche dei terreni interessati e che sono da considerarsi noti, in quanto le misure sono successive alla perforazione dei sondaggi entro i quali si eseguono le stesse.
- geofoni da foro tridimensionali, a frequenza compresa fra 8 e 14 Hz, e di diametro minore o uguale a 70 mm, da calare nel foro a profondità prefissate, in grado di registrare i tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio; ogni ricevitore deve potere essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio meccanico, pneumatico e/o elettrico.

In caso si utilizzi un solo ricevitore, questo potrà essere anche:

- a doppia terna ovvero costituito da due terne cartesiane ortogonali di ricevitori spaziate fra 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 $3 \div 8$ m.

32.2.2 Modalità esecutive

Normativa di riferimento:

- ISRM 1988 - "Suggested methods for seismic testing within and between boreholes".

32.2.3 Documentazione finale

La documentazione delle misure dovrà comprendere quanto sottoelencato:

- informazioni generali atti a ubicare ed identificare le prove;

- schema geometrico di ogni tubo installato;
- quota assoluta della testa del tubo;
- caratteristiche del tubo installato;
- modalità, quantità e composizione della miscela iniettata nell'intercapedine;
- rilievo inclinometrico della verticalità;
- sismogrammi in originale delle registrazioni di campagna su supporto magnetico;
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicati gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi;
- diagrafie riportanti:
 - stratigrafie dei sondaggi;
 - tempi di arrivo delle onde di compressione e di taglio;
 - velocità delle onde di compressione e di taglio nella sezione compresa tra i due fori;
 - coefficiente di Poisson dinamico;
 - modulo di elasticità dinamico;
 - modulo di taglio dinamico;
 - modulo di compressibilità dinamico;
 - tracce sismografiche onde di compressione;
 - tracce sismografiche onde di taglio;
 - misure inclinometriche;
 - risultanze finali ed interpretative;
 - Log sonico;
 - diagrammi di V_p e V_s rispetto alla profondità.

Le misure effettuate e la loro restituzione in un grafico che evidenzi la distanza in ogni punto della coppia dei fori per misure "cross-hole" farà parte integrante della documentazione.

32.3 PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.205** "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche e posizionamento apparecchiatura"

- IG.05.208 “Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica”
- IG.05.210 “Analisi dell’attenuazione anelastica”
- IG.05.215 “Esecuzione di prospezioni sismiche a rifrazione”
- IG.05.220 “Elaborazione tomografica per distanza intergeofonica”
- Q.05.021 “Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica”.

32.3.1 Descrizione

Consiste nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione (P) e delle onde di taglio (SH), create allo scopo tramite opportuna energizzazione, e rifratte dalle superfici di discontinuità che costituiscono contrasti di impedenza del sottosuolo. La registrazione si realizza attraverso uno stendimento di geofoni disposti a intervalli regolari lungo il profilo da indagare. L’equidistanza tra i geofoni ed il loro numero dipendono dal dettaglio e dal target (profondità di indagine richiesta).

La misura dei tempi di arrivo delle onde P e delle onde SH ai diversi geofoni permette di ricostruire l’andamento e la profondità degli orizzonti rifrattori presenti nel sottosuolo e di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

Normativa di riferimento:

ASTM D 5777 - 95 - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation.

32.3.2 Caratteristiche delle attrezzature

L’attrezzatura di prova dovrà essere costituita dai seguenti componenti:

- sismografo minimo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- un numero minimo di 24 geofoni verticali (acquisizione onde P) e di 24 geofoni orizzontali (acquisizione onde SH) con frequenza propria variabile tra 8 e 30 Hz;
- sistema di energizzazione adeguato alla lunghezza dei tiri da realizzare, che potrà essere costituito da:
 - martello strumentato, lasciato cadere con energia su una piastra metallica appoggiata al suolo (onde P);
 - martello strumentato, agente lateralmente su un blocco adeguatamente ancorato (per attrito radente) al terreno (onde SH);
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici, trainati e/o trasportati (pendoli), che producono onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale;

- cariche di esplosivo (solo in casi eccezionali).

È necessario che il tipo di energizzatore utilizzato permetta, dopo qualche stack (massimo 5), di determinare inconfutabilmente i primi arrivi su tutti i ricevitori dell'allineamento.

32.3.3 Modalità esecutive

La “copertura” dei tiri (scoppi, energizzazioni) sullo stendimento dovrà essere tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale, fino alle profondità stabilite dal progetto delle indagini o dalla Direzione Lavori, ed in ogni caso dovranno essere ogni 3, 4 stazioni riceventi; nel caso in cui non sia prevista una elaborazione tomografica i tiri dovranno essere anche esterni allo stendimento di almeno 2 posizioni per ogni estremo.

Per la corretta determinazione delle onde di taglio, sarà necessario realizzare, per ogni punto di energizzazione, anche la registrazione coniugata (rovesciata di 180° sul piano orizzontale rispetto alla direzione individuata dallo stendimento); in tal modo sarà possibile determinare correttamente l'arrivo dell'onda di taglio (dove si avrà inversione di fase) sul sismogramma.

L'elaborazione dei dati dovrà essere realizzata mediante software ad elevata valenza diagnostica in grado di fornire i valori dei parametri di velocità, relativi ai rifrattori individuati, per ogni stazione geofonica (ad esempio software che utilizzi il metodo “GRM” - *Generalized Reciprocal Method*, Palmer '80).

32.3.4 Documentazione finale

La documentazione finale deve comprendere i seguenti elaborati:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali su supporto cartaceo e/o digitale;
- profili sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori di velocità delle onde di compressione (V_p) e delle onde di taglio (V_s) calcolati per intervalli omogenei;
- elaborazione a isolinee, o a campiture di colore in caso di elaborazione tomografica, delle velocità delle onde di compressione (V_p) e delle velocità delle onde di taglio (V_s);
- relazione conclusiva, elaborata in base ai risultati delle indagini svolte in cui saranno indicate le strumentazioni utilizzate, le metodologie operative, gli algoritmi di calcolo impiegati, tabelle e tavole ad integrazione e chiarimento delle analisi, procedure applicate, le risultanze finali ed interpretative;
- planimetria ubicazione indagini in scala adeguata alla lunghezza di ciascuna base sismica su base C.T.R. o aerofotogrammetrica (se disponibile) e su foto aerea;
- documentazione fotografica.

- documentazione fotografica.

32.3.5 Rilievo topografico del piano completo di prospezione sismica

Ad integrazione dell'indagine sismica dovrà essere eseguito un rilievo topografico comprendente la determinazione planoaltimetrica delle ubicazioni dei geofoni e dei tiri (scoppi) delle basi sismiche a rifrazione, riferita a punti notevoli o ad elementi cartografici noti dell'area interessata. Le coordinate del rilievo topografico dovranno essere inquadrare in un sistema di coordinate generale di progetto fornito dal Committente. 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 $60 + 60 \cdot 2/3 \approx 100$ m.

Questo a dire che se il target è entro 100 m di profondità abbiamo una lunghezza minima di modulo sismico di acquisizione che sarà almeno 4-5 volte la profondità quindi 400-500 m, questa misura corrisponde alla lunghezza minima del modulo sismico ed anche alla lunghezza minima del "tiro" sismico" più esteso il che significa, ad esempio per una spaziatura dei sensori di 2.5 m, acquisire almeno $400 (500)/2.5 = 160-200$ sensori per ogni energizzazione.

Le interdistanze fra i sensori vengono definite dalla tecnica a riflessione in funzione della profondità minima del target di interesse geognostico e non dalla profondità massima dell'indagine che è solo funzione della quantità di energia che viene utilizzata.

Questo a dire che se il settore d'indagine è entro 100 m dal piano campagna sarà necessario programmare dei parametri di acquisizione che siano calibrati per una profondità inferiore allo scopo di dare una adeguata risoluzione al tratto tra il piano campagna ed il target cioè nel settore analizzato dalla tomografia sismica.

La interdistanza geofonica dovrà essere di 2.5 m.

Ne deriva che il numero dei sensori da utilizzare per ogni modulo minimo di acquisizione ma anche per ogni record sismico (numero di canali) sarà derivato dal rapporto tra la lunghezza del modulo (dalla sismica tomografica) e l'interdistanza dei sensori (dalla riflessione).

Ovviamente i sensori dovranno essere tutti collegati ad un sistema di sismografi in rete locale che in questo caso di 160~200 sensori corrisponde ad 7 - 9 sismografi da 24 canali (168-216 canali).

Le energizzazioni andranno effettuate ogni 2 - 3 stazioni geofoniche in onde di compressione o di taglio.

Il processing dei dati sarà effettuato in tomografia sismica e ed in riflessione.

L'elaborazione dovrà essere, quindi sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART *Algebraic Reconstruction Technique*, SIRT *Simultaneous Iterative Reconstruction Technique* o ILST *Iterative Least Square Technique*), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari, rispettivamente, a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

32.5.3 Documentazione finale

La documentazione da consegnare sarà quella relativa alla sismica tomografica ed alla sismica a riflessione.

32.6 PROSPEZIONE GEOTOMOGRAFICA

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.205 "Impianto cantiere e trasporto attrezzatura per prospezioni sismiche posizionamento apparecchiatura"
- IG.05.208 "Posizionamento attrezzatura su ciascuna base sismica"
- IG.05.215 "Esecuzione di prospezioni sismiche a rifrazione"
- IG.05.220 "Elaborazione tomografica"
- IG.05.240 "Esecuzione di prospezioni sismiche a riflessione"

32.6.1 Descrizione

Nella prospezione sismica geotomografica, eseguita in corrispondenza di una sezione delimitata da due superfici comunque inclinate (costituite ad esempio da due fori di sondaggio oppure dalla superficie topografica e un foro di sondaggio) si utilizza una superficie come superficie di energizzazione e l'altra come superficie di ricezione.

Nel caso in cui ci si trovi di fronte a una prospezione fra due sondaggi in un sondaggio saranno posizionati dei ricevitori e nell'altro verranno effettuate le energizzazioni.

Nel caso invece in cui ci trovi di fronte a una prospezione fra un sondaggio e la superficie topografica saranno posizionati nel sondaggio i ricevitori e sulla superficie topografica verranno effettuate le energizzazioni (eventualmente si possono invertire le posizioni).

32.6.2 Modalità esecutive

Caratteristiche delle attrezzature

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo a 24 canali, con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 92 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita minimo a 16 bit;
- sistema di energizzazione per onde di compressione di tipo pneumatico, oleodinamico elettrico o a capsula esplodente (per le energizzazioni in pozzo);
- geofoni di superficie a frequenza propria variabile tra 8 e 100 Hz (per le ricezioni sulla superficie topografica);
- geofoni da pozzo o idrofoni (se in falda), a frequenza propria variabile tra 8 e 14 Hz (per le ricezioni in pozzo);
- sistema di energizzazione per le onde di compressione da superficie che può essere costituito da:
 - martello strumentato lasciato cadere con violenza su una piastra metallica appoggiata al suolo;
 - cannoncino sismico;
 - energizzatori oleopneumatici e/o gravimetrici trainati e/o trasportati.

Modalità esecutive fra due sondaggi

Tali indagini vengono effettuate, solitamente, per la determinazione e la definizione di oggetti sepolti all'interno di un terreno incassante sia il caso di cavità o di fondazioni in jet grouting e/o pali di fondazioni nonché per la definizione di eventuali piani di fratturazione tettonica nello spazio compreso fra le due verticali.

La prospezione sarà tanto più precisa e definita quanto più le superfici di indagine saranno vicine fra loro e la distanza fra i ricevitori/emissioni di energia sarà piccola.

La distanza fra i ricevitori/emissioni di energia dovrà essere maggiore di 0.5 metri e la distanza minima fra i sondaggi non dovrà essere inferiore ai 2 - 3 metri.

Solitamente si utilizzano stringhe di 24 ricevitori in pozzo spazati 0,5 metri e si emettono impulsi di energia nel pozzo adiacente ad intervalli di 0.5 m alle stesse quote dei ricevitori.

Fra sondaggio e superficie topografica

Tali indagini vengono effettuate, solitamente, per la determinazione di cavità o per la definizione di eventuali piani di fratturazione tettonica o superfici di allentamento della scarpata.

Si dovrà inserire nel sondaggio una stringa di 24 ricevitori interspaziati di 0,5 m e si energizzerà lungo la scarpata a distanza di 0.5 metri (in quota).

Sarà altresì possibile posizionare 24 ricevitori lungo la scarpata ed energizzare nel sondaggio per 24 volte alla stessa quota dei ricevitori.

Elaborazione dei dati

L'elaborazione dovrà essere sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropica, la quale dovrà fornire, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. (Ray Tracing Curvilineo) e algoritmi di ricostruzione tomografica (ad esempio con l'impiego di algoritmi ART - Algebraic Reconstruction Technique, SIRT Simultaneous Iterative Reconstruction Technique o ILST Iterative Least Square Technique), il campo delle velocità del sottosuolo ad elevata densità di informazioni: le celle unitarie, di forma rettangolare, potranno avere dimensioni orizzontali (asse x) e verticali (asse z) pari, rispettivamente, a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni.

32.6.3 Documentazione finale

La documentazione di ciascuna indagine dovrà comprendere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- mappature in tonalità di colore relative alla sezione tomografica in termini di ray tracing, di densità dei dati e di velocità delle onde di compressione (VP);
- tabelle con i parametri di input e calcolati;
- relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e le risultanze dell'analisi.

32.7 PROVE PER ONDE SUPERFICIALI ATTIVE (MASW)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.240.g** "Esecuzione di prova sismica MASW"

32.7.1 Descrizione

Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali eseguita con un dispositivo lineare di sensori sismici e con sorgenti artificiali.

32.7.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo digitale a 12 canali (meglio 24), con possibilità di stack delle registrazioni, guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica del convertitore A/D minima a 16 bit;
- per prove relative alla caratterizzazione del sottosuolo, 12 (meglio 24) geofoni verticali (o accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz; per prove non distruttive su pavimentazioni o manufatti è possibile utilizzare sensori a frequenza maggiore;
- sistema di energizzazione costituito da uno dei seguenti dispositivi da scegliersi in funzione della scala delle indagini:
 - mazza battente con eventuale piastra di ripartizione appoggiata al suolo;
 - energizzatori sismici impulsivi oleopneumatici e/o a gravità;
 - fucili sismici;
 - cariche di esplosivo;
 - sorgenti vibranti (vibrochina).

La procedura consiste in tre *step* principali:

- acquisizione dei dati sismici sul terreno;
- elaborazione per la stima delle curve di dispersione sperimentali;
- inversione delle curve di dispersione, volta alla stima dei profili di VS che costituisce il risultato della prova.

Acquisizione

La fase di acquisizione prevede l'utilizzo di una sorgente (impulsiva o controllata) tramite la quale creare una perturbazione sismica che si propaga lungo la superficie libera che viene rilevata da più ricevitori (di norma geofoni verticali a bassa frequenza) posti lungo dispositivi lineari sul piano campagna.

La sorgente dovrà essere posta ad un estremo dello stendimento di misura ed effettuare energizzazioni ai due lati opposti dello stendimento per confrontare i risultati. Si dovranno effettuare almeno 10 ripetizioni dell'energizzazione – con eventuale stacking per ogni punto sorgente).

Si dovranno rispettare i seguenti parametri di acquisizione per come riportati nella seguente tabella.

Tabella 10 – Parametri di acquisizione per prova sismica tipo MASW.

Profondità d'indagine [m]	T [s]	dt [μs]	L [m]	dl [m]
1 (pavimentazione)	0,15	0,125	3	0,1
10	1	0,5	23	1
30	2	1	46	2
100	4	2	200	5 - 10

Dove:

- T = durata dell'acquisizione;
- dt = intervallo di campionamento;
- L = lunghezza dello stendimento di misura;
- dl = distanza intergeofonica.

Elaborazione dei dati

I dati dovranno essere elaborati secondo l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e ω -p (frequenza angolare-lentezza) dove i massimi di energia dello spettro sono associabili alle onde di Rayleigh e vengono identificati e trasformati in punti della curva di dispersione.

Inversione

La procedura di inversione dovrà essere condotta con tecniche di ricerca locale (metodi linearizzati) o globale (metodi Monte Carlo) della soluzione.

32.7.3 Documentazione finale

La relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e i risultati ottenuti dovrà contenere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- immagini relative alla trasformata bidimensionale del campo d'onda (f-k, ω -p, f-v) con massimi spettrali evidenziati;

- confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di VS;
- confronto tra il profilo di VS di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, VS, rapporto di Poisson o VP e densità).

32.8 PROVE PER ONDE SUPERFICIALI PASSIVE (RE.MI)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- IG.05.240.h "RE.MI."

32.8.1 Descrizione

Tali misurazioni sono in linea di principio analoghe alle prove per onde di Rayleigh con sorgente attiva. L'unica differenza è costituita dalla procedura di acquisizione e di stima della curva di dispersione sperimentale. Infatti, le misure sismiche passive non richiedono una sorgente artificiale ma sono basate sulla registrazione del rumore ambientale, che consiste in vibrazioni del terreno indotte da attività antropiche (come il traffico, il rumore derivante da macchinari industriali, ecc.), o da fenomeni naturali; tali vibrazioni del terreno prendono il nome di microtremori.

32.8.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura di prova dovrà essere costituita almeno dai seguenti componenti:

- sismografo digitale a 12 canali (meglio 24), guadagno del segnale (in ampiezza) e dinamica del convertitore A/D minima a 16 bit, possibilità di registrazione di finestre temporali di alcuni minuti;
- 4 geofoni verticali/triassiali (o accelerometri) a frequenza propria uguale o inferiore a 4.5 Hz (requisito minimo, ma si consiglia l'utilizzo di 12 ricevitori).

Elaborazione dei dati

I dati dovranno essere elaborati secondo l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda) e ω -p (frequenza angolare-lentezza) dove i massimi di energia dello spettro sono associabili alle onde di Rayleigh e vengono identificati e trasformati in punti della curva di dispersione.

Inversione

La procedura di inversione dovrà essere condotta con tecniche di ricerca locale (metodi linearizzati) o globale (metodi Monte Carlo) della soluzione.

32.8.3 Documentazione finale

La relazione in cui vengono riportate le metodologie di indagine, gli algoritmi impiegati, le analisi realizzate e i risultati ottenuti dovrà contenere:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione possibilmente georeferenziata, data, nominativo dell'operatore, parametri di acquisizione e strumentazione utilizzata);
- sismogrammi originali su supporto magnetico;
- in caso di array di misura bidimensionali, immagini dello spettro tridimensionale ($f-k_xk_y$) con evidenziati i massimi spettrali;
- in caso di prove RE.MI., immagini dello spettro bidimensionale ($f-k, w-p, f-v$) con evidenziati i punti individuati per la stima della curva di dispersione e considerazioni sull'attendibilità della prova (confronto con dati attivi);
- confronto tra la curva stimata e quella sintetica generata a partire dal modello finale di VS;
- confronto tra il profilo di VS di primo tentativo e quello finale del processo di inversione;
- tabelle con i parametri calcolati e parametri assunti a priori (spessore degli strati, VS, rapporto di Poisson o VP e densità).

32.9 INDAGINI DI SISMICA PASSIVA (HVSr)

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.240.I** "Passiva HVSr"

32.9.1 Descrizione

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (seismic noise) e permette di valutare gli effetti locali di sito.

La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremori (il cosiddetto rumore di fondo registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali, le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sovrastante 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 bilogaritmici;
- 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 (circuiti 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 giaciturali (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 giaciturali delle discontinuità rilevate, nonché i dati medi per ciascuna delle famiglie di discontinuità individuate;
- diagramma della deformazione del foro definito per tratti omogenei di sondaggio, consistenti in rappresentazioni orientate della forma assunta dal foro rispetto al piano orizzontale;
- report contenente le risultanze del rilievo.

36.2 INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.05.130** "Approntamento di attrezzatura per indagini videoendoscopiche"
- **IG.05.135** "Installazione di attrezzature per indagini videoendoscopiche"
- **IG.05.140** "Esecuzione di indagine videoendoscopica"

36.2.1 Descrizione

Ispezione di fori di sondaggio di qualsiasi lunghezza, sia verticali, che suborizzontali, che variamente inclinati, mediante l'impiego di telecamera a colori ad alta definizione. L'indagine permette di appurare le condizioni del foro (profondità dei rivestimenti, cementazione, ubicazione e condizione dei filtri dei tratti filtranti, ecc.), che di visionare le caratteristiche litologiche, stratigrafiche, strutturali delle rocce attraversate dalla terebrazione, la presenza di vuoti o cavità sotterranee, ecc..

36.2.2 Modalità esecutive

L'attrezzatura impiegata deve soddisfare i seguenti requisiti:

- telecamera impermeabile ad alta risoluzione con sensore CCD/CMOS a colori, messa a fuoco regolabile, sorgente luminosa incorporata;
- obiettivo con visione frontale ed eventualmente laterale;
- sistema per la determinazione dell'orientazione e della profondità della sonda;
- unità di controllo con monitor a colori;
- sistema di registrazione del video (hard-disk, DVD recorder, ecc.) connesso all'unità di controllo;
- avvolgicavo e cavi di collegamento dotati di dispositivo per il controllo della profondità;
- astine di spinta in fibra di vetro o materiale analogo.

Per la perfetta riuscita e l'esecuzione a regola d'arte della videoispezione è necessario che:

- Il foro sia privo di ostruzioni e che venga garantita la stabilità delle pareti del medesimo durante l'esecuzione dell'indagine;
- Il foro sia asciutto. Laddove sia presente acqua all'interno della perforazione questa deve essere limpida, ovvero lasciata decantare per almeno tre ore;
- Per il rilievo dei caratteri geologici, litologici, stratigrafici, strutturali, ecc., che le tratte da indagare siano prove di rivestimento;
- Durante la registrazione, tramite il monitor di visualizzazione da remoto delle immagini video, sia possibile inserire in tempo reale annotazioni sulle evidenze riscontrate mediante l'impiego di una tastiera per la videoscrittura, oppure la registrazione di commenti verbali;
- La velocità di con la quale la telecamera viene calata nel foro sia tale da permettere la visione in presa diretta dei caratteri salienti. Deve altresì essere garantita la possibilità di interrompere la discesa per meglio osservare punti ritenuti di particolare interesse;
- Le immagini devono essere trasmesse in tempo reale su un monitor a colori;
- Le riprese vengano registrate su apposito supporto digitale, in un formato che renda possibile la riproduzione da concordare con la committenza.

36.2.3 Documentazione finale

La documentazione, sia su supporto cartaceo che su supporto informatico, comprenderà:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, sondaggio, nominativo dell'operatore, diametro nominale del foro, profondità, tratti investigati, ecc.);
- informazioni generali dell'apparato di acquisizione;
- planimetria ubicativa dei sondaggi interessati dalla videoispezione;

- report dell'indagine contenente le informazioni generali di cui ai punti precedenti, la descrizione delle attrezzature utilizzate, illustrazione delle risultanze della videoispezione;
- file video in formato riproducibile (Avi, MPeg, ecc.), su idoneo supporto digitale (hard-disk, pen-drive, CD-DVD, ecc.);
- documentazione fotografica relativa.

PARTE QUINTA – PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

37 PRESCRIZIONI ED ONERI SPECIFICI

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite da Laboratori accreditati ed inseriti nell'elenco depositato presso il C.S. LL.PP. alle categorie A (prove su terre) e B (prove su rocce).

Il Direttore del Laboratorio (Geologo o Ingegnere specializzato nelle discipline geotecniche, iscritti all'Albo Professionale) assumerà nei confronti di ANAS la completa responsabilità sull'andamento delle prove e firmerà i relativi certificati.

Sarà suo onere e cura assicurarsi preventivamente, e tempestivamente, dell'idoneità e della qualità dei campioni pervenuti in laboratorio, comunicando immediatamente all'ANAS eventuali carenze o anomalie.

All'atto della consegna si verificheranno, quindi, le condizioni di sigillatura dei campioni stessi e, se necessario, si prenderanno eventualmente gli opportuni provvedimenti per ripristinarle (nel caso si prenderà nota delle operazioni effettuate).

All'atto della comunicazione, da parte del laboratorio affidatario, dell'elenco dei campioni pervenuti in laboratorio, completo di quota di prelievo e descrizione della litologia di riferimento, l'ANAS fornirà una tabella in cui verranno specificate le determinazioni da effettuare su ogni singolo campione.

Il laboratorio dovrà rispettare rigorosamente il programma di prove comunicato dall'ANAS, segnalando l'eventuale impossibilità di esecuzione di alcune prove determinata dallo stato o dalla quantità del campione disponibile.

Le analisi di laboratorio geotecnico dovranno seguire il seguente iter:

- a) ricevimento ed immagazzinamento campioni: identificazione dei campioni, facendo riscontro alle distinte o alle stratigrafie di accompagnamento;
- b) apertura e descrizione campioni;
- c) esecuzione dell'attività di laboratorio: l'identificazione derivante dalle fasi a) e b) dovrà seguire il materiale durante l'esecuzione dell'attività di laboratorio;
- d) elaborazione e documentazione: l'identificazione del campione dovrà essere riportata nel corso dei procedimenti di elaborazione e dovrà comparire nei Certificati Ufficiali dei risultati dell'attività svolta.

In generale, un campione potrà essere identificato dai seguenti dati:

- denominazione del Committente e del cantiere;
- denominazione della località di prelievo;

- denominazione del prelievo (sondaggio, pozzetto esplorativo, altro);
- data del prelievo;
- denominazione del campione;
- profondità di prelievo.

Dovrà essere redatto un Rapporto Tecnico Conclusivo, nel quale verranno descritte le metodologie di prova applicate, i riferimenti alle norme e alle procedure adottate per la conduzione delle stesse. Il suddetto rapporto dovrà inoltre contenere tre diverse tabelle riepilogative nelle quali, per ogni campione giunto in laboratorio si dovranno indicare:

- le prove richieste da ANAS;
- le prove effettuate;
- i risultati delle prove geotecniche effettuate.

I certificati delle prove effettuate dovranno quindi essere firmati dal Direttore del Laboratorio ed allegati a tale rapporto.

38 PROVE SU CAMPIONI DI TERRA

I campioni, e specificamente quelli indisturbati o a limitato disturbo, verranno conservati in modo da preservarne le caratteristiche originarie.

In generale i campioni verranno alloggiati in ambienti a temperatura moderata e ad umidità elevata, con l'eventuale eccezione per quelli rimaneggiati.

E' raccomandato che i campioni siano depositati in un locale con temperatura media dell'ordine di $17\div 23^{\circ}\text{C}$ e con umidità possibilmente non inferiore all'80% o, meglio ancora, in un locale attrezzato a "camera umida".

Lo scopo della climatizzazione è quello di prevenire variazioni di umidità o destrutturazioni del campione dovuti a variazioni di temperatura cruciali ad es. in caso di congelamento (o scongelamento) accidentale.

L'umidità e la temperatura da applicarsi per la conservazione dovrebbero, appunto, mantenere inalterate le condizioni al prelievo. La raccomandazione, in generale corretta, di conservazione in ambiente con umidità $>$ dell'80% può essere deleteria in presenza di campioni (se non perfettamente sigillati) di terreni rigonfianti.

Gli inconvenienti che si dovranno prevenire sono principalmente quelli qui di seguito sintetizzati:

- significative variazioni del contenuto d'acqua (umidità) che macroscopicamente possono essere denunciate da essiccamento o rammollimento del terreno;

- modificazioni della struttura del terreno, quali il detensionamento di terreni sovraconsolidati ("firm" or "stiff" clays).
- alterazione della composizione granulometrica del terreno o delle parti di terreno distinguibili.

Di conseguenza è opportuno che l'ambiente in cui vengono effettuate le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e confezione dei provini sia a temperatura moderata, protetto da una forte insolazione e non eccessivamente secco.

Fra l'estrazione del campione e l'inizio delle determinazioni o delle prove programmate, l'intervallo di tempo dovrà essere ridotto al minimo; nel caso in cui il materiale debba necessariamente attendere per essere sottoposto a prova, dovrà essere protetto, o sigillato, ed eventualmente riposto ancora in camera umida.

La selezione delle porzioni di campione e la confezione dei provini dovranno essere eseguite con la massima cautela, in modo da minimizzare il disturbo del terreno.

Infine, anche e specialmente nelle fasi di montaggio delle prove e di avviamento delle prove stesse, si raccomanda di mantenere il terreno nel suo stato originario, segnalando o evidenziando le eventuali variazioni di condizioni dovute alle procedure o alle metodologie adottate, ed evitando ogni tipo di modificazioni incontrollate.

38.1 APERTURA ED ESTRAZIONE DEL CAMPIONE

Articoli di Elenco Prezzi correlati:

- **IG.01.111** "Apertura ed estrazione del campione"

38.1.1 Descrizione

Apertura e descrizione di campioni indisturbati o a limitato disturbo, alloggiati in fustelle cilindriche (campionatori).

38.1.2 Modalità esecutive

Estrazione con minimizzazione del disturbo (è raccomandato l'impiego di un estrusore idraulico, se necessaria una notevole spinta) di un campione di terreno alloggiato in fustella cilindrica; 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 grani 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 rigidezza 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 rigidezza) – 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 Di < 63 mm e di > 4 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



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 Inquadrimento	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	26
2.7	PUNTI FOTOGRAFICI D'APPOGGIO DA TRIANGOLAZIONE AEREA	26
2.8	COORDINATE RETTILINEE	27
2.9	POLIGONALE	28
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	30
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	42



2.14	PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AI FOGLI CARTOGRAFICI	43
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	47
3.3	TOLLERANZA PLANIMETRICA	47
3.4	RISOLUZIONE GEOMETRICA	48
3.5	RISOLUZIONE RADIOMETRICA	48
3.6	FORMATO DEI DATI DIGITALI	49
3.7	DATA DEL RILIEVO	49
3.8	METADATI	49
3.9	PRODUZIONE DELLE ORTOFOTO DIGITALI	50
3.9.1	Requisiti delle immagini primarie	50
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	54
4.1	CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE	54
4.2	CALIBRAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE	55
4.3	MATERIALE DI CONSEGNA DOPO IL VOLO	56
4.4	DEFINIZIONE DELLE QUOTE ORTOMETRICHE	57
4.5	FILTRAGGIO E CLASSIFICAZIONE	57
4.6	DATI ELABORATI E PRODOTTI FINALI DI CONSEGNA	58
4.7	VERIFICHE DI QUALITÀ	58
4.8	VERIFICHE DELL'ELABORAZIONE DEI DATI	59
5	PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RILIEVO CELERIMETRICO	60
5.1	INQUADRAMENTO GEODETICO PRELIMINARE	61
5.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEL RILIEVO CELERIMETRICO E RELATIVO CONTENUTO CARTOGRAFICO	62
5.3	PROCEDURE DI CONTROLLO RELATIVE AL RILIEVO CELERIMETRICO	64
6	RILIEVO GEOREFERENZIATO PER SEZIONI TRASVERSALI E PROFILI LONGITUDINALI	65
7	RILIEVI LASER SCANNER	67
7.1	REQUISITI TECNICI GENERALI DELLA STRUMENTAZIONE LASER SCANNER TERRESTRE PER IL RILIEVO DELLE OPERE D'ARTE STRADALI:	67



7.2	PRESCRIZIONI SULLA METODOLOGIA DI RILIEVO	68
7.3	PRESCRIZIONI SULLE IMPOSTAZIONI GENERALI	68
7.4	INQUADRAMENTO GEODETICO E RILIEVI CELERIMETRICI INTEGRATIVI	69
7.5	RETE DI CAPISALDI LOCALE ED INQUADRAMENTO NEL SISTEMA UTM	70
7.6	INTEGRAZIONE RILIEVO CON MODALITÀ CELERIMETRICA	71
7.7	ANALISI DEL DEGRADO	72
7.8	VERIFICHE DI CONFORMITÀ DEL DIRETTORE PER L'ESECUZIONE DEL CONTRATTO.	73
7.9	RILIEVI LASER SCANNER IN GALLERIA	74
7.9.1	Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità dinamica.	74
7.9.2	Rilievi laser-scanner gallerie esistenti da eseguirsi in modalità statica.	77
7.9.3	Verifiche di conformità del Direttore per l'Esecuzione del Contratto.	81
8	RILIEVI BATIMETRICI	83
9	SOVRAPPOSIZIONI DELLE MAPPE CATASTALI	84
10	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI	85
10.1	FILE DATI	86
10.1.1	File "DWG"	88
10.1.2	File "TXT"	89
10.2	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CODIFICA DELLA CARTOGRAFIA NUMERICA	99
10.2.1	Classi Cartografiche per la scala 1:10000	101
10.2.2	Classi Cartografiche per la scala 1:5000	111
10.2.3	Classi Cartografiche per la scala 1:2000	123
10.2.4	Classi Cartografiche per la scala 1:1000	134
10.3	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA CARTOGRAFIA	146
11	PRESCRIZIONI TECNICHE PER LA CONSEGNA DEGLI ELABORATI	170
11.1	PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI	171
11.2	VOLO E PRESA AEROFOTOGRAMMETRICA	171
11.3	RETE DI INQUADRAMENTO	171
11.4	RETE DI RAFFITTIMENTO	172
11.5	PUNTI FOTOGRAFICI DI APPOGGIO	172
11.6	RILIEVI CON TECNOLOGIA GPS	173
11.7	PUNTI FOTOGRAFICI DA TRIANGOLAZIONE AEREA	173
11.8	POLIGONALE	173
11.9	LIVELLAZIONE GEOMETRICA DI PRECISIONE	174
11.10	LIVELLAZIONE TECNICA	175
11.11	RESTITUZIONE E RICOGNIZIONE	175



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

11.12	FOGLI CARTOGRAFICI	176
11.13	RILIEVO CELERIMETRICO E PER SEZIONI TRASVERSALI	176
11.14	RILIEVI LASER SCANNER	177
11.15	RILIEVI BATIMETRICI	179
11.16	RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR	179
12	RILIEVI LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICI DA SAPR	180
12.1	PROGETTAZIONE E PIANIFICAZIONE DELLE RIPRESE LIDAR E AEROFOTOGRAMMETRICHE	180
12.2	STRUMENTAZIONE	181
12.3	MISSIONE DI VOLO	181
12.4	TRATTAMENTO DEI DATI E MATERIALE AUSILIARIO	182



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 $\pm 10\mu$,
 - 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 5μ ,
 - il valore massimo della distorsione non superi i 10μ ,
 - 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	SCALA MEDIA	QUOTA RELATIVA
•	CARTOGRAFICA	FOTOGRAMMI	DI VOLO
•	1:1000	1:3500 $\pm$ 1:5000	530 $\pm$ 750
•	1:2000	1:7000 $\pm$ 1:9000	1050 $\pm$ 1350
•	1:5000	1:12000 $\pm$ 1:16000	1800 $\pm$ 2400
•	1:10000	1:18000 $\pm$ 1:25000	2700 $\pm$ 3750

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 (15022 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 trascinamento (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	Variaz 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 aerofoto-



grammetrica 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 compo-



nenti 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 APPONTAMENTO 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 alme-



no 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:

$$| D'-D | \leq D/10000$$

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 $\frac{1}{2}$ 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, purché

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 “pseudoranges”
- 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 rettifili 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 rettilineo, 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:

$$\begin{aligned} |\alpha| &\leq 0,0030 \\ |\Delta l| &\leq [0,002 + 0,0001 (\Sigma l) + 0,005] \end{aligned}$$

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:

$$| \Delta \alpha | \leq 0,0020$$

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:

$$| \Delta \alpha | \leq 0,0030$$

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

$$| \Delta z | \leq 40$$

dove:

n	=	numero dei vertici
$\Delta \alpha$	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
Δl	=	errore di chiusura lineare espresso in metri
Δz	=	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 stadie, 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, bolla 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 semisferica con raggio di 4 mm ed altezza semisfera 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 pilastri in cls aventi le seguenti caratteristiche minime:

- Pilastri 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 pilastri è altresì compreso e compensato anche l'onere per il ripristino dei pilastri 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 1:1000 e 1:2000 entro 40,
 - per la restituzione in scala 1:5000 e 1:10000 entro 70;
- lo s.q.m altimetrico m_z (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 1:1000 e 1:2000 entro 0,05‰,
 - per la restituzione in scala 1:5000 e 1:10000 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 planoaltimetrico 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, sostituendo 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 (sgrondature)

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 sottoporà 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 necessaria 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:

$|d' - D.S. | \leq 0,3 \text{ mm}$ (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.);

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

$|d' - D.S. | \leq 0,6 \text{ mm}$ 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:

$\pm m 0,05$ per la scala 1:1000

$\pm m 0,08$ per la scala 1:1000

$\pm m 0,16$ per la scala 1:2000

$\pm m 0,40$ per la scala 1:5000

$\pm m 0,80$ 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 1:500

± cm 10 per la scala 1:1000

± cm 20 per la scala 1:2000

± cm 50 per la scala 1:5000

± cm 100 per la scala 1:10000

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 con-



siderata (massima intensità); tutti i valori intermedi sono tonalità di variazione dal minimo al massimo;

- $n \times 8$ 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 comunque 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 ricoprano 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 filtri 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 geoide, 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 accuratèzze 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 interasse 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 | $\pm$ 10 cm
Per la scala 1:200: | TP | $\pm$ 5 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 | $\pm$ 3 cm

Per la scala 1:200: | TA | $\pm$ 1 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 poligoni 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 similari 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	
Georeferenziazione 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 simili 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 poligoni 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	



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

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

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 catastali 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,,IdClasse, 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,,IdClasse, 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 tali 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	Descrizione Contenuto	Ampiezza
(n° colonne)		
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	Descrizione Contenuto	Ampiezza
(n° colonne)		
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
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	
baraccabaracche	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_servizio	blocco	op030d



campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035d	
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea		op040d
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	blocco	op045d	
traliccio	tralicci	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
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055d
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060d
elettrodotto 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_fsp	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	ponti_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	ponti_cls	polilinea	vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065e
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070e

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_region	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	
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095e	
baraccabaracche	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_servizio	blocco	op030e
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	blocco	op045e
traliccio	tralicci	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	ponti_cls	polilinea	vi060e
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065e



ponete, viadotto, cavalcavia in	ponti_muratura	polilinea	vi070e
muratura			
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e
sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponete 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 ruderi	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	
baraccabaracche	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
baraccabaracche	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_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettricastazioni_el	polilinea	op045f	
traliccio	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_fspunto/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	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 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	
baraccabaracche		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_servizio	polilinea	op030f	
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f	
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f	
stazione, sottostazione elettricastazioni_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_gp	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
baraccabaracche	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_servizio	polilinea	op030g
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035g
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040g
stazione, sottostazione elettricastazioni_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
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_fsp	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



ponete, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponete, 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
ponete 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_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettricastazioni_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

rappresentazione grafica 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

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 strade_n_asfaltate

Strada campestre (si rileva e si rappresenta il solo asse)

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,25 strade_campestri



Sentiero (si rileva e si rappresenta il solo asse)

rappresentazione grafica	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

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



	spessori (mm)	tipo	livello
limiti_regione	0,35		
Limiti di Provincia			
limiti_provincia	0,35		
Limiti di Comune			
limiti_comune	0,35		
Limiti di zona archeologica			
limiti_archeo	0,35		
Limiti di parco nazionale			
limiti_parco	0,35		



Limite compartimentale ANAS

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello

[illegible]

TOPOGRAFIA

Vertice Trigonometrico IGM1 (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

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)

rappresentazione grafica	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)

rappresentazione grafica	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	

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).

spessori (mm)	tipo	livello

..... 0,15	in terra	dighe_t

0,25	in cemento	dighe_cls

Vasche, cisterne, abbeveratoi

spessori (mm)	tipo	livello

0,20	vasche	

Pozzo, fontana, sorgente

spessori (mm)	tipo	livello

0,20	pozzi	



Palude

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

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



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

0,25 ciminiera

Divisione tetti edifici

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

0,15 edifici_tetti

Edificio civile piede

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

Linea invisibile edifici_civ_p

Edificio industriale piede

rappresentazione grafica spessori (mm) tipo livello

Linea invisibile 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)

representazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello

0,20 aeroporti_lim

Eliporto (limite)

representazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello

0,20 eliporti_lim

Porto (limite)

representazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello

0,20 porti_lim

Stazione di servizio (limite)

representazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello

0,25 stazioni_servizio

Campeggio (limite)

representazione 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)

0,15	mura_p	spessori (mm)	tipo	livello	representazione grafica

CONDOTTE

Gasdotto, metanodotto

spessori (mm)	tipo	livello	representazione grafica
0,20	gasdotti_st		sotterraneo
0,20	gasdotti_su		superficie
0,20	gasdotti_dir		diruto

Oleodotto

spessori (mm)	tipo	livello	representazione grafica
0,20	oleodotti_st		sotterraneo
0,20	oleodotti_su		superficie
0,20	oleodotti_dir		diruto

Acquedotto

rappresentazione grafica	spessori (mm)	tipo	livello



0,20 sotterraneo acquedotti_st

0,20 superficie acquedotti_su

0,20 diruto acquedotti_dir

Elettrodotta

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

representazione 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 planoaltimetriche)

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 bat-



tuta, 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 pa-



rametri 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 riflettanza 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 buo-



na 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. .



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

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