

## SERVIZIO FERROVIARIO METROPOLITANO AREA DI CATANZARO

NUOVO COLLEGAMENTO METROPOLITANO FERROVIARIO TRA LA NUOVA STAZIONE DI CATANZARO IN LOCALITA' GERMANETO E L'ATTUALE STAZIONE DI CATANZARO SALA E ADEGUAMENTO A LINEA METROPOLITANA DELLA RETE FERROVIARIA ESISTENTE NELLA VALLE DELLA FIUMARELLA TRA CATANZARO SALA E CATANZARO LIDO

## PROGETTO DEFINITIVO

### CAPITOLATO NORME PRESTAZIONALI PARTE 1

COMM.	DOC.	REV.	SCALA	FILE
A W 4	G G 0 R 6 1	2	-	A W 4 G G 0 R 6 1 2

Coordinamento generale e responsabile del progetto: Dott. Ing. TITO BERTI NULLI



Dott. Ing. TITO BERTI NULLI  
Dott. Ing. VASCO TRUFFINI  
Dott. Ing. NANDO GRANIERI  
Dott. Arch. NORBERT KAMENICKY  
Dott. Ing. LUCA DINELLI  
Dott. Ing. FEDERICO DURASTANTI  
Dott. Ing. CLARA DRAGHINI

**Studio Angotti**

Dott. Ing. GIOVANNI ANGOTTI  
Dott. Ing. DOMENICO ANGOTTI

**ASSOCIAZIONE TEMPORANEA SINTAGMA S.r.l. - STUDIO ANGOTTI S.r.l. - Dr. Geol. MAURIZIO MANCUSO**  
**RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:** Dott. Ing. ALESSANDRO MARCELLI

2	SET '12	REVISIONE A SEGUITO PROCEDURA VALIDAZIONE	-	Berti Nulli	Berti Nulli
1	2011	AGGIORNAMENTO	-	Berti Nulli	Berti Nulli
0	FEB '10	EMISSIONE	-	Berti Nulli	Berti Nulli
REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	AUTORIZZATO

SINTAGMA S.r.l. VIA ROBERTA 1 - 06132 S.MARTINO IN CAMPO - PERUGIA Tel: +39.075.609071 Fax: +39.075.6090722 Email: sintagma@sintagma-ingegneria.it

STUDIO ANGOTTI S.r.l. VIA LIDONNICI 15 - 88100 CATANZARO

Tel: +39.0961.721822 Fax: +39.0961.747457 Email: studioangotti@inwind.it

## **INDICE CAPITOLATO NORME TECNICHE:**

### **Capo Primo**

#### **QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

Art. 01 - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI .....	pag. 3
Art. 02 - PROVE DEI MATERIALI .....	pag. 9

### **Capo Secondo**

#### **MODO DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI**

Sez. 01 – SONDAGGI E PROVE .....	pag. 12
Sez. 02 – RILIEVI E CARTOGRAFIA .....	pag. 161
Sez. 03 – MOVIMENTI DI TERRA.....	pag. 271
Sez. 04 – DEMOLIZIONI.....	pag. 316
Sez. 05 – MURATURE .....	pag. 322
Sez. 06 – ACCIAIO.....	pag. 330
Sez. 07 – VERNICIATURE .....	pag. 361
Sez. 08 – CALCESTRUZZI.....	pag. 373
Sez. 09 – DIAFRAMMI E PALANCOLATI (omissis).....	pag. 408
Sez. 10 – PALI .....	pag. 409
Sez. 11 – POZZI (Omissis) .....	pag. 427
Sez. 12 – CASSONI ( Omissis).....	pag. 428
Sez. 13 – GALLERIE .....	pag. 429
Sez. 14 – PONTI, VIADOTTI E SOTTOVIA.....	pag. 519
Sez. 15 – PAVIMENTAZIONI.....	pag. 553
Sez. 16 – BARRIERE E PARAPETTI.....	pag. 622
Sez. 17 – MANUFATTI IN LAMIERA DI ACCIAIO ONDULATA.....	pag. 634
Sez. 18 – OPERE DI CONSOLIDAMENTO .....	pag. 642
Sez. 19 – OPERE DI DIFESA .....	pag. 680
Sez. 20 – OPERE IN VERDE.....	pag. 709
Sez. 21 – BARRIERE ANTIFONICHE.....	pag. 724
Sez. 22/A – ARMAMENTO FERROVIARIO .....	pag. 740
Sez. 22/B – SPECIFICA INQUADRAMENTO BINARIO IN COORDINATE ASSOLUTE .....	pag. 781
Sez. 22/C – TRAVERSE IN C.A.V. E C.A.P.....	pag. 826

Sez. 23/A – IMPIANTO DI SEGNALEMENTO E SICUREZZA – SITUAZIONE SEGNALEMENTO E C.T..C. ....	pag. 884
Sez. 23/B – REGOLAMENTO C.T.C. ....	pag. 904
Sez. 23/C – REGOLAMENTO ELETTRONICO BLOCCO CONTA ASSI BA-CA. ....	pag. 921
Sez. 23/D – REGOLAMENTO SUI SEGNALI .....	pag. 933
Sez. 24 – BONIFICA DA ORDIGNI ESPLOSIVI (B.O.E.) .....	pag. 947
Sez. 25 – IMPIANTI ASCENSORE. ....	pag. 952
Sez. 26 – ARCHEOLOGIA .....	pag. 952
Sez. 27 – PROGETTAZIONE ESECUTIVA .....	pag. 1058

### Capo Terzo

### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Art. 01 – MISURAZIONE DEI LAVORI ...	pag. 1120
--------------------------------------	-----------

## **Capo Primo**

### **QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

## **Art. 01**

### **QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI**

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 16 del Capitolato Generale d'Appalto (D.M. n. 145 del 19 aprile 2000)

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali proveranno da località o fabbriche che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra.

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti qui di seguito fissati.

#### **a) Acqua.**

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008) in applicazione dell' Art. 21 della Legge 1086 del 5 novembre 1971 e ss.mm.ii..

#### **b) Leganti idraulici.**

Dovranno corrispondere alla legge 26 maggio 1965 n. 595 (G.U. n. 143 del 10.06.1965) e ss.mm.ii., oltre che a quanto specificato dalle NTC 2008.

I leganti idraulici si distinguono in:

1) *Cementi* (di cui all'art. 1 lettera A) - B) - C) della legge 595/1965 e ss.mm.ii.).

Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M. 3.6.1968 che approva le <<Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi>> (G.U. n. 180 del 17.7.1968) e ss.mm.ii.
- D.M. 20.11.1984 <<Modificazione al D.M. 3.6.1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi>> (G.U. n. 353 del 27.12.1984) e ss.mm.ii .
- Avviso di rettifica al D.M. 20.11.1984 (G.U. n. 26 del 31.1.1985) e ss.mm.ii.
- D.I. 9.3.1988 n. 126 <<Regolamento del servizio di controllo e certificazione- di qualità dei cementi>> e ss.mm.ii.

2) *Agglomerati cementizi e calci idrauliche* (di cui all'art. 1 lettera D) e E) della Legge 595/1965) e ss.mm.ii. Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M. 31.8.1972 che approva le <<Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche>> (G.U. n. 287 del 6.11.1972) e ss.mm.ii.

#### **c) Calci aeree - Pozzolane.**

Dovranno corrispondere alle <<Norme per l'accettazione delle calci aeree, >, R.D. 16 novembre 1939, n. 2231 ed alle <<Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico>>, R.D. 16 novembre 1939, n. 2230 e ss.mm.ii.

**d) Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie per strutture in muratura ed in conglomerati cementizi.**

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008) alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica.

Le dimensioni dovranno essere sempre le maggiori tra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare la larghezza di cm 5 (per larghezza s'intende la dimensione dell'inerte misurato in una setacciatrice) se si tratta di lavori correnti di fondazione; di cm 4 se si tratta di getti per volti, per lavori di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpate o simili; di cm 3 se si tratta di cementi armati; e di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc.).

Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni riportate nello specifico articolo riguardante i conglomerati cementizi.

**e) Pietrischi - Pietrischetti - Graniglie - Sabbie - Additivi da impiegare per pavimentazioni.**

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti <<Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali>> del CNR (Fascicolo n. 4 - Ed. 1953) ed essere rispondenti alle specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

**f) Ghiaie - Ghiaietti per pavimentazioni.**

Dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella <<Tabella U.N.I. 2710 - Ed. giugno 1945>> ed eventuali e successive modifiche.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e particolarmente esenti da materie eterogenee non presentare perdite di peso, per decantazione in acqua, superiori al 2%.

**g) Cubetti di pietra.**

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti <<Norme per l'accettazione di cubetti di pietra per pavimentazioni stradali>> CNR - Ed. 1954 e nella <<Tabella U.N.I. 2719 - Ed. 1945>>.

**h) Cordoni - Bocchette di scarico - Risvolti - Guide di risvolto - Scivoli per accessi - Guide e masselli per pavimentazione.**

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle <<Tabelle U.N.I. 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718 Ed. 1945>>.

**i) Scapoli di pietra da impiegare per fondazioni.**

Dovranno essere sani e di buona resistenza alla compressione, privi di parti alterate, di dimensioni massime comprese tra 15 e 25 cm ma senza eccessivi divari fra le dimensioni massime e minime misurate nelle diverse dimensioni.

**l) Ciottole da impiegare per i selciati.**

Dovranno essere sani, duri e durevoli, di forma ovoidale e le dimensioni limite verranno fissate dalla D.L. secondo l'impiego cui sono destinati.

#### **m) Pietra naturale.**

Le pietre da impiegare nelle murature e nei drenaggi, gabbionate, ecc., dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate.

Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego.

Le pietre grezze per murature frontali non dovranno presentare screpolature e peli, dovranno essere sgrossate col martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei piani di contatto in modo da permettere lo stabile assestamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

#### **n) Pietre da taglio.**

Proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione dei Lavori. Esse dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri difetti, senza immasticature o tasselli. Esse dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti nel Regio Decreto n. 2232 del 16 novembre 1939, <<Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione>> e ss.mm.ii. Le forme, le dimensioni, il tipo di lavorazione dei pezzi, verranno di volta in volta indicati dalla Direzione dei Lavori.

#### **o) Tufi.**

Le pietre di tufo dovranno essere di struttura compatta ed uniforme evitando quelle pomiciose e facilmente friabili.

#### **p) Materiali laterizi.**

Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione stabiliti con R.D. 16 novembre 1939, n. 2233 <<Norme per l'accettazione dei materiali laterizi>> e ss.mm.ii, ed altre Norme UNI: 1607; 5628-65; 5629-65; 5630-65; 5631-65; 5632-65; 5633-65.

I materiali dovranno essere ben cotti, di forma regolare, con spigoli ben profilati e dritti; alla frattura dovranno presentare struttura fine ed uniforme e dovranno essere senza calcinaroli e impurità.

I forati e le tegole dovranno risultare di pasta fine ed omogenea, senza impurità, ben cotti, privi di nodi, di bolle, senza ghiaietto o calcinaroli, sonori alla percussione.

#### **q) Manufatti di cemento.**

I manufatti di cemento di qualsiasi tipo dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione senza screpolature e muniti delle eventuali opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione.

#### **r) Materiali ferrosi.**

Saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto.

In particolare essi si distinguono in:

1) acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica: dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008) in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086;

2) lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p.: dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 2/10 di mm;

3) acciaio per apparecchi di appoggio e cerniere: dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008) in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086.

#### **s) Legnami.**

Da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno soddisfare a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno diritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun punto dal palo.

Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri.

I legnami, grossolanamente squadri ed a spigolo smussato, dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensione trasversale dell'elemento.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadri a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta.

I legnami in genere dovranno corrispondere ai requisiti di cui al D.M. 30 ottobre 1912 e ss.mm.ii.

#### **t) Bitumi - Emulsioni bituminose.**

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti <<Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali Caratteristiche per l'accettazione>>, Ed. maggio 1978; <<Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali>>, Fascicolo n. 3, Ed. 1958; <<Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali (Campionatura dei bitumi)>>, Ed. 1980.

#### **u) Bitumi liquidi o flussati.**

Dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle <<Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi per usi stradali>>, Fascicolo n. 7 Ed. 1957 del CNR.

#### **v) Polveri di roccia asfaltica.**

Le polveri di roccia asfaltica non devono contenere mai meno del 7% di bitume; possono essere ottenute miscelando i prodotti della macinazione di rocce con non meno del 6% e non più del 10% di bitume; possono anche essere trattate con olii minerali in quantità non superiori all' 1%.

Ai fini applicativi le polveri vengono distinte in tre categorie (I, II, III).

Le polveri della I categoria servono per la preparazione a freddo di tappeti composti di polvere asfaltica, pietrischetto ed olio; le polveri della II categoria servono per i conglomerati, gli asfalti colati e le mattonelle; le polveri della III categoria servono come additivi nei conglomerati e per aggiunte ai bitumi ed ai catrami.

Le polveri di I e II categoria devono avere finezza tale da passare per almeno il 95% dal setaccio 2, U.N.I. 2332.

Le polveri della III categoria devono avere la finezza prescritta per gli additivi stradali (norme CNR).

Le percentuali e le caratteristiche dei bitumi estratti dalle polveri devono corrispondere ai valori indicati dalle tabelle riportate dalle Norme del CNR Ed. 1956.

#### **w) Olii asfaltici**

Gli olii asfaltici impiegati nei trattamenti superficiali con polveri asfaltiche a freddo vanno distinti a seconda della provenienza della polvere, abruzzese o siciliana, con la quale si devono impiegare e della stagione, estiva od invernale, in cui i lavori si devono eseguire.



Per la stagione invernale si dovranno impiegare olii tipo A, e per quella estiva olii tipo B. Tutti questi olii devono contenere al massimo lo 0,50% di acqua, ed al massimo il 4% di fenoli; le altre caratteristiche, poi, devono essere le seguenti:

- 1) *olii di tipo A (invernale) per polveri abruzzesi*: viscosità Engler a 25°C da 3 a 6; distillato sino a 230°C al massimo il 15%; residuo a 330°C almeno il 25%; punto di rammollimento alla palla e anello 30 ÷ 45°C;
- 2) *olii di tipo A (invernale) per polveri siciliane*: viscosità Engler a 50°C al massimo 10; distillato sino a 230°C al massimo il 10%; residuo a 330°C almeno il 45%; punto di rammollimento alla palla e anello 55 ÷ 70°C;
- 3) *olii di tipo B (estivo) per polveri abruzzesi*: viscosità Engler a 25°C da 4 a 8; distillato sino a 230°C al massimo l'8%; residuo a 330°C almeno il 30%; punto di rammollimento alla palla e anello 35 ÷ 50°C;
- 4) *olii di tipo B (estivo) per polveri siciliane*: viscosità Engler a 50°C al massimo 15%; distillato sino a 230°C al massimo il 5%; residuo a 330°C almeno il 50%; punto di rammollimento alla palla e anello 55 ÷ 70°C.

Per gli stessi impieghi si possono usare anche olii derivanti da catrame e da grezzi di petrolio, o da opportune miscele di catrame e petrolio, purché di caratteristiche analoghe a quelle sopra riportate.

In caso di necessità gli olii possono venire riscaldati ad una temperatura non superiore a 60°C.

#### **x) Materiali per opere in verde.**

- 1) *Terra*: la materia da usarsi per il rivestimento delle scarpate di rilevato, per la formazione delle banchine laterali, dovrà essere terreno agrario, vegetale, proveniente da scortico di aree a destinazione agraria da prelevarsi fino alla profondità massima di m. 1,00. Dovrà essere a reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea o arbustiva permanente; esso dovrà risultare privo di ciottoli, detriti, radici ed erbe infestanti.
- 2) *Concimi*: i concimi minerali semplici o complessi usati per le concimazioni dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale; avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali della fabbrica.
- 3) *Materiale vivaistico*: il materiale vivaistico potrà provenire da qualsiasi vivaio, sia di proprietà dell'Impresa, sia da altri vivaisti, purché l'Impresa stessa dichiari la provenienza e questa venga accettata dalla Direzione Lavori, previa visita ai vivai di provenienza. Le piantine e talee dovranno essere comunque immuni da qualsiasi malattia parassitaria.
- 4) *Semi*: per il seme l'impresa è libera di approvvigionarsi dalle ditte specializzate di sua fiducia; dovrà però dichiarare il valore effettivo o titolo della semente, oppure separatamente il grado di purezza ed il valore germinativo di essa. Qualora il valore reale del seme fosse di grado inferiore a quello riportato dalle tavole della Marchettano, l'Impresa sarà tenuta ad aumentare proporzionalmente le quantità di semi da impiegare per unità di superficie.

La Direzione Lavori, a suo giudizio insindacabile, potrà rifiutare partite di seme, con valore reale inferiore al 20% rispetto a quello riportato dalle tavole della Marchettano nella colonna <<buona semente> e l'Impresa dovrà sostituirle con altre che rispondano ai requisiti voluti.

Per il prelievo dei campioni di controllo, valgono le norme citate in premessa nel presente articolo.

- 5) *Zolle*: queste dovranno provenire dallo scoticamento di vecchio prato polifita stabile asciutto, con assoluta esclusione del prato irriguo e del prato marcito. Prima del trasporto a piè d'opera delle zolle, l'Impresa dovrà comunicare alla Direzione Lavori i luoghi di provenienza delle zolle stesse e ottenere il preventivo benestare all'impiego. La composizione flogistica della zolla dovrà risultare da un insieme giustamente equilibrato di specie leguminose e graminacee; sarà tollerata la presenza di specie non foraggiere ed in particolare della *Achillea millefolium*, della *Plantago* sp.pl., della *Salvia pratensis*, della *Bellis perennis*, del *Ranunculus* sp.pl., mentre dovranno in ogni caso essere escluse le zolle con la presenza di erbe particolarmente infestanti fra cui *Rumex* sp.pl., *Artemisia* sp.pl., *Catex* sp.pl. e tutte le Umbrellifere.

La zolla dovrà presentarsi completamente rivestita dalla popolazione vegetale e non dovrà presentare soluzioni di continuità. Lo spessore della stessa dovrà essere tale da poter raccogliere la maggior parte dell'intrico di radici delle erbe che la costituiscono e poter trattenere tutta la terra vegetale e comunque non inferiore a cm 8; a tal fine non saranno ammesse zolle ricavate da prati cresciuti su terreni sabbiosi o comunque sciolti, ma dovranno derivare da prati coltivati su terreno di medio impasto o di impasto pesante, con esclusione dei terreni argillosi.

- 6) *Paletti di castagno per ancoraggio vimate*: dovranno provenire da ceduo castanile e dovranno presentarsi ben diritti, senza nodi, difetti da gelo, cipollature o spaccature. Avranno il diametro minimo in punta di cm 6.
- 7) *Verghe di salice*: le verghe di salice da impiegarsi nell'intreccio delle vimate dovranno risultare di taglio fresco, in modo che sia garantito il ricaccio di polloni e dovranno essere della specie *Salix viminalis* o *Salix purpurea*. Esse avranno la lunghezza massima possibile con diametro massimo di cm. 2,5.
- 8) *Talee di salice*: le talee di salice, da infiggere nel terreno per la formazione dello scheletro delle graticciate, dovranno parimenti risultare allo stato verde e di taglio fresco, tale da garantire il ripollonamento, con diametro minimo di cm. 2.

Esse dovranno essere della specie *Salix purpurea* e *Salix viminalis* oppure delle specie degli ibridi spontanei della zona, fra cui *Salix daphnoides*, *Salix incana*, *Salix pentandra*, *Salix fragilis*, *Salix alba*, ecc. e potranno essere anche di *Populus alba* o *Alnus glutinosa*.

- 9) *Rete metallica*: sarà del tipo normalmente usato per gabbioni, formata da filo di ferro zincato a zincatura forte, con dimensioni di filo e di maglia indicate dalla Direzione dei Lavori.

#### **y) Teli di “geotessile”.**

Il telo <<geotessile>> avrà le seguenti caratteristiche:

- composizione: sarà costituito da polipropilene o poliestere senza l'impiego di collanti e potrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche costruttive:
  - 1) con fibre a filo continuo;
  - 2) con fibre intrecciate con il sistema della tessitura industriale a "trama ed ordito";
  - 3) con fibre di adeguata lunghezza intrecciate mediante agugliatura meccanica.

Il telo <<geotessile>> dovrà altresì avere le seguenti caratteristiche fisicomeccaniche:

- coefficiente di permeabilità: per filtrazioni trasversali, compreso fra 10-3 e 10-1 cm/sec (tali valori saranno misurati per condizioni di sollecitazione analoghe a quelle in sito);
- resistenza a trazione: misurata su striscia di 5 cm di larghezza non inferiore a 600 N/5 cm<sup>1</sup> con allungamento a rottura compreso fra il 10% e l'85%. Qualora nei tratti in trincea il telo debba assolvere anche funzione di supporto per i sovrastanti strati della pavimentazione, la D.L. potrà richiedere che la resistenza a trazione del telo impiegato sia non inferiore a 1200 N/Scm o a 1500 N/5 cm, fermi restando gli altri requisiti.

Per la determinazione del peso e dello spessore del <<geotessile>> occorre effettuare le prove di laboratorio secondo le Norme CNR pubblicate sul B.U. n. 110 del 23.12.1985 e sul B.U. n. 111 del 24.12.1985.

### **Art. 02**

#### **PROVE DEI MATERIALI**

---

<sup>1</sup> Prova condotta su strisce di larghezza 5 cm e lunghezza nominale di 20 cm con velocità di deformazione costante e pari a 2 mm/sec; dal campione saranno prelevati 3 gruppi di 5 strisce cadauno secondo le tre direzioni: longitudinale, trasversale e diagonale; per ciascun gruppo si scarteranno i valori minimo e massimo misurati e la media sui restanti 3 valori dovrà risultare maggiore del valore richiesto.

#### **a) Certificato di qualità.**

L'Appaltatore, per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, conglomerati bituminosi, conglomerati cementizi, barriere di sicurezza, terre, cementi, calci idrauliche, acciai, ecc...) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i relativi <<Certificati di qualità>> rilasciati da un Laboratorio ufficiale..

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale. I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

#### **b) Accertamenti preventivi.**

Prima dell'inizio dei lavori comportanti l'impiego di materiali in quantità superiori a:

1.000 m<sup>3</sup> per i materiali lapidei e conglomerati bituminosi,  
500 m<sup>3</sup> per i conglomerati cementizi,  
50 t per i cementi e le calci,  
5.000 m per le barriere,

il Direttore dei Lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Impresa, disporrà, se necessario (e a suo insindacabile giudizio) ulteriori prove di controllo di laboratorio a spese dell'Appaltatore.

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi rispetto a quelli dei certificati, si darà luogo alle necessarie variazioni qualitative e quantitative dei singoli componenti, ed all'emissione di un nuovo certificato di qualità.

Per tutti i ritardi nell'inizio dei lavori derivanti dalle difformità sopra accennate e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale sarà applicata la penale prevista nell'Art. <<Tempo utile per dare compiuti i lavori - penalità in caso di ritardo>> delle Norme Generali.

#### **c) Prove di controllo in fase esecutiva.**

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori ufficiali indicati dalla Stazione appaltante.

In particolare, tutte le prove ed analisi dei materiali stradali saranno eseguite, a spese dell'Impresa, di norma, presso il Centro Sperimentale Stradale dell'A.N.A.S di Cesano di Roma o presso altro Laboratorio ufficiale.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente Ufficio Compartimentale previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

## **Capo Secondo**

# **MODO DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO**

## **ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI**

**SEZIONE 1**

**- SONDAGGI E PROVE -**

## INDICE

### Parte I SONDAGGI E PROVE IN SITO

- 1. CLASSIFICAZIONE E DEFINIZIONI
- 2.1. INDAGINI GEOTECNICHE
  - 2.1.0. Scavi di sondaggio
  - 2.1.1. Sondaggio geotecnico
  - 2.1.2. Fori verticali a distruzione di nucleo
  - 2.1.3. Campionamento geotecnico nei sondaggi
  - 2.1.4. Perforazione con registrazione dei parametri di perforazione
  - 2.1.5. Prove di penetrazione dinamica SPT
  - 2.1.6. Prove penetrometriche dinamiche continue DPHS
  - 2.1.7. Prove penetrometriche statiche
  - 2.1.8. Prove penetrometriche statiche di tipo elettriche
  - 2.1.9. Prove penetrometriche statiche con piezocono
  - 2.1.10. Prove scissometriche in foro di sondaggio VT
  - 2.1.11. Prove con pressimetro tipo Menard
  - 2.1.12. Prove di permeabilita' in sondaggio tipo Lefranc
  - 2.1.13. Prove di permeabilita' in sondaggio tipo Lugeon
  - 2.1.14. Piezometro tipo Casagrande
  - 2.1.15. Piezometro a tubo aperto
  - 2.1.16. Piezometro di tipo elettrico ed elettropneumatico
  - 2.1.17. Installazione di tubi inclinometrici
  - 2.1.18. Prove di carico su piastra
- 2.2. INDAGINI GEOMECCANICHE
  - 2.2.1. Sondaggio geomeccanico
  - 2.2.2. Sondaggio geognostico ad andamento direzionale
  - 2.2.3. Rilievo geostrutturale di dettaglio
  - 2.2.4. Point Load Test
  - 2.2.5. Prove di carico su piastra in roccia
  - 2.2.6. Prova con dilatometro da roccia in sondaggio
  - 2.2.7. Prova con martinetto piatto
  - 2.2.8. Prova con estensimetro doorstopper in sondaggio
  - 2.2.9. Prove di taglio in sito
  - 2.2.10. Rilievo televisivo in sondaggio
- 2.3. INDAGINI GEOFISICHE
  - 2.3.1. Attrezzature di sondaggio per prove "DOWN - HOLE"
  - 2.3.2. Attrezzature di sondaggi per prove "CROSS - HOLE"
  - 2.3.3. Carotaggio sonico

- 2.3.4. Prospezioni sismiche a rifrazione
- 2.3.5. Prospezioni geoelettriche
- 2.3.6. Prospezioni sismiche a riflessione

3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

- 3.1 Generalità
- 3.2 Soggezioni Ambientali
- 3.3 Documentazioni Indagini
- 3.4 Consegna campioni terreno
- 3.5 Conservazioni cassette catalogatrici
- 3.6 Ubicazione quote
- 3.7 Oneri diversi

**Parte II**  
**PROVE DI LABORATORIO**

- 1.0 Classificazione e definizioni
- 1.1 Esami geotecnici di laboratorio su campione di terre
  - 1.1.1 Identificazione dei campioni
  - 1.1.2 Conservazione dei campioni
  - 1.1.3 Condizioni di trattamento dei campioni e mantenimento delle caratteristiche naturali
  - 1.1.4 Criteri di programmazione degli esami di laboratorio
  - 1.1.5 Criteri di descrizione e di scelta critica delle prove da eseguire
  - 1.1.6 Esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche
  - 1.1.7 Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche
- 2.1 Esami geotecnici di laboratorio su campioni di rocce e di materiali granulari
  - 2.1.1 Premessa e raccomandazioni generali
  - 2.1.2 Esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche
  - 2.1.3 Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce
  - 2.1.4 Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico meccaniche di campioni di materiali granulari

**Parte I**

**- SONDAGGI E PROVE IN SITO -**

**1. CLASSIFICAZIONI E DEFINIZIONI**



L'oggetto delle presente Sezione del Capitolato è costituito dall'insieme delle attività necessarie per l'effettuazione di indagine geotecniche, geomeccaniche e geofisiche.

Le attività di indagine e prove in sito sono, nel seguito, suddivise nelle sottoelencate categorie:

- Indagini geotecniche
- Indagini geomeccaniche
- Indagini geofisiche

## **2.1. INDAGINI GEOTECNICHE**

### 2.1.0 Scavi di sondaggio

Con tale denominazione si vengono ad identificare delle tecniche a basso costo come:

- trinca: eseguite con scavo a mano e/o con mezzi meccanici, generalmente a profondità di 2 - 4 m (al massimo fino a 7 - 8 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.

Per la sola praticabilità si richiede una larghezza minima di 1.0 m, per le operazioni di campionamento una sezione orizzontale di almeno 1.0x1.5 m<sup>2</sup>.

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

Se lo scavo è spinto al di sotto della falda valgono le prescrizioni riportate nella Sezione "Movimenti di terra" del presente 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. Completate le indagini, gli scavi devono essere completamente occlusi, a meno che sia previsto neutralizzarli entro tempo breve (non maggiore di 12 mesi) con scavi maggiori e con opere definitive.

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:

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

Con modalità ed attrezzature idonee allo scopo.

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

- Cantiere
- N. del pozzetto esplorativo

- N. 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.

### 2.1.1 Sondaggio geotecnico

L'esecuzione delle perforazioni di sondaggio a fini geotecnici, dovrà essere eseguita con le attrezzature aventi le caratteristiche e la potenza idonea allo scopo.

Il corredo della sonda deve inoltre 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.

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.

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

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

- Carotiere semplice,  $l = 40 \div 80 \text{ cm}$

- 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  $\varnothing 100$  mm, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

La necessità di impiego del rivestimento provvisorio è da verificarsi caso per caso, in relazione alle reali caratteristiche del terreno.

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

- Spessore tubo =  $8 \div 10$  mm
- Diametro interno  $\varnothing_{\text{int}} = 107 \div 162$  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 della attrezzatura da perforazione tutti gli strumenti portatili necessari (Scandaglio a filo graduato, sondina piezometrica elettrica, penetrometro tascabile, con fondo scala maggiore o uguale a 5 Kg/cm<sup>2</sup>, scissometro tascabile).

Il sondaggio geotecnico deve essere eseguito come di seguito indicato.

#### *Carotaggio integrale*

Carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, con percentuale di recupero  $\geq 85\%$ , 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" purchè si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale.

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

La perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in assenza di sufficiente autosostentamento delle pareti.

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.

La stabilità del fondo foro sarà assicurata in ogni fase della lavorazione con particolare attenzione nei casi in cui il terreno necessiti di rivestimento provvisorio.

Il battente di fluido in colonna deve essere mantenuto prossimo a bocca foro mediante rabbocchi progressivi specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, 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.

Ciò riguarda l'estrazione del carotiere e delle fustelle dei campionatori ad infissione conclusa.

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.

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

- 7 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.

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.

La lunghezza esatta delle batterie di aste inserite nel foro sarà misurata e riportata, in una apposita tabella, onde prevenire imprecisioni nella definizione delle profondità raggiunte.

#### *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.

Si dovrà compilare una scheda stratigrafica del sondaggio completa di tutte le indicazioni necessarie alla descrizione con criteri geotecnici del materiale carotato.

La scheda stratigrafica deve comprendere tutte le informazioni generali necessarie per la completa comprensione di quanto eseguito.

In particolare si specificheranno:

- date di 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.

La descrizione stratigrafica sarà compilata in modo tale da specificare per ciascuno strato quanto relativo ai punti sotto elencati:

- tipo di terreno
- condizioni di umidità naturale
- consistenza

- colore
- struttura
- particolarità
- litologia ed origine.

La scheda stratigrafica 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.

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, le lapidee lavate.

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.

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.

#### **2.1.2. Fori verticali a distruzione di nucleo**

I fori verticali a distruzione di nucleo 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 preparazioni di altre prove in sito, quali prove penetrometriche statiche dilatometriche e similari.

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 dal Impresa, il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla Direzione Lavori.

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 Direzione Lavori.

Il diametro di perforazione sarà di  $70 \div 150$  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.

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.

### **2.1.3. Campionamento geotecnico nei sondaggi**

Le modalità di campionamento distinguono i seguenti tipi di campione:

- "indisturbato", prelevato con adatto campionatore a pistone, fune, rotativo, in terreni coesivi e semicoesivi, e che mantengono inalterati:



- contenuto naturale di acqua;
- assetto strutturale dei grani;

- "rimaneggiato", raccolto tra il carotaggio di qualsiasi composizione riposto in cassetta catalogatrice, e che non soddisfi le precedenti indicazioni;

- "spezzoni di carota lapidea" prelevati dal carotaggio in terreni rocciosi.

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

- 1) cantiere;
- 2) numero del sondaggio;
- 3) numero del campione;
- 4) profondità di prelievo;
- 5) tipo di campionatore impiegato;
- 6) data di prelievo;
- 7) 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.

Le due estremità dei campioni indisturbati devono essere sigillate subito dopo il prelievo con uno strato di paraffina fusa e tappo di protezione.

#### *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:

$$cp = \frac{D_{est}^2 - D_i^2}{D_i^2} \bullet 100 = 9 \div 13;$$

- coefficiente di spoglia interna:

$$c_i = \frac{D_i - D}{D} \bullet 100 = 0.0 \div 1.0$$

- diametro utile  $\geq 85$  mm

L = lunghezza utile della fustella

Di = diametro interno della fustella

D<sub>est</sub> = diametro esterno della fustella

D = diametro all'imboccatura della fustella

La fustella dovrà essere liscia, priva di cordoli, non ovalizzata. 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 a fune, con infissione meccanica del pistone;
- campionatore rotativo a pareti sottili;
- campionatore a rotazione a doppia parete a scarpa tagliente avanzata;
- altri campionatori (il cui utilizzo sarà preventivamente comunicato alla Direzione Lavori).

Il campionatore ad infissione idraulica del pistone può essere utilizzato con profitto in terreni coesivi aventi resistenza al taglio non drenata  $\leq 20 \text{ t/m}^2$ ;

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 la Direzione Lavori.

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.

#### *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, purchè rappresentativi del tipo litologico perforato. Gli spezzoni di carota dovranno essere paraffinati ed inseriti in un involucro rigido di protezione.

#### *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.

### **2.1.4. Perforazione con registrazione dei parametri di perforazione**

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.

Per l'esecuzione di tale tecnica di perforazione, si dovrà utilizzare:

- Sonda a rotazione e rotopercolazione;
- 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, nel caso di distruzione di nucleo, sia descritto con la migliore precisione possibile.

La documentazione comprenderà quanto sotto elencato:

- informazioni generali su denominazione, ubicazione e quota assoluta di ciascuna verticale di prova;
- caratteristiche dell'attrezzatura di perforazione e delle modalità esecutive del foro;

- grafico di cantiere con i parametri misurati e registrati;
- grafico elaborato con indicazione dell'energia assorbita per unità di volume perforato (Mj/mc) in funzione delle profondità;
- note ed osservazioni dell'operatore.

La documentazione definitiva comprenderà, oltre agli elementi sopraccitati, i grafici di tutti i parametri registrati restituiti nella scala più idonea agli effetti interpretativi.

### **2.1.5. Prove di penetrazione dinamica SPT**

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  $\varnothing_{\text{est}} = 51 \pm 1 \text{ mm}$

Diametro interno  $\varnothing_{\text{int}} = 35 \pm 1 \text{ mm}$

Lunghezza minima escluso tagliente principale  $L_{\text{min}} > 457 \text{ mm}$

Lunghezza scarpa tagliente terminale, con rastremazione negli ultimi 19 mm  $l = 76 \pm 1 \text{ mm}$

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 Direzione Lavori.

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

Aste prova S.P.T.

Diametro (mm)	Peso per metro lineare (kg)
40,5	$\approx 4,23$
50	$\approx 7,23$
60	$\approx 10.03$

70	$\approx 10,0$
----	----------------

Le aste dovranno essere dritte, ben avvitate 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 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  $N1 + N3 = 100$  colpi non si raggiunge l'avanzamento di 300 mm, l'infissione viene sospesa e la prova si dovrà considerare conclusa, arrestando la relativa penetrazione.

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.

### 2.1.6. Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

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 1 centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

L'attrezzatura da impiegare per l'esecuzione della prova dovrà essere composta da:

Una batteria di aste interne ad una seconda batteria di tubi esterni di rivestimento con scarpa sagomata a tagliente alla base.

Le aste impiegate dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

Lunghezza aste:

$$l = 1 \div 2 \text{ m}$$

Peso per metro lineare aste:

$$M = 3,6 \div 8 \text{ kg}$$

Diametro esterno aste:

$$\varnothing_{\text{est}} = 28 \div 34 \text{ mm}$$

Diametro esterno rivestimento:

$$\varnothing_{\text{est}} = 48 \text{ mm}$$

Diametro interno rivestimento:

$$\varnothing_{\text{int}} = 30 \div 38 \text{ mm}$$

L'intercapedine tra  $\varnothing_{\text{int}}$  della scarpa ed aste sarà di  $0,2 \div 0,3$  mm; tra aste e rivestimento sopra la scarpa di 2 mm circa.

La punta conica collegata alla base delle aste interne, dovrà presentare le seguenti caratteristiche geometriche:

Angolo apertura:  $\varnothing = 60^\circ$  oppure  $90^\circ$

Diametro base:  $\varnothing_b = 50,5 \pm 0,5$  mm

Il dispositivo di infissione con sollevamento e sganciamento automatico dovrà garantire le seguenti caratteristiche:

Massa battente:  $M = 63,5 \pm 0,5$  kg  
oppure 73 kg

Altezza di caduta:  $h = 750 \pm 2$  mm

L'altezza di caduta nel corso della infissione dei rivestimenti non è vincolante.

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.

#### **2.1.7. Prove penetrometriche statiche**

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.

E' possibile distinguere a seconda delle attrezzature impiegate le seguenti tipologie di prove:

- prova penetrometrica statica di tipo meccanico;
- prova penetrometrica statica di tipo elettrico;
- prova penetrometrica statica di tipo elettrico con piezocono;



In tutti e tre i casi 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 delle esigenze, ed avente una corsa pari ad un metro.

La velocità di infissione della batteria di aste dovrà essere pari a 2 cm/s ( $\pm 0.5$  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.

*Prove penetrometriche statiche di tipo meccanico*

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  $f_s$  sarà determinata con un manicotto avente superficie laterale di  $150 \div 200$  cm<sup>2</sup>.

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 100 kg/cm<sup>2</sup> 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  $q_c$  ed  $f_s$  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.

La prova verrà documentata attraverso una apposita scheda sulla quale verranno riportate:

- informazioni generali;
- data di esecuzione;
- caratteristiche dell'attrezzatura;
- caratteristiche della punta;
- fotocopia delle tabelle di cantiere, con indicazione dei fattori moltiplicativi di interpretazione delle letture.
- grafici di  $q_c$  e  $f_s$  in funzione della profondità;
- quota assoluta del punto di prova;
- certificati di taratura.

#### **2.1.8. Prove penetrometriche statiche di tipo elettrico**

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:  $60^\circ$ .

La resistenza per attrito laterale  $f_s$  sarà determinata con un manicotto di attrito liscio avente le seguenti dimensioni:

- diametro  $\varnothing_{ma} = \varnothing_{bc} + 0.35 \text{ mm}$
- superficie laterale  $A_{ma} = 147 \div 153 \text{ cm}^2$ .

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  $q_c$
- 750 kg per  $f_s$

Queste saranno collegate ad una centralina elettronica per la registrazione dei dati.

Qualora necessario, la Direzione Lavori 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 (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), si dovrà inoltre verificare che:

- a) 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.
- b) Le punte elettriche dovranno essere compensate rispetto alle variazioni di temperatura.
- c) 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  $q_c$ ,  $f_s$ ;
- raggiungimento della massima capacità di spinta del penetrometro;
- deviazione della punta della verticale di  $10^\circ$ , se repentina, o di  $15^\circ$  se progressiva.

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  $q_c$  e  $f_s$ ; 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.

#### **2.1.9. Prove penetrometriche statiche con piezocono**

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 e strumentata per la registrazione del :

- pressione idrostatica del terreno, inclusa la sovrappressione indotta dall'avanzamento della punta;
- dissipazione nel tempo della sovrappressione idrostatica indotta nel terreno, a quote predeterminate.

La punta conica fissa (piezocono), interamente solidale con il movimento delle aste cave, presenta le stesse dimensioni di quella utilizzata per la punta elettrica.

A differenza di questa, come precedentemente richiamato, sarà dotata di filtro poroso intercambiabile, posto preferibilmente alla base del cono, per la misura della pressione interstiziale  $(u + \Delta u)$  (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, etc., 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 Direzione Lavori.

Oltre ai sistematici controlli circa lo stato della punta e del manicotto (geometria, rugosità) e delle aste cave (rettilineità della batteria specie per quanto riguarda le 5 aste più vicine alla punta), 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.

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.

#### **2.1.10. Prove scissometriche in foro di sondaggio VT**

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  $\leq 100$  kPa; 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 4 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.

Una batteria di aste d'acciaio collega la paletta con lo strumento di torsione in superficie.

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/sec;
- si estrarrà la batteria di prova per riprendere la perforazione.

*Modalità esecutive di prove effettuate con attrezzatura autopercutente ("vane borer")*

- Le prove con attrezzatura autopercutente ridurranno il numero delle estrazioni della paletta-scissometro 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 autopercutente, per manovre di perforazione ausiliari.
- L'esecuzione delle prove scissometriche sarà eseguita come descritto al paragrafo precedente, con misura della resistenza al taglio di picco e residua.

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.

#### **2.1.11. Prove con pressimetro tipo Menard**

La prova con pressimetro tipo Menard si esegue misurando in un foro di sondaggio la deformazione del terreno quando questi viene sollecitato mediante l'espansione radiale di una sonda cilindrica posta a contatto con le pareti del foro stesso.

Perché i risultati della prova siano attendibili, é indispensabile, in particolare, che il disturbo del terreno circostante il foro di sondaggio sia ridotto al minimo e sia comunque trascurabile.

L'attrezzatura per prove pressimetriche comprenderà quanto di seguito elencato; l'Impresa potrà impiegare attrezzature con caratteristiche parzialmente differenti da quelle descritte, informando comunque preventivamente la Direzione Lavori.

##### *Sonda pressimetrica*

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 cmc 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 Direzione Lavori.

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<sub>h</sub> = diametro foro

Prima di iniziare la prova, si procederà alla taratura del sistema determinando quanto segue:

Le perdite di pressione sono legate alla inerzia della cella di misura, che deve essere misurata espandendo la stessa alla pressione atmosferica mediante incrementi di pressione da 10 kPa ciascuno, da mantenersi per 60 sec, con letture di volume al termine di tale tempo.

Se richiesto dalle successive modalità di prova, la taratura si eseguirà con incrementi di volume della sonda pari al 5% del volume V, da applicarsi in 10 sec e mantenuti per 60 sec prima della lettura di pressione.

Queste misure dovranno essere eseguite prima di ogni prova o a giudizio della Direzione Lavori; sempre e necessariamente ad ogni cambio della membrana della cella di misura.

Le perdite di volume dovute alla espansione dei tubi di collegamento saranno predeterminate pressurizzando progressivamente l'apparato di prova in superficie dopo aver chiuso la sonda in un contenitore metallico che ne impedisca ogni espansione, registrando pressioni e volumi.

Il livello piezometrico nel foro deve essere misurato immediatamente prima della prova in foro e registrato.

#### *Modalità esecutive della prova*

Prima di posizionare la sonda pressiometrica nel foro, si procederà alla 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:

#### *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 Direzione Lavori; in ogni caso si raccomanda l'impiego di 7 - 10 incrementi.

#### *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 - ricarica.

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

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
- 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
- diagramma volume (cm<sup>3</sup>/pressione (kPa))

- modulo pressiometrico in accordo alla espressione:

$$E_p = 2 (1 + P_{rt}) (V_o + V_m) DP/D$$

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

- pressione limite
- descrizione di modalità e diametro di perforazione
- descrizione stratigrafica del terreno nell'intervallo di prova
- descrizione del tempo atmosferico e della temperatura

#### **2.1.12. Prove di permeabilità in sondaggio tipo Lefranc**

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, eseguita con le modalità di seguito specificate, è destinata a misurare la conducibilità idrica orizzontale del terreno; 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, secondo i criteri precedentemente esposti.

*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.

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.

### **2.1.13. Prove di permeabilit  in sondaggio tipo Lugeon**

La prova misura l'attitudine di un ammasso roccioso ad essere interessato da circolazione idrica; si eseguir  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.

L'esecuzione della prova richiede l'attrezzatura della potenza e delle caratteristiche necessarie allo scopo.

Il contalitri dovr  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 calcoler  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 sar  ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata  $Q$ .

#### *Prova di avanzamento*

Se non diversamente richiesto dalla Direzione Lavori, le prove si eseguiranno in avanzamento con otturatore singolo.

L'otturatore sar  calato nel foro dopo avere misurato il livello del fluido nel sondaggio con sondina piezometrica. Il foro sar  privo di rivestimento; il fluido di perforazione sar  costituito da sola acqua priva di additivi.

L'otturatore sar  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 nel tratto di prova, eseguendo 3 (o più) diversi gradini di pressione in salita e ripetendo gli stessi 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  $10 \div 20$  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.

Programmi per prove Lugeon

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 alta 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 Direzione Lavori, 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.



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).

#### **2.1.14. Piezometri tipo Casagrande**

Il piezometro è costituito da un cilindro in pietra porosa, avente le seguenti dimensioni:

Lunghezza	$L = 20 \div 30 \text{ cm}$
Diametro esterno	$\varnothing_{\text{est}} = 5 \text{ cm}$

L'estremità della cella cilindrica viene connessa a 2 batterie di tubi in PVC o metallici, del diametro di  $1 \div 2 \text{ cm}$ , i quali giungono in superficie.

Le modalità di installazione sono le seguenti:

- Se richiesto, riempimento del foro con malta di cemento-bentonite-acqua (50-10- 100 parti in peso), fino alla quota 1.5 m al di sotto di quella prevista per l'installazione del piezometro, con ritiro progressivo del rivestimento.
- Posa di un tappo impermeabile costituito da palline di bentonite ( $\varnothing 1-2 \text{ cm}$ ) precedentemente confezionate, costipate con pestello, per lo spessore di 1 m, con ritiro ulteriore del rivestimento.
- Abbondante lavaggio del foro con acqua pulita.
- Posa di uno strato (spessore 0.5 m) di materiale granulare pulito ( $\varnothing 1-4 \text{ mm}$ ).
- Discesa a quota del piezometro (mantenuto fino a quel momento in acqua pulita) collegando i tubi di andata e ritorno, assicurandosi della perfetta tenuta dei giunti.
- Posa di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro (0.5 m) con ritiro della colonna di rivestimento senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna ci sia sempre della sabbia.

- Posa di un secondo tappo impermeabile di palline bentonitiche, costipate con pestello ad aste, con progressivo ritiro del rivestimento.
- Cementazione del tratto di foro rimanente, come nel caso del primo riempimento, fino alla sommità (se non prevista l'installazione della seconda cella piezometrica).
- Le estremità dei tubi saranno inseriti in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno. Le chiavi dovranno essere identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso.

Terminata la installazione del piezometro, l'Impresa dovrà misurare e annotare il livello della falda, ripetendo la stessa operazione ogni giorno per tutta la rimanente durata della campagna d'indagine.

Per ciascuna cella (o coppia) installata, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta dei termini piezometrici;
- tabelle con letture piezometriche.

### **2.1.15. Piezometro a tubo aperto**

Il piezometro è costituito da una batteria di tubi del diametro interno  $\varnothing_{\text{int}}$  di  $40 \div 100$  mm, in metallo o PVC, giuntati in forma solidale fino all'ottenimento della lunghezza richiesta e parzialmente finestrati.

Se destinato al prelievo di campioni di fluido per analisi chimico-fisiche, si installeranno tubi del diametro interno  $\varnothing_{\text{int}} \geq 100$  mm, costituiti da acciaio inossidabile o PVC 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.

Il piezometro fessurato della lunghezza di  $4 \div 6$  m e sarà posizionato alla distanza di 1 m dall'estremità inferiore del tubo piezometrico; la finestratura avrà apertura di  $0,4 \div 1,0$  mm.

Nel caso di installazione di tubi per scopi diversi, la distribuzione dei tratti finestrati e ciechi dovrà essere chiaramente indicata nei programmi lavori.

Le modalità di installazione saranno le seguenti:

- prima di estrarre il rivestimento provvisorio si laverà l'interno del foro con abbondante acqua pulita;
- si introdurrà il tubo piezometrico immorsandolo nel terreno di base, gettando poi nell'intercapedine tubo-rivestimento materiale granulare pulito ( $\varnothing 2 \div 4$  mm) fino a risalire di 1 m dalla estremità superiore del tratto finestrato, estraendo progressivamente il rivestimento senza l'ausilio della rotazione;
- si colmerà il tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo-argilloso o sabbioso;
- l'estremità dei tubi sarà protetta con tappo avvitato;
- il terminale piezometrico sarà inserito in un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave. Il pozzetto dovrà essere cementato nel terreno;

Terminata l'installazione del piezometro, l'Impresa dovrà misurare ed annotare il livello della falda, ripetendo la stessa operazione ogni giorno per tutta la rimanente durata della campagna d'indagine.

Per ciascun piezometro installato, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- caratteristiche dei tubi installati;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta del terminale piezometrico;
- tabelle con letture piezometriche.

#### **2.1.16. Piezometro di tipo elettrico ed elettropneumatico**

I piezometri saranno di tipo elettrico con possibilità di controllo della deriva di zero del tipo elettrico o pneumatico.

Le caratteristiche tecniche di riferimento delle celle piezometriche da impiegarsi sono le sottoelencate:

- |                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| - campo di misura               | 0 ÷ 10 bar       |
| - risoluzione                   | 0.1% fondo scala |
| - precisione                    | 0.3% fondo scala |
| - pressione massima ammissibile | 20 bar           |

L'Impresa dovrà informare la Direzione Lavori riguardo al modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche.

La centralina elettronica di misura, elaborazione, memorizzazione e restituzione dati fornirà in via continuativa dati espressi in forma numerica e, preferibilmente, anche grafica analogica.

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

L'Impresa provvederà per intero alla installazione e messa in funzione (azionabile a richiesta) del sistema celle piezometriche-unità di misura e registrazione, quest'ultima debitamente alloggiata o protetta dagli agenti atmosferici, eseguendo frequenti letture per l'intera durata della campagna d'indagine.

Per ciascuna cella installata, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- tipo e caratteristiche della cella piezometrica e dell'unità di misurazione;
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazione dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

#### **2.1.17. Installazione di tubi inclinometrici**

I tubi inclinometrici sono caratterizzati da una sezione circolare, provvista di quattro scanalature con funzioni di guida per la sonda inclinometrica, con diametro esterno di  $80 \div 90$  mm.

Per l'accettazione della fornitura si richiede che:

- la spirallatura dei tubi sia inferiore a  $0,5^\circ$ /metro lineare;
- la perpendicolarità delle sezioni terminali dei tubi sia garantita con la tolleranza di  $1^\circ$ .

I tubi, realizzati in spezzoni di  $= 3,0$  m, sono assemblati mediante manicotti di giunzione che devono presentare le seguenti dimensioni:

$\varnothing$  int. guide manicotto  $\approx \varnothing$  est. guide tubo + 1,0 mm;

Il gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti, non dovrà comunque essere superiore a  $1^\circ$ /giunto.

I tubi inclinometrici possono essere realizzati nei seguenti materiali:

- alluminio (UNI 3569/66);
- PVC.

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazione o verniciatura con resine epossidiche); la cementazione dei tubi in alluminio dovrà comunque sempre essere effettuata mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

*Modalità di posa in opera dei tubi inclinometrici*

La perforazione in cui verrà installato il tubo inclinometrico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- diametro sufficiente all'inserimento del tubo inclinometrico che nella parte a massima sezione (manicotto con nastro di protezione) ha un diametro di circa 96 mm al quale va aggiunto il diametro del tubetto di iniezione;
- deviazione globale dalla verticale  $\leq 1.5\%$ .

I rivestimenti della perforazione dovranno poter essere estratti con sola trazione (senza rotazione).

In cantiere, prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- i tubi e manicotti non devono avere lesioni o schiacciate dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- l'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna inclinometrica;
- la composizione della miscela di cementazione che sarà costituita da acqua, cemento pozzolanico e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;
- il diametro delle punte del trapano, il diametro e la lunghezza dei rivetti il tipo e la scadenza del collante, l'efficienza della morsa di sostegno.

La posa in opera dei tubi inclinometrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- Lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita.
- Preassemblare i tubi in spezzoni di 6.0 m, terminanti ad un estremo con un manicotto. La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:
- inserire il manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;

- praticare i fori per i rivetti (> 4 per ogni tubo) lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
- mantenendo in posizione il manicotto mediante spine, introdurre l'altro tubo e forare; rimuovere il manicotto;
- applicare un sottile strato di mastice sul tubo e all'interno del manicotto, attendere almeno 5 minuti;
- infilare il primo tubo sul manicotto e chiodare con rivetti;
- evitando bruschi movimenti che possano causare torsioni, fasciare abbondantemente con nastro autovulcanizzante.
- Montare sul primo spezzone, già munito di manicotto, 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 il manicotto di giunzione.
- Inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio, la rivettatura 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 il manicotto.
- Procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti.
- Completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione ( $P = 2$  atm) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno dei tubi. I rivestimenti di perforazione devono 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 alla installazione attorno al tratto superiore del tubo inclinometrico di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo  $D = 0.12$  m lunghezza  $L > 1.0$  m). Il tubo sporgerà di 15 cm dalla sommità del tubo inclinometrico e sarà provvisto di un coperchio in acciaio con chiusura antigelo, dotato di lucchetto.

- Terminata la cementazione il tubo inclinometrico sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita; l'attrezzo dovrà essere dotato di pattini zigrinati per la pulizia delle guide.
- Dopo il lavaggio e a presa avviata, si dovrà far scorrere nei tubi una sonda testimone uguale per dimensioni a quella di misura, per verificare la continuità e l'integrità del tubo. L'operazione sarà ripetuta sulle quattro guide.

Si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- schema geometrico delle tubazioni installate;
- quota assoluta della testa tubo;
- caratteristiche del tubo installato e del cemento usato nella miscela, insieme a composizione e quantità della stessa per quanto assorbita.

### **2.1.18. Prove di carico su piastra**

L'attrezzatura da impiegarsi dovrà essere costituita da:

- Piastra circolare in acciaio, rigida

spessore  $S_p > 20 \text{ mm}$   
diametro  $\varnothing = 298.5 \div 600 \text{ mm}$ .

Potranno essere utilizzate piastre con  $500 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 750 \text{ mm}$  nel caso il terreno contenga ciottoli di diametro  $> 100 \text{ mm}$ , previo accordo con la Direzione Lavori.

- Micrometro per la lettura dei cedimenti con precisione e sensibilità di  $0.01 \text{ mm}$ , con escursione dell'astina  $\geq 100 \text{ mm}$ .
- Martinetto di carico in grado di erogare pressioni massime  $\geq 0.5 \text{ MPa}$  sulla piastra del diametro prescelto.

- Raccordo tra martinetto e struttura di contrasto costituito da giunto a rotula con due piastre di acciaio con cave sferiche affacciate e sfera in acciaio  $\varnothing 40 \div 60$  mm interposta, con ghiera di serraggio.
- Trave di riferimento porta comparatore, di buona rigidità.
- Eventuali prolunghie in acciaio per il collegamento alla struttura di contrasto.
- 
- Struttura di contrasto la cui massa sia  $> 1.5$  la pressione massima totale sulla piastra prevista dal programma di prova.
- Pompa di alimentazione del martinetto, con manometro tarato.

L'assemblaggio della attrezzatura di prova sarà eseguito in modo da rispettare quanto segue:

- la struttura di contrasto dovrà poggiare ad una distanza  $> 1.0$  m dalla piastra e dai punti di appoggio della struttura portamicrometri;
- la struttura portamicrometri dovrà poggiare ad una distanza  $> 0.5$  m dal bordo della piastra;
- il martinetto dovrà essere centrato sulla piastra e perpendicolare ad essa; il micrometro dovrà essere poggiato in posizione centrale sulla piastra.

La piastra sarà poggiata su terreno con contenuto d'acqua naturale, non disturbato in forma alcuna, ripulito a mano da qualsiasi detrito, copertura o ciottolo sporgente.

Il terreno sarà, se necessario, regolarizzato con un sottile spessore di sabbia o di polvere di cemento, per ottenere una superficie piana e orizzontale.

La orizzontalità della piastra, una volta posta sul piano di prova, sarà verificata con livella a bolla.

Assemblata l'attrezzatura, si eseguirà la prova secondo il programma di carico-scarico preventivamente comunicato alla Direzione Lavori..

Dopo l'applicazione di ciascun gradino di carico, le letture al micrometro saranno ripetute ogni 2 min, in qualsiasi tipo di terreno.

La stabilizzazione nel cedimento sarà data per avvenuta quando due letture consecutive differiranno di un massimo di 0.04 mm.

Durante la prova, non si dovrà modificare in alcuna maniera il dispositivo per la prova stessa, evitando anche vibrazioni e scosse di qualsiasi parte della attrezzatura.

Dopo la prova, si verificherà l'omogeneità del terreno sotto la piastra fino a 0.5 m di profondità; se richiesto, si preleverà un campione rimaneggiato di terreno per il laboratorio.



Per ciascuna prova, si dovrà riportare su apposita scheda:

- informazioni generali;
- fotocopia delle tabelle con letture di cantiere del micrometro, per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- modulo di compressibilità  $M_e$  (kN/m<sup>2</sup>) calcolato nell'intervallo di carico definito, in accordo alla formula

$$M_e = \frac{p}{s} \bullet D$$

p = incremento di carico specifico (kN/m<sup>2</sup>)

s = cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm)

D = diametro della piastra (mm).

- Certificato di taratura del manometro di misura non anteriore di 3 mesi la data di inizio prove.

## **2.2. INDAGINI GEOMECCANICHE**

### **2.2.1. Sondaggio Geomeccanico**

Il sondaggio geomeccanico si distingue dal sondaggio geotecnico per il fatto che la descrizione delle parti di carotaggio in terreni lapidei o litoidi vengono descritte in modo particolarmente approfondito e con criteri finalizzati alla caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

Le modalità di descrizione del sondaggio geomeccanico saranno applicate per i sondaggi, o per le parti in roccia di sondaggi, per i quali ciò sia espressamente richiesto dal programma lavori.

Le attrezzature e le modalità di esecuzione, salvo accorgimenti necessari per garantire la migliore qualità possibile di carotaggio, sono analoghe a quelle descritte per i sondaggi geotecnici.

Si dovrà descrivere la stratigrafia come richiesto per i sondaggi geotecnici, precisando i dati generali e tecnici, la definizione del tipo litologico, il colore. Inoltre, suddividendo il carotaggio in intervalli di profondità sufficientemente omogenei, descriverà i caratteri strutturali del sondaggio, illustrando con la massima cura quanto segue:

- 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).

- Il grado di alterazione, con riferimento alla seguente terminologia:

*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 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.

La percentuale di recupero modificata (RQD) dove il grado di alterazione non è intenso o elevato, verrà determinata in accordo alla seguente espressione:

$$RQD = \frac{\sum l_i}{l_f} \cdot 100$$

per:

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

Per la valutazione del grado di alterazione si farà riferimento alle indicazioni riportate nel punto precedente riguardante l'argomento specifico.

- 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.
- 

Si definiranno gli elementi significativi della struttura di terreni rocciosi, facendo riferimento a quanto di seguito.

#### *Stratificazione*

Si indicheranno i piani di strato visibili, precisandone la spaziatura media e l'intervallo di variazione tipico dello spessore degli strati stessi.

Si indicheranno anche la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione o laminazione incrociate.

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.

#### *Fratturazione*

Si indicherà la spaziatura dei giunti utilizzando definizioni in accordo alla terminologia di seguito specificata:

< 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

Si specificherà, se possibile, apertura e persistenza dei giunti.

#### *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, misurato in senso orario, tra la perpendicolare all'asse di perforazione e il piano di discontinuità.
- La durezza delle pareti sarà stimata in base ai criteri di scalfibilità con unghia, di scalfibilità con punta d'acciaio, di scarsa scalfibilità con punta di acciaio. Sarà inoltre misurato l'indice JCS (Joint Compressive Strength) tramite l'uso dello sclerometro (Schmidt Hammer), 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).
- Il tipo e lo spessore del riempimento dei giunti saranno definiti precisando composizione granulometrica e/o mineralogica e la compattezza dello stesso. In particolare, si deve precisare se all'interno del giunto si nota materiale trasportato e deposto o materiale derivato dal disfacimento o dalla frizione della roccia.

Per quanto non ulteriormente precisato valgono le indicazioni della ISRM (Suggested Methods). Tutti gli elementi sopraelencati dovranno figurare in moduli stratigrafici appositi.

### **2.2.2. Sondaggio geognostico ad andamento direzionato**

I sondaggi geognostici ad andamento direzionato si realizzano in terreni lapidei e litoidi per definire la litostratigrafia dell'ammasso secondo traiettorie suborizzontali o comunque orientate e parzialmente modificabili nel corso della stessa perforazione, in modo tale da raggiungere, partendo da un punto determinato, un altro punto a distanze che possono giungere a 500-1000 metri.

I sondaggi devono essere eseguiti a carotaggio integrale del terreno attraversato e permettere, a fine sondaggio, l'esecuzione di ispezioni con sonda televisiva e la caratterizzazione dell'ammasso attraverso metodi di prova geofisica e geomeccanica per la intera lunghezza del sondaggio.

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.

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

### **2.2.3. Rilievo geostrutturale di dettaglio**

I rilievi geostrutturali di dettaglio permetteranno di acquisire mediante misure in sito su affioramenti rocciosi naturali o artificiali gli elementi relativi alle caratteristiche geostrutturali e geomeccaniche dell'ammasso roccioso, inteso come complesso costituito dalla matrice roccia e dai piani di discontinuità, principalmente per uso di classificazione mediante indici di qualità.

Il programma lavori indicherà la zona nella quale eseguire ogni singolo rilievo, definito nel seguito come stazione di misura.

Le modalità esecutive saranno conformi alle prescrizioni "Suggested Methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses - International Society for Rock Mechanics", alle quali si rimanda direttamente per quanto non espressamente precisato nel seguito.

Il rilievo di ogni stazione di misura si eseguirà 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, annotandone la progressiva dall'origine dello stendimento, ma considerando anche tutti gli elementi non direttamente intersecanti la linea ma vicini ed idealmente prolungabili fino all'intersezione.

Si dovranno eseguire stendimenti di misura fra loro tendenzialmente ortogonali, in modo da descrivere compiutamente l'ammasso in senso realisticamente tridimensionale.

Per ciascuna stazione di misura, il numero di stendimenti da eseguire sarà quello necessario per la perfetta caratterizzazione dell'ammasso.

Il rilievo lungo ciascuna linea deve definire quanto segue:

#### *Caratteristiche geostrutturali*

Inclinazione dei piani di discontinuità sull'orizzontale, immersione o azimuth della linea di massima pendenza giacente sul piano di discontinuità.

#### *Caratteristiche geomeccaniche*

Classificazione dei diversi tipi di piano di discontinuità, suddividendoli in piani di strato, di scistosità, di faglia, di frattura.

Si definiranno inoltre le caratteristiche geometriche dei piani, precisando frequenza, spaziatura, lunghezza, persistenza percentuale rispetto all'affioramento, apertura, continuità di apertura in percentuale rispetto alla lunghezza, tipo di terminazione, distanza della terminazione dalla traccia, scabrezza (Joint Roughness Coefficient JRC), ondulazione, resistenza della parete del giunto (Joint Compressive Wall Strength JCS), tipo, granulometria, origine, grado di saturazione e di consistenza del materiale di riempimento, che può anche essere campionato per prove di laboratorio.

Il fronte rilevato dovrà essere accuratamente descritto, con il corredo di fotografie (dove saranno visibili le tracce degli stendimenti) e schizzi, precisando dettagliate informazioni sulla litologia, sulle facies, sugli elementi strutturali visibili alla scala dell'affioramento, sulla presenza di acqua e su quanti altri elementi possano concorrere alla comprensione delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche d'insieme dell'ammasso roccioso entro il quale sono state realizzate le misure.

La documentazione comprenderà:

- ubicazione plano-altimetrica della zona di rilievo, con perimetrazione dell'affioramento ed indicazione degli stendimenti di misura;
- tabelle con i dati di campagna;
- relazione geologica descrittiva del sito di rilievo, inclusiva di tutti gli elementi necessari ad inquadrare e comprendere i risultati del rilievo stesso, delle note esplicative e descrittive del rilevatore, degli stereogrammi polari con la raffigurazione dei singoli poli dei piani rilevati e delle aree a diversa densità di concentrazione polare, degli schizzi illustrativi, della documentazione fotografica dell'ammasso roccioso e degli stendimenti di misura.

#### **2.2.4. Point Load Test**

La prova misura un indice di resistenza  $I_s$  portando a rottura dei campioni di roccia con l'applicazione di un carico concentrato a mezzo di due punte coniche, usando una attrezzatura portatile.

I campioni potranno essere costituiti da spezzoni di carota (prove assiali o diametrali) o da blocchi irregolari.

L'apparecchiatura portatile di prova comprende:

- Sistema di carico: dotato di capacità di carico  $\geq 50$  kN ed in grado di adattarsi a campioni di  $25 \div 100$  mm.
- Punte coniche troncate sfericamente: il cono avrà apertura di  $60^\circ$  e la troncatura sferica un raggio di 5 mm. Le punte saranno rigorosamente coassiali e dovranno rimanere tali nel corso della applicazione.
- Sistema di misurazione carico: deve permettere una precisione di lettura di  $\pm 2\%$ .
- Sistema di misurazione distanza: la distanza tra le punte deve essere determinata con l'approssimazione di  $\pm 0.5$  mm.

#### *Modalità di prova*

Si distinguono diversi tipi di prova:

- Diametrale: su spezzone di carota avente rapporto lunghezza/diametro  $> 1.4$ .

Le punte verranno posizionate lungo il diametro ad una distanza  $\geq 0.7 D$  (diametro carota) dalle estremità della carota.

- Assiale: su spezzone di carota avente rapporto  $L/D = 1.1 \pm 0.05$ .

Le punte verranno applicate in corrispondenza dell'asse del provino.

- Con posizionamento variabile: su campioni aventi rapporto  $L/D$  diverso da quanto indicato e su campioni di forma irregolare. Le punte verranno applicate lungo il diametro maggiore del provino. Provini di roccia laminata, scistosa o finemente straterellata verranno provati sia parallelamente che perpendicolarmente ai piani di divisibilità.

In tutti i casi, la prova verrà eseguita posizionando il provino tra le punte, avvicinando le medesime fino alla rottura del campione annotando la pressione corrispondente e la distanza fra le punte.

I risultati delle prove diametrali, assiali o con posizionamento variabile verranno annotati separatamente.

Per ogni campione si registreranno i seguenti dati:

- numero di identificazione;
- profondità di prelievo;
- descrizione litologica;
- natura ed orientazione di eventuali piani di divisibilità;
- carico di rottura  $P$ ;
- distanza tra punte a rottura  $DP$ ;
- valore  $Is = P/D^2$ ;
- valore  $Is(50)$  per classificazione, con l'uso di apposito diagramma correttivo e/o eventuale correlazione.

### **2.2.5. Prove di carico su piastra in roccia**

Le prove di carico su piastra in terreni lapidei e litoidi si eseguono per la determinazione del modulo di deformabilità e di elasticità sul contorno di scavo e in profondità, mediante l'applicazione di un carico tramite piastra circolare del diametro di 50, 80, 100 cm e la misura degli spostamenti indotti in superficie ed in profondità mediante estensimetro multibase.

La prova può essere eseguita in cunicolo, in genere di diametro non superiore a 4 m, con il martinetto agente su 2 piastre poggianti su parti dell'ammasso fra loro diametralmente opposte, costituenti reciproco contrasto.

L'attrezzatura sarà conforme alle raccomandazioni ISRM (Suggested Methods). La documentazione tecnica relativa sarà inviata per informazione alla Direzione Lavori.

L'attrezzatura comprenderà:

- martinetto idraulico in grado di assicurare il carico richiesto dal programma lavori;
- tubazioni in acciaio di varia lunghezza, per il collegamento del martinetto con la piastra e per la trasmissione del carico di prova, di adeguata resistenza;
- piastre per la ripartizione del carico di prova, costituite da dischi anulari in acciaio di diametro compreso tra 50 e 100 cm, di adeguato spessore e rigidità;
- 6 comparatori centesimali, montati su struttura indipendente dall'apparato di spinta e adeguatamente rigida, da distribuirsi al contorno della piastra ad angoli di 60 gradi e alla distanza di 30 cm e 50 cm dal bordo della stessa;
- 1 estensimetro multibase con 6 ancoraggi ad espansione meccanica, da installarsi entro un foro appositamente perforato al centro dell'area di carico con un diametro di 60-80 mm ed una profondità di circa 6 volte il diametro della piastra di prova; l'estensimetro sarà dotato di un trasduttore di spostamento connesso agli ancoraggi ad espansione mediante astine metalliche rigide.

La prova sarà eseguita in accordo al programma lavori e comprenderà:

- rilievo fotografico dell'ammasso roccioso per le parti interessate dalla prova;
- accurata descrizione litologica e geomeccanica dell'ammasso roccioso nel sito di prova, con rilievo e misura della giacitura nello spazio dei piani di discontinuità;
- preparazione della superficie di prova (singola o coppia, a seconda del metodo) mediante scalpellatura manuale ed impiego di dischi rotanti diamantati, al fine di ottenere piani lisci e regolari.
- montaggio della attrezzatura di prova ed esecuzione della prova con cicli di carico-scarico come da programma lavori, con misura degli spostamenti di superficie e profondi tramite i comparatori centesimali e l'estensimetro multibase.

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- ubicazione ed orientazione dei punti di prova con relativa rappresentazione grafica in scala;



- relazione descrittiva dei caratteri geomeccanici rilevati in sito, con il corredo della documentazione fotografica dell'ammasso roccioso nel sito di prova;
- elenco e descrizione dell'attrezzatura impiegata, con documentazione fotografica della attrezzatura di prova completamente montata;
- procedura di prova e formulazione matematica per il calcolo del modulo di deformabilità;
- tabella con riportate le misure di spostamento in funzione del carico applicato;
- diagrammi spostamento-pressione per ogni punto di misura;
- diagramma spostamenti globali-profondità della base di misura
- diagramma spostamenti reversibili- profondità della base di misura;
- tabella riassuntiva dei moduli di deformabilità e di elasticità calcolati (MPa).

#### **2.2.6. Prova con dilatometro da roccia in sondaggio**

Per l'esecuzione della prova si richiede la disponibilità di una sonda dilatometrica da roccia, inseribile in un foro di sondaggio adeguatamente perforato del diametro di circa 100 mm, dotata di almeno 3 trasduttori elettrici per la misura degli spostamenti indotti dalla pressurizzazione radiale di circa 1 mm di diametro di foro.

La sonda sarà connessa in superficie ad una unità di misurazione, registrazione ed elaborazione dati.

La prova sarà eseguita secondo modalità precisate nel dettaglio dal programma lavori.

Per quanto non ulteriormente specificato in merito alla preparazione del foro, valgono le raccomandazioni incluse nella parte relativa alle prove con pressimetro tipo Menard, per quanto applicabili, previa comunicazione alla Direzione Lavori.

La documentazione di ciascuna prova comprenderà:

- ubicazione, direzione ed immersione del sondaggio;
- profondità della sezione di misura;
- caratteristiche della attrezzatura impiegata;
- diagrammi variazioni diametrali-pressione per ogni trasduttore;
- schema di calcolo dei moduli elastici e di deformabilità;

- relazione matematica per il calcolo dei moduli;
- tabelle riassuntive dei moduli di deformabilità e di elasticità:

### **2.2.7. Prova con martinetto piatto**

La prova si esegue in parete inserendo in una fessura praticata nel fronte dell'ammasso roccioso un martinetto piatto, da espandere fino a riportare la roccia circostante nelle medesime condizioni tensionali precedenti lo scavo della fessura, e misurando lo sforzo necessario. Dalla misura si ricavano le caratteristiche di deformabilità e lo stato di sollecitazione esistente alla superficie dell'ammasso roccioso. La normativa di riferimento è:

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

L'attrezzatura che si intende utilizzare sarà preventivamente comunicata alla Direzione Lavori e comprenderà:

- Attrezzi portatili di perforazione e taglio (trapano, fresa a mano con disco diamantato, arnesi da scavo).
- Martinetto piatto, lunghezza 60÷100 cm, larghezza 30 cm (dimensioni indicative), con capacità di carico  $\geq 100$  t.
- Estensimetro meccanico rimovibile o trasduttori elettrici di spostamento, con sensibilità di 0.01 mm.

Le modalità di prova saranno le seguenti:

- Si collocheranno sulla parete almeno 12 basi di misura, simmetricamente disposte rispetto alla linea sulla quale si eseguirà il taglio, secondo un minimo di 3 sezioni.

Si misureranno, con precisione di 0.01 mm, le distanze reciproche tra le basi sulla stessa direzione orizzontale.

- Si scaverà un taglio piano, normale alla parete, equidistante dalle basi di misura, di dimensioni tali da alloggiare il martinetto piatto.
- Si cemerà nel taglio il martinetto, attendendo quindi il tempo necessario alla presa ed ad un certo indurimento della malta cementizia (o della resina di elevate caratteristiche meccaniche).
- Si misurerà nuovamente la distanza tra le basi, con la stessa precisione, annotando lo spostamento delle stesse dopo l'esecuzione del taglio.

- Si dilaterà il martinetto fino ad annullare per intero lo spostamento delle basi dovuto al taglio, misurando le variazioni della distanza delle basi in forma continua, annotando i diversi gradini di carico applicati ed i relativi spostamenti fino al carico cui corrisponde il ripristino della distanza tra le basi di misura che esisteva originariamente. I gradini di carico saranno definiti nel corso della prova, variando tra 0.5 e 5.0 t ciascuno (orientativamente) o secondo il programma lavori.

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.

#### **2.2.8. Prove con estensimetro doorstopper in sondaggio**

La prova ha lo scopo di determinare lo stato tensionale in sito entro ammassi rocciosi in condizioni quasi indisturbate, tramite la misurazione con cella estensimetrica degli spostamenti che si producono nella parte centrale di un foro di sondaggio a seguito della liberazione di tensioni ottenute mediante sovracarotaggio.

L'attrezzatura sarà conforme alle caratteristiche definite da C.S.I.R. (South Africa Council of Scientific and Industrial Research).

- Cella di misura delle deformazioni costituita da almeno 4 estensimetri elettrici applicati su un supporto circolare a disco dello spessore di 0.625 mm, con disposizione a 45 gradi l'uno dall'altro (tipo C.S.I.R.) o cella dotata di 3 rosette estensimetriche in grado di misurare spostamenti con diversa orientazione nello spazio simultaneamente (tipo C.S.I.R.O.).
- Idoneo strumento di posa della cella in foro.
- Centralina di misura degli spostamenti collegabile alla cella estensimetrica.
- Pressa radiale per la misura delle costanti elastiche di campioni di roccia costituiti da spezzoni di carota da sondaggio.

La prova si eseguirà entro fori di sondaggio di lunghezza non superiore a 20 m, in assenza d'acqua.

La parete del foro nel tratto nel quale si intende eseguire la misura dovrà essere priva di giunti o discontinuità; se richiesto dalla Direzione Lavori, il fondo foro dovrà essere esaminato con sonda ottica televisiva.

La prova sarà eseguita seconda la metodologia ISRM (Suggested methods for rock stress determination), di seguito indicata:

- esecuzione del foro di prova con diametro di 60-80 mm , con carotaggio integrale;
- regolarizzazione del fondo foro con apposita fresa a disco diamantata;
- montaggio della cella di misura in testa allo strumento di inserzione, con spalmatura del collante sulla superficie della cella che andrà a contatto con il fondo foro;
- inserzione in foro della cella, da tenere contro il fondo foro con l'applicazione di una certa pressione fino all'incollaggio avvenuto;
- esecuzione della lettura di zero degli estensimetri;
- approfondimento del foro mediante sovracarotaggio con carotiere a parete sottile, di diametro sufficiente ad inglobare completamente la cella estensimetrica permettendone il recupero a giorno con la parte di roccia sulla quale è incollata;
- collegamento della centralina di misura alla cella, da reinserire in foro per il corretto riequilibrio termico e misura degli spostamenti indotti dal rilascio tensionale conseguente al sovracarotaggio;
- determinazione delle costanti elastiche del materiale con pressa radiale, da eseguire direttamente sul campione di roccia recuperato dal foro, leggendo gli spostamenti direttamente grazie alla cella estensimetrica incollata.

La completa esecuzione della prova richiede che le misure siano ripetute in 3 fori a diversa orientazione nello spazio; si potrà utilizzare in alternativa la cella estensimetrica tipo C.S.I.R.O. con 3 rose di misura per il rilievo degli spostamenti secondo diverse componenti, realizzando il foro pilota con un diametro adeguato.

Le modalità della prova dovranno comunque essere tutte chiaramente definite nel programma lavori.

La documentazione della prova comprenderà:

- informazioni di carattere generale per la identificazione, l'ubicazione e la conoscenza della orientazione nello spazio del sondaggio;
- descrizione litologica, classificazione geologica e descrizione geomeccanica schematica dell'ammasso roccioso nel sito di prova e nel tratto di carotaggio;

- descrizione della formulazione matematica interpretativa;
- grafici deformazione - avanzamento sovracarotaggio;
- grafici delle prove di compressione radiale;
- tabella delle deformazioni degli estensimetri;
- tabella dei valori delle componenti del tensore di sforzo calcolato;
- stereogramma di Schmidt con orientazione e valore delle tensioni principali e relativi limiti di fiducia;
- documentazione fotografica del sito di prova, dell'interno del foro, dell'attrezzatura di prova e delle fasi salienti della prova; relazione descrittiva delle attrezzature e delle modalità di prova.

#### **2.2.9. Prove di taglio in sito**

Le prove di taglio in sito permetteranno di determinare le caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso, in genere lungo piani di discontinuità o giunti di particolare interesse oppure in corrispondenza di piani di taglio imposti, sollecitando con tensioni normali di confinamento e tangenziali blocchi di roccia opportunamente predisposti. La prova può essere realizzata in superficie o in cunicolo, con riferimento alle norme ISRM, Suggested Methods.

L'attrezzatura di prova dovrà essere preventivamente comunicata alla Direzione Lavori e comprenderà:

- cassa di incapsulamento superiore del blocco di roccia da isolare con telaio di contrasto inferiore; il blocco di roccia dovrà avere dimensioni minime di 50 cm di lato alla base, per forme di tipo cubico;
- dispositivi per l'applicazione del carico normale, rappresentati da un martinetto (o più martinetti) idraulico in grado di esercitare le pressioni richieste, agente su una trave di reazione poggianti sulla cassa di contenimento; nel caso di prova a cielo aperto o condizioni equivalenti, il contrasto sarà fornito da tiranti o altra struttura approvata ancorati al terreno a fianco del blocco, nel caso di prova in cunicolo apposito esso sarà fornito direttamente dalla volta o dalle pareti dello stesso;
- dispositivi per l'applicazione del carico tangenziale, rappresentati da un martinetto (o più martinetti) agente sulla cassa di contenimento, con una direzione d'azione inclinata di circa 15 gradi rispetto al piano di taglio, grazie ad un contrasto ottenuto a mezzo di tiranti suborizzontali ancorati al telaio inferiore o secondo altri mezzi o configurazioni approvati;

- dispositivi di misura delle forze applicate, costituiti da manometri di alta precisione e di taratura recente;
- dispositivi di misura degli spostamenti con precisione di 0.01 mm;
- attrezzi di scavo e demolizione roccia, adeguati alle necessità di preparazione del sito e di isolamento del blocco.

Le modalità ed i risultati della preparazione dovranno essere concordati con la Direzione Lavori.

La preparazione sarà schematicamente realizzata nella forma di seguito descritta:

- dopo lo sbancamento preliminare del sito di prova e le necessarie pulizie, si ricaverà un blocco di forma approssimativamente cubica di lato non inferiore a 50 cm ponendo la massima cura nel non procurare alcun disturbo all'elemento isolato e alle discontinuità naturali presenti; se necessario, sarà ammessa la stabilizzazione delle superfici a giorno del blocco con malte cementizie a presa rapida;
- eseguito l'isolamento del blocco, si procederà alla accurata descrizione litologica e geomeccanica dello stesso e dell'ammasso roccioso che lo comprende, con schizzi e fotografie di dettaglio.

La prova sarà realizzata mediante l'applicazione delle tensioni normali e tangenziali nelle entità e nelle fasi definite dal programma lavori, che potrà richiedere prove monostadio su blocchi diversi (ciascuna considerata come prova a se) o prove multistadio sullo stesso blocco, con l'imposizione per ogni stadio di un diverso valore di tensione normale di confinamento.

Durante ogni ciclo della prova, comunque sia eseguita, si registreranno i valori della tensione di confinamento normale al piano, quello della tensione di taglio applicata, le tensioni corrispondenti ai valori di resistenza di picco e residui, le deformazioni normali e tangenziali alla superficie di taglio.

Dopo la prova, il blocco sarà sollevato e la superficie di taglio osservata e descritta con la massima accuratezza, rilevando tutti gli elementi di interesse geomeccanico, quali morfologia ed altezza delle asperità, caratteristiche del materiale di riempimento ed ogni altro utile dettaglio.

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali atte ad identificare, ubicare, orientare il sito ed il blocco di prova;
- descrizione litologica e geomeccanica di dettaglio del blocco e dell'ammasso roccioso comprensivo dello stesso, con il corredo di schizzi in scala opportuna e di documentazione fotografica;
- tabelle tempo, pressioni normali e tangenziali, spostamenti nello spazio, sia nella fase di consolidazione che nella fase di prova;

- diagrammi forza normale e tangenziale - spostamenti per ciascun trasduttore;
- diagrammi forza normale - forza tangenziale in condizioni di picco e residua per ciascun livello di carico;
- descrizione di dettaglio della superficie di rottura con determinazione del profilo, con documentazione fotografica della stessa;
- descrizione dettagliata delle attrezzature, della configurazione e delle modalità di prova, con il corredo della documentazione fotografica delle attrezzature e delle varie fasi della prova;
- certificati di taratura dei manometri non antecedenti 30 giorni la data della prova.

#### **2.2.10. Rilievo televisivo in sondaggio**

Il rilievo televisivo del foro di sondaggio è destinato all'esame stratigrafico e strutturale del tratto perforato ed alla osservazione di eventuali cavità.

L'attrezzatura da impiegarsi è una sonda televisiva costituita da quanto segue:

- Telecamera alloggiata in sonda protettiva, diametro esterno  $\Phi_{est} \leq 70$  mm, con obiettivi intercambiabili per la visione assiale e laterale, con sorgente luminosa incorporata.
- Unità di controllo con monitor con regolazione di intensità luminosa, contrasto, messa a fuoco dell'obiettivo; possibilità di video-scrittura.
- Videoregistratore VHS connesso alla unità di controllo.
- Cavi di collegamento, con avvolgi-cavo dotato di dispositivo per il controllo della profondità della telecamera.

L'attrezzatura deve in ogni caso garantire immagini di chiara leggibilità, tali da permettere il riconoscimento dei piani di discontinuità intersecanti il sondaggio ed il rilievo della giacitura (immersione ed inclinazione) dei medesimi.

Il foro di sondaggio sarà del tutto privo di rivestimento, di diametro  $\geq 100$  mm, asciutto o contenente acqua limpida, decantata per almeno 3÷4 ore prima dell'ispezione.

La telecamera sarà calata lentamente nel foro, fermandosi in corrispondenza dei particolari litologici o strutturali d'interesse, regolando opportunamente il monitor onde ottenere la migliore qualità possibile delle immagini.

Le annotazioni relative ai dati generali dell'ispezione ed agli aspetti particolari di quanto osservabile saranno eseguite mediante sovrapposizione su video, con l'uso della tastiera per la videoscrittura.

Tutte le immagini su monitor, incluse le annotazioni aggiunte, dovranno essere registrate su nastro magnetico.

La documentazione sarà costituita da una relazione descrittiva e dalla cassetta (o più cassette) formato VHS.

La cassetta conterrà anche le informazioni generali (luogo, data, denominazione sondaggio, altre note) relative all'ispezione eseguita.

La relazione di accompagnamento della registrazione specificherà le caratteristiche della sonda televisiva:

- dimensioni;
- tipo e caratteristiche obiettivi.

La stessa relazione conterrà anche una schematizzazione grafica del reticolo dei piani di divisibilità rilevati durante l'ispezione con l'indicazione di tutte le misure e le informazioni necessarie per la completa comprensione del rilievo televisivo e per le successive elaborazioni.

## **2.3. INDAGINI GEOFISICHE**

### **2.3.1. Attrezzature di sondaggio per prove "DOWN - HOLE"**

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.

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 in accordo a quanto descritto in seguito.

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 1 misura ogni 0,5 m ed 1 ogni 3,0 m).

La perforazione sarà eseguita con diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro del tubo completo dei tubicini esterni di iniezione. Nel corso della perforazione si avrà cura di evitare rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro.

I rivestimenti dovranno poter essere estratti con sola trazione senza rotazione.

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

- controllare che i tubi non presentino lesioni o schiacciate 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:

La sorgente di energia sarà rappresentata da una massa battente manovrata a mano, agente a percussione in diverse direzioni su una base in legno o calcestruzzo; si potrà utilizzare anche un percussore oleodinamico agente all'interno di una piccola cassaforma interrata, oppure altri dispositivi concordati con la Direzione Lavori.

E' 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.

Il ricevitore dovrà essere del tipo da sondaggio o pozzo, sensibile alle 3 componenti fra loro ortogonali nelle quali gli impulsi sono scomponibili.

Diametro minore o uguale a 70 mm.  
Frequenza prossima a 4,5 Hz.

Il ricevitore deve poter essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio pneumatico.

L'unità di registrazione sarà un sismografo registratore ad almeno 12 canali, con amplificatore per ciascun canale, filtri regolabili, addizionatore di impulsi, stampante.

I tubi per prove "down-hole" avranno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

- spessore > 3 mm
- diametro interno  $\varnothing \text{ int} = 75 \div 100 \text{ mm}$

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 ( $\approx 2 \text{ atm}$ ) 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 anzichè 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 alla 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 sposterà 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.

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.
- diagrammi di  $V_p$  e  $V_s$  rispetto alla profondità
- interpretazione delle misure con calcolo del modulo di elasticità in condizioni dinamiche, del modulo di taglio, di compressibilità volumetrica e del coefficiente di Poisson, per ogni punto di misura.

### **2.3.2. Attrezzature di sondaggi per prove "CROSS - HOLE"**

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.

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  $5 \div 20$  m.

La esecuzione della prova richiede la predisposizione di due fori di sondaggio attrezzati con tubazioni in accordo a quanto descritto in seguito.

Le modalità di esecuzione della prova saranno le seguenti:

- posizionamento e bloccaggio di sorgente e ricevitore in corrispondenza della prima coppia di posizioni coniugate, in accordo al programma di lavoro;
- sparo e registrazione degli arrivi degli impulsi longitudinali e di taglio;
- ripetizione delle medesime operazioni per ciascuna coppia di punti coniugati lungo le verticali dei sondaggi.

Le misure saranno relative all'intervallo di profondità ed avranno la frequenza specificata dal programma di lavoro (la frequenza oscillerà di norma tra 1 misura ogni 0,5 m ed 1 ogni 3,0 m).

La perforazione sarà eseguita con diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro del tubo completo dei tubicini esterni di iniezione. Nel corso della perforazione si avrà cura di evitare rifluimenti in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro.

I rivestimenti dovranno poter essere estratti con sola trazione senza rotazione.

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 possano 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:

La sorgente di energia sarà rappresentata da microcariche di esplosivo o da capsule detonanti, in grado di fornire energia in quantità sufficiente alla generazione di impulsi che risultino leggibili;

E' 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.

I ricevitori saranno del tipo da sondaggio o pozzo, sensibili alle 3 componenti fra loro ortogonali nelle quali gli impulsi sono scomponibili;

Diametro minore o uguale a 70 mm.  
Frequenza prossima a 4,5 Hz.

Il ricevitore deve poter essere reso solidale con la tubazione di rivestimento del foro tramite un dispositivo di bloccaggio pneumatico.

L'unità di registrazione dovrà essere un sismografo registratore ad almeno 12 canali, con amplificatore per ciascun canale, filtri regolabili, addizionatore di impulsi, stampante.

I tubi per prove "cross - hole" hanno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

-spessore  $> 3 \text{ mm}$

-diametro interno  $\varnothing \text{ int} = 90 \div 100 \text{ mm}$

I tubi sono realizzati in PVC in spezzoni da circa 3 m di lunghezza ed assemblati mediante filettatura.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire in accordo alle 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 ( $\approx 2$  atm) attraverso il tubo. 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 anzichè 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 alla 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  $L \geq 1.0$  m).

Il tubo sporgerà di circa 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.

Dopo il lavaggio e a presa avviata, si dovrà verificare la continuità e l'integrità del tubo che dovrà essere internamente liscio e privo di sporgenze.

La verticalità della tubazione installata deve essere verificata con sonda inclinometrica con 2 sensori ortogonali.

Saranno misurabili deviazioni dalla verticale  $\leq 20^\circ$ ; la sensibilità richiesta è  $\geq 0.07^\circ$ .

La sonda sarà del tipo a controllo azimutale o sarà calata con aste con connessione a baionetta, senza modificare l'orientazione azimutale della sonda per l'intera durata della prova.

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;
- diagrammi di  $V_p$  e  $V_s$  rispetto alla profondità;
- interpretazione delle misure con calcolo del modulo di elasticità in condizioni dinamiche, del modulo di taglio, di compressibilità volumetrica e del coefficiente di Poisson, per ogni coppia di punti di misura.

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.

### **2.3.3. Carotaggio sonico**

Misure in foro di sondaggio 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.

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 il tempo di tragitto dell'impulso da sorgente a ricevitore in millisecondi.

La sonda verrà inserita nel foro di sondaggio, non rivestito, ed arrestata in corrispondenza di punti distanti fra loro di  $25 \div 50$  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.

La documentazione di ciascuna verticale di prova comprenderà:

- informazioni generali atte ad identificare ed ubicare completamente la verticale di prova
- diagramma rappresentante la velocità sonica (km/s) rispetto alla profondità (m)
- nota descrittiva delle operazioni eseguite con commenti e valutazioni interpretative dei risultati ottenuti.

### **2.3.4. Prospezioni sismiche a rifrazione**

Metodo geofisico per la misura della velocità di propagazione delle onde sismiche mediante allineamenti isolati o consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di pressione per ciascun stendimento di misura.

L'attrezzatura richiesta per l'esecuzione di profili sismici a rifrazione è la seguente:

- sorgente di energia, in grado di generare onde sismiche in quantità apprezzabili ai fini dell'indagine mediante lo scoppio di cariche esplosive, lo sparo di cartucce di fucile sismico o l'impiego di apparati meccanici, elettromeccanici, ad aria compressa o similari approvati; in ogni caso, la sorgente dovrà fornire energia sufficiente alla investigazione della profondità indicata dal programma di lavoro (con minimi di 20 m di profondità).
- 12 - 24 geofoni
- sismografo registratore multicanale (minimo 12 ) con amplificatori ed algoritmo di sommatoria per ciascuno canale, dispositivi di filtraggio, display analogico e digitale, memoria di massa per la raccolta e la conservazione dei dati, stampante.

L'esecuzione di ogni linea sismica dovrà essere accompagnata o preceduta da un rilievo plani-altimetrico di tutti i punti di stazione (geofoni + punti di energizzazione) con precisione di 0.5 cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

L'interdistanza tra geofoni dovrà essere compresa tra i 5 m ed i 20 m, in funzione delle finalità di indagine.

La generazione di impulsi per ogni stendimento di misura dovrà essere in numero minimo di 5, con un punto centrale, un punto per ciascuna estremità dello stendimento, due punti esterni allo stendimento, posizionati in funzione della profondità da indagare.

La documentazione finale deve comprendere i seguenti elaborati:

- cartografia scala 1:2000 (oppure diversa se approvata) con esatta ubicazione degli stendimenti, dei punti di stazione dei capisaldi, corredata del libretto di campagna dei rilievi topografici eseguiti
- diagrammi distanze/tempi rifratti ( dromocrone) e sezioni sismiche interpretative con evidenziazione delle velocità di propagazione proprie dei terreni indagati e degli spessori delle unità sismiche individuate
- copia delle registrazioni sismiche di campo (films) ottenuti a seguito della definizione dei primi arrivi
- relazione di commento finale, con elenco dettagliato delle attrezzature utilizzate, descrizione del metodo interpretativo impiegato, illustrazione dei risultati ottenuti compresa la correlazione tra unità sismiche e unità litologiche presenti grazie a sezioni (in scala approvata) con tutte le



indicazioni parametriche dei singoli rifrattori individuati e la posizione in proiezioni di eventuali sondaggi, prove e misure geofisiche in foro eseguiti o resi comunque disponibili.

### **2.3.5. Prospezioni geoelettriche**

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.

I metodi di esplorazione, a seconda della disposizione elettrodica, saranno i seguenti:

- Sondaggi Elettrici Verticali SEV
- Stendimenti dipolo-polari continui
- Profili di resistività

Le diverse tecniche di esplorazione sono descritte al successivo punto c.

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 0.1% f.s.), milliamperometro indipendente con scala 1 mA - 2 A; lo strumento deve poter lavorare con corrente continua e alternata di bassa frequenza.

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÷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 all'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 coreente AB verranno allontanati con uguale direzione e verso ma mantenuti alla stessa distanza reciproca. Le esatte procedure di prova saranno comunicate alla Direzione Lavori.

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.

La 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.

La documentazione comprenderà:

- cartografia di base scala 1:2000 (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.

### **2.3.6. Prospezioni sismiche a riflessione**

Metodo geofisico per il rilievo delle caratteristiche sismiche degli ammassi mediante allineamenti isolati o consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di pressione per ciascun stendimento di misura.

L'attrezzatura richiesta per l'esecuzione di profili sismici a riflessione è la seguente:

- sorgente di energia, in grado di generare onde sismiche in quantità apprezzabili ai fini dell'indagine mediante lo scoppio di cariche esplosive, l'impiego di apparati meccanici, elettromeccanici, ad aria compressa o similari approvati; in ogni caso, la sorgente dovrà fornire energia sufficiente alla investigazione della profondità indicata dal programma di lavoro.

- 24 geofoni
- sismografo registratore multicanale (minimo 24) con amplificatori ed algoritmo di sommatoria per ciascuno canale, dispositivi di filtraggio, display analogico e digitale, memoria di massa per la raccolta e la conservazione dei dati, stampante.

L'esecuzione di ogni linea sismica dovrà essere accompagnata o preceduta da un rilievo plani-altimetrico di tutti i punti di stazione (geofoni + punti di energizzazione) con precisione di 0.5 cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

L'interdistanza tra geofoni dovrà essere compresa tra i 5 m ed i 20 m, in funzione delle finalità di indagine.

La prospezione sismica dovrà essere realizzata secondo criteri di "stacking orizzontale" mediante copertura multipla di stendimenti in ragione variabile da un minimo del 400% ad un max del 1200% secondo gli indirizzi e le finalità di indagine.

I sistemi digitali di acquisizione dati, ad alto potere risolutivo, dovranno essere atti a realizzare campionature di segnali tra 0,025 e 2 msec ed essere dotati di filtri taglia basso e taglia alto, di "automatic gain control" e di convertitori A/D del segnale campionato, almeno ad 8 bit.

La documentazione finale deve comprendere i seguenti elaborati:

- cartografia scala 1:2000 (oppure diversa se approvata) con esatta ubicazione degli stendimenti, dei punti di stazione dei capisaldi, corredata del libretto di campagna dei rilievi topografici eseguiti
- copia delle registrazioni sismiche di campo (films) ottenuti a seguito della definizione dei primi arrivi
- SISMOSEZIONI in ordinate di tempi atte a configurare qualitativamente le situazioni geotettoniche primarie;
- SISMOSEZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE in ordinate di profondità integrate con le indicazioni dei valori relativi ai parametri elastici dei terreni indagati;
- RELAZIONE CONCLUSIVA illustrativa delle attrezzature impiegate, delle operazioni eseguite e dei criteri di calcolo e di elaborazione adottati, integrata da note di commento delle principali informazioni ottenute sui terreni indagati.

### **3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI**

#### **3.1. GENERALITA'**

Nella effettuazione delle attività concernenti i sondaggi e le prospezioni, senza che l'elencazione debba considerarsi completa, si devono considerare inclusi oneri e costi per l'ottenimento dei permessi di lavoro e stazionamento, oneri per l'accesso alle zone o ai punti di lavoro e stazionamento, oneri per l'accesso alle zone o ai punti di lavoro con il personale e le attrezzature necessarie, opere di ripristino delle condizioni precedenti l'esecuzione dei lavori, il risarcimento dei danni a terzi, i rilievi topografici, le fotografie, la cartografia, i carburanti e ogni altro materiale di consumo, i costi logistici e del personale, le attrezzature accessorie, il trasporto e la spedizione dei campioni ai laboratori, l'interpretazione, la restituzione e la documentazione dei lavori eseguiti e quanto altro non elencato direttamente o indirettamente necessario per l'esecuzione finita e a perfetta regola d'arte di tutti i lavori in oggetto.

### **3.2. SOGGEZIONI AMBIENTALI**

Oltre al rispetto delle normali procedure anti-infortunistiche previste dalla vigente legislazione, nel caso che l'Impresa sia chiamata ad operare entro aree nelle quali esistano o siano temuti fenomeni di inquinamento ad opera di sostanze tossiche o nocive, esso è tenuto a prendere le misure di sicurezza per prevenire la contaminazione da diretto contatto o inalazione del personale addetto ai lavori.

### **3.3. DOCUMENTAZIONE DELLE INDAGINI**

Durante lo svolgimento delle attività di cantiere l'Impresa avrà cura di compilare un Giornale dei Lavori, a comprensione di tutte le attività connesse alle indagini, da sottoporre, a richiesta, all'esame della DL.

La documentazione preliminare del lavoro svolto verrà progressivamente aggiornata nel corso dei lavori, sarà resa disponibile presso l'Impresa quando richiesta e sarà altrimenti trasmessa alla DL a fine campagna.

La documentazione in forma definitiva sarà presentata non oltre 20 gg. solari dal completamento dei lavori (completamento dei sondaggi).

### **3.4. CONSEGNA DEI CAMPIONI DI TERRENO**

I campioni destinati al laboratorio verranno imballati con cura in casse il cui peso lordo non superi 60 kg, avendo cura di evitare danni nel corso del trasporto con un adeguato imballaggio dei contenitori, in modo particolare dei campioni indisturbati.

I campioni di terreno o di fluido destinati ad analisi chimico-fisiche saranno recapitati al laboratorio geotecnico prescelto. I campioni di terreno o di fluido destinati ad analisi chimico-fisiche saranno recapitati al relativo laboratorio.

### **3.5. CONSERVAZIONE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI**

Le cassette catalogatrici con il carotaggio saranno sistemate, in luogo da concordare con la DL, al riparo dagli agenti atmosferici, dovranno essere conservate in modo che siano facilmente

ispezionabili. Le cassette dovranno essere conservate fino ad esito positivo del collaudo di ciascun lotto funzionale.

### **3.6. UBICAZIONE E QUOTE**

La posizione planimetrica di ciascun punto d'indagine sarà definita rispetto a caposaldi individuati dal dall'Impresa, e concordati con la DL, con un'approssimazione di  $\pm 1$  m. La quota di ciascun punto di indagine sarà determinata con l'approssimazione di più o meno 10 cm, rispetto al livello medio o al riferimento locale fornito.

### **3.7. ONERI DIVERSI**

Nella effettuazione dei lavori oggetto della presente Sezione l'Impresa dovrà altresì tener conto dei seguenti oneri ed adempimenti:

- i maggiori oneri derivanti dalle soggezioni e difficoltà connesse con la effettuazione di lavori in galleria e/o comunque in sotterraneo;
- la effettuazione della campagna di indagine relativa ad una stessa zona in fasi successive, sia che questo derivi da esigenze di sviluppo della progettazione o di avanzamento dei lavori di costruzione, sia che questo derivi da supplementi d'indagine che, a suo insindacabile giudizio, la DL ritenesse necessario effettuare, sia ancora che ciò derivi da impedimenti e soggezioni connesse con la disponibilità delle aree e delle autorizzazioni;
- la guardiania e custodia delle attrezzature di rilevazione installate e dei campioni prelevati al fine di garantirne la validità ed attendibilità per tutto il periodo di rilevazione previsto;
- il trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta comunque connessi con le attività di sondaggio;
- la 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;
- l'installazione e l'esercizio delle attrezzature necessarie, ove ciò sia richiesto, per il controllo ed il contenimento delle acque di falda.

**PARTE II**  
**- PROVE DI LABORATORIO -**



## **1.0 CLASSIFICAZIONI E DEFINIZIONI**

La presente sezione del Capitolato è costituita dall'insieme delle attività di laboratorio, necessari per la caratterizzazione fisico-meccanica delle terre e delle rocce.

Tale sezione è stata suddivisa in:

- esami geotecnici di laboratorio su campioni di terre;
- esami geotecnici di laboratorio su campioni di rocce e materiali granulari.

### **1.1 ESAMI GEOTECNICI DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI TERRE**

#### **1.1.1 Identificazione dei campioni**

L'identificazione dei campioni e/o delle parti di campione dovrà avvenire con le seguenti modalità:

- a) Ricevimento ed immagazzinamento campioni: sarà da verificare o da istituire una chiara identificazione dei campioni, facendo riscontro alle distinte o alle stratigrafie di accompagnamento e segnalando immediatamente ogni eventuale carenza o discordanza.
- b) Apertura e descrizione campioni: l'identificazione iniziale dovrà essere conservata e potrà essere in questa fase integrata dalla indicazione delle diverse parti di campione eventualmente distinte.

c) Esecuzione dell'attività di laboratorio: l'identificazione derivante dalle fasi a) e b) dovrà seguire il materiale e pertanto potrà essere applicata sul materiale stesso, o potrà essere apposta al contenitore del materiale, o potrà essere desumibile dalla corrispondenza fra l'identità del contenitore utilizzato ed il materiale collocatovi, la stessa identificazione dovrà comparire nei moduli operativi nei quali saranno riportati i dati rilevati nel corso delle determinazioni effettuate.

d) Elaborazione e documentazione: l'identificazione dovrà essere riportata nel corso degli eventuali procedimenti di elaborazione e dovrà comparire chiaramente nei moduli di documentazione finale dei risultati dell'attività svolta.

In generale un campione potrà essere identificato dai seguenti dati:

- denominazione della località;
- denominazione del prelievo;
- denominazione del campione;
- profondità di prelievo.

E' necessario che si possa garantire una corrispondenza biunivoca fra questi iniziali dati di identificazione ed i valori finali ottenuti dall'attività di laboratorio svolta sui campioni considerati.

E' raccomandato che, qualunque sia il criterio secondo il quale vengono raccolti e presentati i risultati dell'attività di laboratorio, dalla documentazione si possano desumere, eventualmente anche da moduli riassuntivi, sia le prove effettuate per ogni punto di prelievo (sondaggio), ordinate in base alla profondità di prelievo, che le prove effettuate su ciascun campione esaminato.

### **1.1.2. Conservazione dei campioni**

I campioni, e specificamente quelli indisturbati o a limitato disturbo, verranno conservati in modo da preservarne le caratteristiche originarie.

All'atto della consegna, sempre in particolare per quanto concerne i campioni indisturbati o a limitato disturbo, si verificheranno 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).

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".

### **1.1.3. Condizioni di trattamento dei campioni e mantenimento delle caratteristiche naturali**

Fatta eccezione solo per il caso in cui venga espressamente richiesto, o contemplato dalle procedure, di operare su materiali in condizioni particolari, è implicito che l'attività di laboratorio



preveda di trattare i terreni campionati in modo da alterarne il meno possibile le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate.

In generale, 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;
- 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.

#### **1.1.4. Criteri di programmazione degli esami di laboratorio**

In linea di principio l'attività del laboratorio geotecnico dovrà avere lo scopo di fornire dati utili per precisare la caratterizzazione, sempre dal punto di vista geotecnico, dei terreni investigati e campionati, in funzione della natura dei terreni stessi e delle esigenze progettuali e compatibilmente appunto con la natura, il tipo e le condizioni dei campioni disponibili.

A meno di problematiche particolari, sarà opportuno che l'attenzione venga rivolta particolarmente ai materiali coesivi che in generale possono essere sorgente di maggiori difficoltà nell'ambito della progettazione geotecnica e che però hanno la proprietà di conservare una migliore "memoria" della storia dello stato tensionale, oltretutto, per i noti problemi di campionamento, si ha una maggiore possibilità di disporre di campioni indisturbati di terreni più o meno coesivi piuttosto che di terreni granulari.

Al laboratorio dovrà essere fornita, oltre al programma di massima delle prove previste, anche una indicazione della disposizione stratigrafica dei terreni in esame ed una segnalazione delle finalità

(tipi di opere, di interventi o di dissesti considerati) in modo che sia possibile ottimizzare l'attività da intraprendere in funzione della situazione in sito e dello scopo degli esami programmati.

Il laboratorio dovrà svolgere le proprie attività in stretta collaborazione ed interazione col progettista geotecnico.

Tale rapporto consentirà al progettista di disporre di una analisi critica immediata dei campioni disponibili ed al laboratorio di venire a conoscenza di notizie integrative sulle problematiche da affrontare; da questo rapporto inoltre può scaturire la possibilità di precisare ed eventualmente di adeguare il programma di prove e, nel caso, anche di adottare modalità e procedure specifiche e più opportune per l'esecuzione delle prove previste.

Per questi motivi, a meno di gravi inconvenienti, il laboratorio dovrà fornire alla Direzione Lavori il programma temporale per l'attività, in modo che sia possibile presenziare all'apertura dei campioni ed all'avvio dell'esecuzione del programma di prove.

Nel caso in cui non sia possibile instaurare una interazione fra il progettista ed il laboratorio e nel caso di controversie o di perplessità relative alle valutazioni e/o alle modalità operative del laboratorio, la Direzione Lavori si riserva di richiedere l'esame di alcuni campioni o l'esecuzione di alcune prove di controllo e verifica da effettuarsi presso un laboratorio di sua fiducia.

Tornando più specificamente al merito della programmazione dell'attività di laboratorio, è opportuno ribadire che è responsabilità del laboratorio operare in modo da garantire il miglior risultato possibile degli esami, delle determinazioni e delle prove, definendo dati valutabili come validi in base ai criteri dell'attendibilità, della significatività e della rappresentatività, dal punto di vista geotecnico.

A titolo non esaustivo, di seguito vengono presentate alcune indicazioni concernenti i principi generali che si raccomanda di seguire ai fini della caratterizzazione geotecnica di terreni mediante l'esecuzione di prove di laboratorio.

#### a) Caratterizzazione di massima (stratigrafica)

Nel caso in cui si disponga solamente di campioni non indisturbati (rimaneggiati), è opportuno che si preveda l'apertura non di campioni singoli, o scelti in modo disperso, ma di campioni in serie continue e complete (ad esempio uno o più sondaggi completi).

A meno di inderogabili prescrizioni di programma, o eventualmente ad integrazione delle indicazioni ricevute, una volta effettuata la descrizione dei materiali si provvederà alla scelta delle prove che consisteranno principalmente in determinazioni delle composizioni granulometriche, accompagnate o sostituite da determinazioni delle caratteristiche di plasticità (limiti di Atterberg); tali determinazioni verranno eseguite con criteri di significatività e rappresentatività, tenendo conto dei rapporti di contiguità (verticale ed orizzontale) dei campioni in esame.

Qualora siano disponibili anche dei campioni indisturbati o a limitato disturbo, per essi sarà da prevedersi, oltre a quanto contemplato per i campioni rimaneggiati, la determinazione sistematica

delle caratteristiche di umidità e peso di volume naturale e l'esecuzione, ove attendibile, di prove per la misura della resistenza al taglio iniziale (in termini di sforzi totali). Sarà inoltre opportuno programmare anche alcune prove edometriche da eseguire su materiali scelti come rappresentativi in senso stratigrafico, ed eventualmente qualche prova per la definizione delle proprietà di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, in particolare per i terreni più plastici.

#### b) Caratterizzazione puntuale

Questo tipo di caratterizzazione è di solito programmato nell'ambito di indagini mirate e localizzate, non estensive, quando le problematiche geotecniche sono state già sostanzialmente individuate o le zone di intervento sono abbastanza circoscritte.

Compatibilmente con i tempi a disposizione, di norma sarebbe da prevedersi la definizione sistematica dei dati utili per precisare la classificazione geotecnica dei terreni investigati; le prove da eseguire sono corrispondentemente le determinazioni delle caratteristiche di: umidità e peso di volume naturale, plasticità (limiti di Atterberg), composizione granulometrica.

Le determinazioni del peso specifico dei grani solidi sono da raccomandarsi a corredo delle prove meccaniche relativamente più sofisticate.

Il programma dell'attività di laboratorio è condizionato dal tipo dei campioni disponibili; pertanto la massima attenzione sarà rivolta ai campioni indisturbati nelle migliori condizioni (ed in particolare ai campioni cubici) che siano significativi per la valutazione del comportamento dei terreni nelle condizioni di sollecitazione previste.

Per la caratterizzazione puntuale, la definizione della resistenza iniziale (in termini di sforzi totali) è da intendersi pressoché alla stregua di un dato di classificazione, è quindi raccomandato che le corrispondenti prove, ove attendibili, siano programmate sistematicamente.

Qualora le condizioni di sollecitazione dei terreni siano appunto già chiaramente individuate, le prove meccaniche verranno previste in modo che siano funzionali alla determinazione dei parametri geotecnici che si ritiene governino principalmente il comportamento dei terreni stessi (ad esempio: nel caso di problemi di deformabilità e consolidazione saranno da prevedersi prove edometriche, eventualmente anche con specifiche procedure per valutare potenzialità di rigonfiamento o di collassabilità, nel caso di problemi di resistenza a breve termine saranno da prevedersi prove di resistenza al taglio rapide, anche più sofisticate; nel caso di problemi di resistenza a medio e lungo termine saranno da prevedersi prove di resistenza al taglio con definizione in termini di sforzi efficaci; nel caso di problemi di terreni già smossi o in movimento saranno da prevedersi prove per la valutazione della resistenza residua).

E' però importante che, nella programmazione delle prove, l'indagine circa le proprietà considerate prevalenti non escluda la valutazione, almeno rappresentativa, anche delle altre fondamentali proprietà dei terreni che possono fornire un corredo o un termine di confronto per la stima complessiva delle caratteristiche dei materiali esaminati.

Quando invece il problema geotecnico è definito solo in termini di localizzazione, sarà opportuno individuare almeno gli intervalli di profondità di maggior interesse.

In questo caso la programmazione delle prove meccaniche sarà piuttosto condizionata dalla natura dei terreni considerati; le prove saranno finalizzate ad una valutazione generale delle proprietà dei terreni e pertanto contempleranno sia le caratteristiche di deformabilità in condizioni di rigido confinamento laterale che le caratteristiche di resistenza al taglio (in termini di sforzi totali e in termini di sforzi efficaci).

A meno di locali problematiche particolari si opererà prevalentemente sui materiali relativamente più coesivi; nella eventualità di non disporre di campioni in buone condizioni è opportuno che venga programmata almeno qualche prova rappresentativa per la misura della resistenza al taglio residua su provini ricostituiti, in modo da poter ottenere quanto meno qualche indicazione circa le proprietà di resistenza intrinseca dei materiali.

In generale è raccomandato che il programma di apertura dei campioni sia stabilito tenendo conto delle informazioni stratigrafiche disponibili; è infatti opportuno che l'attività intrapresa sia funzionale alla caratteristica (o alle caratteristiche) dei terreni che si prevede di determinare, a tal fine, a fronte del programma ricevuto e delle stratigrafie dei prelievi, si predisporranno per le operazioni due o più campioni, in modo da poter scegliere ed intraprendere le prove col criterio della massima significatività e rappresentatività in rapporto allo strato di terreno considerato.

### **1.1.5. Criteri di descrizione e di scelta critica delle prove da eseguire**

#### a)Descrizione dei campioni

All'atto dell'apertura dei campioni si provvederà alla descrizione preliminare dei terreni rappresentati; tale descrizione verrà effettuata con criteri geotecnici sulla base di esami visivi e manuali.

I termini adottati saranno quelli convenzionali, di: argilla, limo, sabbia, ghiaia, ciottoli, e la corrispondente terminologia intermedia.

Verrà identificata la componente del terreno che si valuta come più significativa dal punto di vista del comportamento geotecnico del terreno.

Nel caso di materiali granulari o con prevalente componente granulare si formulerà una descrizione basata sulla valutazione delle proporzioni stimabili delle varie classi granulometriche presenti (con riferimento al termine del 50% per valutare la predominanza di una componente).

Verranno quindi indicate le componenti subordinate del terreno.

Si fornirà una definizione della colorazione prevalente del campione (ove specificamente richiesto si farà riferimento alla definizione colorimetrica secondo le Munsell Colour Charts).

Nel caso in cui il campione sia costituito da parti significativamente differenziabili, si provvederà alla descrizione di ogni singola parte distinta con gli stessi criteri sopra indicati.

Si provvederà infine a segnalare ogni ulteriore particolarità rilevabile ed utile per la caratterizzazione del terreno, sia dal punto di vista delle proprietà geotecniche che dal punto di vista della correlabilità stratigrafica.

A titolo di esempio, le particolarità che sono da segnalare possono essere collegate a:

- natura del materiale (materiale organico, materiale calcareo rilevato dalla reazione di effervescenza all'acido cloridrico diluito, ecc.);
- colorazione (zone di diverso colore, venature ossidate, ecc.);
- elementi anomali (resti animali o vegetali, quali conchiglie o radici, evidenti elementi minerali, quali mica-gesso-pomice, grossi inclusi litici, ecc.);
- sintomi di struttura del terreno (scagliosità, laminazione, fitte alternanze, ecc.);
- aspetto della componente più grossolana (forma prevalente, eventuale valutazione della natura geologica, ecc.);
- condizioni attribuibili (rimescolamento, fratturazione fresca, presenza di fanghi di al prelievo perforazione, ecc.);
- odore;
- eccetera.

#### b) Scelta critica delle prove da eseguire

L'attività di laboratorio verrà eseguita basandosi fondamentalmente sul programma di prove indicato.

Nell'intraprendere le prove è però raccomandato che i responsabili del laboratorio attuino una valutazione critica della eseguibilità delle analisi, delle determinazioni e delle prove previste; tale valutazione è da effettuarsi tenendo conto del fatto che la finalità da perseguire è quella di fornire dati significativi e rappresentativi (dal punto di vista geotecnico), in funzione della natura dei terreni investigati e delle necessità progettuali, e compatibilmente con il tipo e le condizioni dei campioni disponibili.

Escludendo il caso in cui sia programmato di operare su materiali ricostituiti, in generale è da adottare il criterio di definire le caratteristiche quanto più possibile attendibili dei terreni nelle condizioni naturali.

In generale quindi sui campioni non indisturbati (rimaneggiati) potranno essere eseguite solo alcune determinazioni delle caratteristiche fisiche che non vengano alterate da modalità di prelievo non molto accurate come, ad esempio:

- analisi granulometrica;
- determinazione delle caratteristiche di plasticità (limiti di Atterberg);
- determinazione del peso specifico dei grani;
- eventualmente misura della umidità.

In linea di massima l'esecuzione delle prove meccaniche, cioè delle prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, sarà riservata ai campioni indisturbati o, in qualche caso, ai campioni a limitato disturbo.

Conseguentemente, all'atto dell'apertura e della descrizione preliminare del campione sarà cura dei responsabili di laboratorio di formulare anche una valutazione delle condizioni del materiale nella prospettiva, appunto, di poter intraprendere delle prove meccaniche che descrivano attendibilmente le proprietà naturali del terreno, tale valutazione verrà effettuata sulla base delle modalità di prelievo (ove note), di una stima della consistenza del materiale (effettuata, nel caso di materiali coesivi o con sensibile componente coesiva, con l'ausilio anche di strumenti quali il pocket penetrometer o il torvane), di una definizione dell'omogeneità del materiale (espressa, ove opportuno, asportando le parti più superficiali del campione, notoriamente più danneggiate dalle procedure di prelievo), e di ogni ulteriore considerazione utile per confrontare lo stato del campione con lo stato del terreno nelle sue condizioni in sito.

Queste osservazioni dovranno essere sinteticamente presentate a corredo della descrizione del campione, eventualmente integrandole con le altre possibili rilevazioni deducibili al momento della selezione dei materiali delle prove e della preparazione dei provini; da esse inoltre dovrà discendere l'attribuzione dello stato del campione ad una categoria di qualità che giustifichi la valutazione sulla attendibilità dei risultati delle prove scelte e realizzate.

Anche questa valutazione della qualità delle condizioni del campione ai fini della attendibilità delle determinazioni (sempre con criteri geotecnici), oltre alla segnalazione della parte di campione interessata (nel caso di campioni non omogenei e differenziabili), dovrà essere indicata a corredo della documentazione del campione e/o delle prove.

Lo stato del campione in vista della esecuzione delle prove potrà essere definito nel modo ritenuto più esauriente dai responsabili del laboratorio; a titolo di esempio esso potrà essere riferito a tre categorie basilari:

- condizioni buone (A);
- condizioni mediocri (B);
- condizioni cattive (C).

In linea di massima, e a meno di vincolanti prescrizioni di programma, le prove eseguibili in funzione delle condizioni dei campioni potranno essere:

A) prove meccaniche sensibilmente sofisticate o da eseguire su provini in serie; e tutte le prove in generale;

B) prove meccaniche più convenzionali o eseguibili su provini singoli; e tutte le prove di determinazione delle caratteristiche fisiche;

C) prove per la determinazione delle caratteristiche fisiche, con gli stessi criteri dei campioni NON indisturbati.

Infine, nella scelta critica delle prove da eseguire si dovrà tenere conto anche delle dimensioni previste per i provini da confezionare, in particolare nel caso delle prove su serie di provini che necessitano di una elevata uniformità del campione.

#### **1.1.6. Esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche**

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisiche di campioni di terre.

Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico
- riferimenti
- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco degli esami e delle analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche di campioni di terre

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
CTF1	Apertura e descrizione di campioni indisturbati o a limitato disturbo, alloggiati in fustelle cilindriche;
CTF2	Apertura e descrizione di campioni indisturbati cubici;
CTF3	Apertura e descrizione di campioni non indisturbati (rimaneggiati);
CTF4	Fotografia di campione;
CTF5	Determinazione del contenuto in acqua (umidità);
CTF6	Determinazione della massa volumica apparente o del peso di volume (densità) mediante fustella tarata;
CTF7	Determinazione della massa volumica apparente o del peso di volume (densità) su provino regolarizzato e/o paraffinato, per pesata idrostatica o spostamento d'acqua;

CTF8	Determinazione dei limiti di Atterberg (limite di liquidità e limite di plasticità);
CTF9	Determinazione del limite di ritiro;
CTF10	Analisi granulometrica per vagliatura, con trattamento per via umida, su quantità $\leq 3$ kg;
CTF11	Determinazione del quantitativo passante/trattenuto ad un singolo vaglio, con trattamento per via umida, su quantità $\leq 3$ kg;
CTF12	Analisi granulometrica per vagliatura, con trattamento per via umida, su quantità $> 3$ kg;
CTF13	Analisi granulometrica per vagliatura, solo con trattamento a secco, su quantità $> 3$ kg;
CTF14	Analisi granulometrica della frazione fine per sedimentazione (aerometria-densimetria);
CTF15	Determinazione del peso specifico dei grani;

b) Schede esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche di campioni di terre (CTF).



## POSIZIONE CTF1

-----

### DENOMINAZIONE

Apertura e descrizione di campioni indisturbati o a limitato disturbo, alloggiati in fustelle cilindriche.

-----

### CONTENUTO TECNICO

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); descrizione geotecnica visiva-manuale del campione; eventuale valutazione della consistenza del materiale mediante pocket penetrometer e/o torvane; stima delle condizioni del campione; indicazione delle prove previste per il singolo campione (o per le parti di campione eventualmente distinte).

-----

### RIFERIMENTI

· Punto 1.1.5

-----

### DOCUMENTAZIONE

· Modulo compilato in cui siano riportati i risultati delle operazioni eseguite, le osservazioni effettuate, l'indicazione delle prove previste.

-----

## POSIZIONE CTF2

-----

### DENOMINAZIONE

Apertura e descrizione di campioni indisturbati cubici.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Estrazione con minimizzazione del disturbo (mediante smantellamento della cassetta di alloggiamento) di un campione di terreno indisturbato cubico prelevato manualmente; ripulitura, descrizione geotecnica, indicazione delle prove, e ogni altra operazione utile per evidenziare le caratteristiche del campione

-----

### RIFERIMENTI

- Punto 1.1.5.
  - Posizione CTF1
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Modulo compilato in cui siano riportati i risultati delle operazioni eseguite, le osservazioni effettuate, l'indicazione delle prove previste.
-

## POSIZIONE CTF3

-----

## DENOMINAZIONE

Apertura e descrizione di campioni non indisturbati (rimaneggiati).

-----

## CONTENUTO TECNICO

Estrazione dal contenitore di un campione di terreno non indisturbato (alloggiato ad esempio in sacchetto, barattolo, vasetto, ecc.); descrizione geotecnica, visiva-manuale del campione; indicazione delle prove previste.

-----

## RIFERIMENTI

· Punto 1.1.5

-----

## DOCUMENTAZIONE

· Modulo, anche riassuntivo, in cui sia riportata la descrizione geotecnica e l'indicazione delle prove previste.

-----

#### POSIZIONE CTF4

-----

#### DENOMINAZIONE

Fotografia di campione.

-----

#### CONTENUTO TECNICO

Ripresa fotografica a colori di un campione di terreno estratto dal suo contenitore; si raccomanda che nella fotografia l'immagine del campione risulti nitida e ben leggibile, che in essa compaia una scala colorimetrica di agevole reperibilità (ad esempio: scala colorimetrica Kodak, Munsell Colour Chart, ecc.) e che, ove opportuno, siano identificate la parte alta e bassa del campione.

-----

#### RIFERIMENTI

--

-----

#### DOCUMENTAZIONE

· Modulo contenente l'immagine fotografica a colori del campione.

-----

## POSIZIONE CTF5

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione del contenuto in acqua (umidità).

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del contenuto d'acqua di un terreno, ricavato per differenza fra peso umido e peso secco e riferito al peso secco, ottenuto per essiccamento in forno termostato a 105°C.

-----

### RIFERIMENTI

- CNR-UNI 10008
  - ASCTM D 2216
  - BS 1377 : 1975, TEST 1 (A)
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la prima cifra decimale; per materiali omogenei il valore può esprimere la media di più valori ottenuti sul campione; per materiali significativamente disomogenei il valore deve essere riferito alla parte di campione distinta.
  - Documentazione delle pesate.
-

## POSIZIONE CTF6

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica apparente o del peso di volume (densità) mediante fustella tarata.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della densità di un terreno, ricavata come rapporto fra pesata del materiale ed il suo volume, predeterminato, ottenuto su provini cilindrici confezionati mediante trimming, fustellatura e regolarizzazione, impiegando una fustella di volume noto.

-----

### RIFERIMENTI

- CNR-BU N.62
  - ASCTM D 1188
  - BS 1377: 1975, TEST 15 (E)
  - BS 1377: 1975, TEST 15 (F)
- 

### DOCUMENTAZIONE

· Valore espresso in  $\text{g/cm}^3$ , con la definizione della seconda cifra decimale, o in  $\text{kg/m}^3$ , come numero intero; per materiali omogenei il valore può esprimere la media di più valori ottenuti sul campione; per materiali significativamente disomogenei il valore deve essere riferito alla parte di campione distinta.

Documentazione delle dimensioni dei provini e delle relative pesate.

-----

## POSIZIONE CTF7

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica apparente o del peso di volume (densità) su provino regolarizzato e/o paraffinato, per pesata idrostatica o spostamento d'acqua.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della densità di un terreno, ricavata come rapporto fra la pesata del materiale ed il suo volume, determinato col metodo della pesata in acqua o col metodo dello spostamento d'acqua.

-----

### RIFERIMENTI

· Posizione CTF6

-----

### DOCUMENTAZIONE

- Valore espresso in  $\text{g/cm}^3$ , con la definizione della seconda cifra decimale, o in  $\text{kg/m}^3$ , come numero intero; per materiali omogenei il valore può esprimere la media di più valori ottenuti sul campione; per materiali significativamente disomogenei il valore deve essere riferito alla parte di campione distinta.
  - Documentazione delle diverse pesate.
-

## POSIZIONE CTF8

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione dei limiti di Atterberg (Limite di liquidità e limite di plasticità).

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazioni delle condizioni limite di liquidità e di plasticità (congiuntamente) di un terreno, eseguite con le attrezzature ed in accordo con le metodologie previste dagli standards, espresse in termini di contenuto in acqua (umidità).

Per la determinazione del limite di liquidità è raccomandata l'esecuzione di almeno tre punti. Nel caso di adozione del metodo del punto singolo ciò deve essere chiaramente evidenziato.

-----

### RIFERIMENTI

- CNR-UNI 10014/1964
  - ASCTM D 4318
  - BS 1377 : 1975, TEST 2 (B)
  - BS 1377 : 1975, TEST 2 (C)
  - Posizione CTF5
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Coppia di valori percentuali espressi con la prima cifra decimale; nel caso di esito negativo di una o di entrambe le determinazioni si indicherà il singolo valore ottenuto o nessun valore, con la notazione "materiale non plastico".
  - Documentazione delle determinazioni.
-



## POSIZIONE CTF9

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione del limite di ritiro.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del contenuto d'acqua (umidità) al quale un terreno in via di essiccamento smette di ritirarsi, rimane cioè a volume costante.

Il limite di ritiro è assunto come il quantitativo d'acqua necessario per riempire tutti i vuoti di un terreno nelle sue condizioni di minimo indice dei vuoti, ottenuto per essiccamento in forno, con corrispondente misura del volume raggiunto.

-----

### RIFERIMENTI

- CNR-UNI 10014/1964
  - ASCTM D 427
  - ASCTM D 4943
  - Posizione CTF5
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la prima cifra decimale, media di due determinazioni.
  - Documentazione delle determinazioni.
-

## POSIZIONE CTF10

-----

### DENOMINAZIONE

Analisi granulometrica per vagliatura, con trattamento per via umida, su quantità  $\leq 3$  kg.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della composizione granulometrica della frazione di terreno trattenuta al vaglio n.200 o n.230 ASCTM, eseguita per vagliatura, con trattamento per via umida in fase preliminare o in fase operativa; l'attività comprende anche la preparazione del materiale. E' prescritto che il numero di vagli utilizzati sia almeno equivalente a quelli previsti, in funzione delle dimensioni massime dei grani, per la definizione dell'assortimento secondo la serie UNI-AGI o secondo la serie ASCTM uniformemente spaziata.

-----

### RIFERIMENTI

- CNR-BU N.23
  - UNI 8520/5
  - ASCTM D 422
  - BS 1377 : 1975 TEST 7 (A)
  - BS 1377 : 1975 TEST 7 (B)
  - BS 1377 : 1975 TEST 7 (D)
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento dei valori ottenuti, come percentuali ponderali espresse con numero intero, nel convenzionale diagramma semilogaritmico (% in peso rispetto log \_ nominale) e tabella corrispondente.
  - Documentazione dei procedimenti e delle determinazioni eseguite.
-

## POSIZIONE CTF11

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione del quantitativo passante/trattenuto ad un singolo vaglio, con trattamento per via umida, su quantità  $\leq 3$  kg.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della percentuale ponderale della porzione di terreno passante/trattenuta ad un singolo vaglio predeterminato, mediante lavaggio manuale del materiale al vaglio prescelto.

-----

### RIFERIMENTI

· Posizione CTF10

-----

### DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale, espresso con la prima cifra decimale, riferito al peso complessivo del materiale essiccato.
  - Documentazione della determinazione.
-

## POSIZIONE CTF12

-----

### DENOMINAZIONE

Analisi granulometrica per vagliatura, con trattamento per via umida, su quantità > 3 kg.

-----

### CONTENUTO TECNICO

- v. Posizione CTF10
  - La metodologia in argomento è raccomandata per terreni con contenuto in materiale fine (passante al vaglio n.200 o n.220 ASCTM)  $\geq 10\%$ .
- 

### RIFERIMENTI

- Posizione CTF10
- 

### DOCUMENTAZIONE

- v. Posizione CTF10
-

## POSIZIONE CTF13

-----

### DENOMINAZIONE

Analisi granulometrica per vagliatura, solo con trattamento a secco, su quantità > 3 kg.

-----

### CONTENUTO TECNICO

- v. Posizione CTF 10
  - E' raccomandato che la metodologia in argomento, che contempla il trattamento del materiale solo in condizioni secche, sia applicabile limitatamente al caso in cui il terreno presenti un contenuto di materiale fine (passante al vaglio n.200 o n.230 ASCTM) < 10%.
- 

### RIFERIMENTI

- Posizione CTF10
- 

### DOCUMENTAZIONE

- v. Posizione CTF10
-

## POSIZIONE CTF14

-----

### DENOMINAZIONE

Analisi granulometrica della frazione fine per sedimentazione (aerometria-densimetria).

-----

### CONTENUTO TECNICO

Analisi granulometrica della porzione di terreno fine, passante al vaglio n.200 o n.230 ASCTM, ottenuta mediante misure effettuate nel corso di un processo di sedimentazione in acqua, realizzate con aerometro-densimetro. L'elaborazione della prova viene espressa in termini di percentuali ponderali rispetto al materiale secco complessivo definite in corrispondenza dei diametri nominali delle particelle. La determinazione deve essere effettuata con almeno 5 misure e deve consentire la definizione (anche per interpolazione) della percentuale corrispondente al diametro nominale di 0.002 mm.

Il procedimento non comprende la determinazione del peso specifico dei grani, da determinare con le modalità previste.

Si raccomanda che, ove possibile, l'analisi granulometrica per sedimentazione in argomento sia realizzata, ad integrazione dell'analisi granulometrica per vagliatura, almeno nei casi in cui la presenza della frazione fine nel terreno sia  $\geq 25\%$ .

-----

### RIFERIMENTI

· Posizione CTF10

-----

### DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTF10

-----

## POSIZIONE CTF15

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione del peso specifico dei grani.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del peso specifico dei grani solidi costituenti un terreno non grossolano ottenuta, col metodo del picnometro calibrato, come valore medio risultante dall'esecuzione di almeno due prove o tre, quando lo scarto delle due misure è superiore a 0,01 sullo stesso materiale. Come peso specifico è da intendersi il rapporto, ad una certa temperatura, fra la massa di un volume unitario di materiale e la massa dello stesso volume di acqua distillata disaerata; ottenuto per spostamento d'acqua, con pesate di precisione e con misura della temperatura nelle condizioni operative. Sono considerati grani solidi di un terreno le minute particelle (in linea di massima minerali) in cui può essere ridotto il materiale, che possono essere ritenute poco o non solubili in acqua e prive di vuoti non strutturali.

-----

### RIFERIMENTI

- CNR-UNI 10013/1964
  - ASCTM D 854
  - BS 1377 : 1975, TEST 6 (B)
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore espresso con tre cifre decimali ottenuto come media di almeno due determinazioni
  - Documentazione delle determinazioni effettuate
-

### 1.1.7 Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di terre.

Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico
- riferimenti
- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco delle prove, per la determinazioni delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di terre

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
CTM1	Prova edometrica a gradini di carico (IL), completa;
CTM2	Determinazione dei coefficienti $C_v$ e $K$ nel corso di prove edometriche IL;
CTM3	Prova edometrica a velocità di deformazione imposta (CRS), completa;
CTM4	Realizzazione di un singolo gradino di pressione o raggiungimento di un particolare livello di pressione in apparecchiatura edometrica;
CTM5	Permanenza protratta di un singolo livello di pressione in apparecchiatura edometrica;
CTM6	Prova "Vane Test", con misura della resistenza residua;
CTM7	Prova di compressione monoassiale (ad espansione laterale libera);
CTM8	Prova triassiale, non consolidata-non drenata;
CTM9	Prova triassiale, consolidata isotropicamente-non drenata, con back-pressure;
CTM10	Prova triassiale, consolidata isotropicamente-drenata, con back-pressure;
CTM11	Prova di taglio diretto, consolidata-drenata;
CTM12	Prova di taglio diretto, consolidata-drenata, residua;
CTM13	Prova di taglio anulare su materiale ricostituito (residua)

Posizione	Descrizione dell'attività
-----------	---------------------------



(denominazione)

CTM14	Determinazione di permeabilità per via diretta, a carico idraulico costante o variabile, nell'ambito di prove già predisposte;
CTM15	Determinazione di permeabilità per via diretta, a carico idraulico costante o variabile, appositamente predisposta;
CTM16	Prova di compattazione Proctor Standard;
CTM17	Prova di compattazione Proctor Modificato;
CTM18	Preparazione materiale o preparazione provini in condizioni particolari.

b) Schede prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di terre (CTM).

## POSIZIONE CTM1

-----

### DENOMINAZIONE

Prova edometrica a gradini di carico (IL), completa.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova di compressione edometrica condotta a gradini di carico finiti e predeterminati, su provino di diametro non inferiore a 50 mm controllato nelle condizioni iniziali; comprensiva della preparazione del provino e di un percorso di carico e di un percorso di scarico; con durata di permanenza di ciascun carico fino a 24 ore; con pressione massima tale da determinare il tratto vergine della curva; con progressione dei gradini di carico finalizzata alla ottimizzazione della definizione della massima curvatura dell'andamento cedimenti-carico, possibilmente con tre punti allineati dopo la massima curvatura; con possibilità di determinazione del parametro  $C_v$  su almeno due intervalli di carico prima della massima curvatura e comunque in corrispondenza dell'intervallo di carico a cui il terreno sarà soggetto in relazione alle caratteristiche dell'opera in progetto. Il numero totale dei gradini di carico applicati deve essere almeno corrispondente a quello della progressione al raddoppio; il numero dei gradini di scarico deve essere almeno pari a 3.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 2435
  - BS 1377 : 1975, TEST 17
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento almeno del grafico  $\delta H - \log p'$  e calcolo di almeno 5 valori del modulo edometrico a 24 ore.
  - Indicazione delle dimensioni e delle caratteristiche fisiche iniziali e finali del provino e la segnalazione della durata complessiva della prova.
  - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale considerato.
  - Tabelle riepilogative di dati di carico, deformazione e tempi rilevati.
-

## POSIZIONE CTM2

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione dei coefficienti  $C_v$  e  $K$  nel corso di prove edometriche IL.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione dei coefficienti  $C_v$  e  $K$  nel corso di prove edometriche a gradini di carico, ovvero, più in generale, rilevazione e restituzione grafica dell'andamento deformazioni/tempo ad un livello di carico costante e permanente per un periodo di tempo dell'ordine delle 24 ore.

La determinazione dei coefficienti  $C_v$  e  $K$  è da effettuarsi per livelli di carico e cedimenti significativi; gli incrementi carico in corrispondenza dei quali è realizzabile la determinazione sono quelli nei quali si raggiunge un valore di pressione pari ad almeno il doppio del valore imposto nel livello di carico precedente.

E' raccomandato che la rilevazione delle deformazioni sia eseguita indicativamente secondo una progressione temporale geometrica.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 2435
  - BS 1377 : 1975, TEST 17
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento, con evidenza dei punti rilevati, della curva  $\delta H - \log t$  e/o della curva  $\delta H - \sqrt{t}$  (con calcolo dei valori di  $C_v$  e  $K$ ) e tabella corrispondente.
  - Moduli riepilogativi del procedimento di rilevazione seguito.
-

## POSIZIONE CTM3

-----

### DENOMINAZIONE

Prova edometrica a velocità di deformazione imposta (CRS), completa.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova di compressione edometrica, condotta a carico continuo a velocità di deformazione imposta, su provino di diametro non inferiore a 50 mm; comprensiva della preparazione del provino e di un percorso di carico e di un percorso di scarico (eventualmente, se richiesto, con almeno 3 decrementi di carico finiti); con applicazione di back-pressure; con controllo delle pressioni interstiziali; con progressione del carico finalizzata alla ottimizzazione della definizione della massima curvatura dell'andamento cedimento-carico e quindi possibilmente con individuazione dell'andamento lineare dopo la massima curvatura; con pressione efficace massima complessiva fino a 80 kg/cm<sup>2</sup> (o misura equivalente) dopo la massima curvatura; con determinazione di almeno 10 valori del coefficiente  $C_v$  e del modulo edometrico.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 4186
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento almeno del grafico  $\delta H - \log p'$ , e tracciamento dei valori di  $C_v$  e del modulo edometrico in funzione del carico.
  - Indicazione delle dimensioni e delle caratteristiche fisiche iniziali e finali del provino, della velocità adottata in carico, della back-pressure applicata, della durata complessiva della prova.
  - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale considerato.
  - Tabelle riepilogative dei dati di carico, deformazioni, pressione interstiziale e tempi rilevati.
-

## POSIZIONE CTM4

-----

### DENOMINAZIONE

Realizzazione di un singolo gradino di pressione o raggiungimento di un particolare livello di pressione in apparecchiatura edometrica.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Applicazione ad un provino in apparecchiatura edometrica di un gradino o di un livello di carico o di scarico significativo e non contemplato da procedure già stabilite ed imposto per le finalità indicate in "Nota" comprensivo della preparazione del provino e con durata di permanenza di ciascun carico fino a 24 ore.

-----

### RIFERIMENTI

- Posizione M1 (ove applicabile)
  - Posizione M2 ( " )
  - Posizione M3 ( " )
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento della deformazione in funzione del carico applicato.
  - Segnalazione delle condizioni di prova (se particolari) e indicazione delle caratteristiche fisiche iniziali e finali del provino (ove non già previsto).
  - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale considerato (ove non già prevista).
  - Tabelle riepilogative di dati di carico, deformazione e tempi rilevati.
- 

### NOTA

Nel caso di specifiche problematiche progettuali o di particolarità della natura dei terreni o delle condizioni dei campioni, può essere richiesto di sottoporre un provino a specifiche misure realizzate in condizioni di rigido confinamento laterale (cioè in apparecchiature edometriche) con imposizione di progressioni di carico o scarico in particolari condizioni o con permanenza dei carichi applicati per periodi di tempo non convenzionali.

A titolo di esempio si possono segnalare: il raggiungimento di livelli di carico molto elevati e non già previsti dalle procedure di prova edometrica, la realizzazione di percorsi di scarico e/o carico aggiuntivi e parimenti non già previsti, l'esecuzione di prove per valutare le proprietà di rigonfiamento, l'adozione di metodologie per definire l'eventuale collassabilità del terreno.

Le corrispondenti procedure non hanno sempre una definizione unanimemente precisata e conseguentemente standardizzata; il laboratorio agirà pertanto o concordando le metodologie

operative col progettista geotecnico od operando in modo da fornire i dati più significativi e più controllati possibile, in modo da raggiungere con la massima affidabilità gli obbiettivi indicati.

-----

## POSIZIONE CTM5

-----

### DENOMINAZIONE

Permanenza protratta di un singolo livello di pressione in apparecchiatura edometrica.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Mantenimento dell'applicazione, ad un provino già predisposto in apparecchiatura edometrica, di un gradino o di un livello di carico o di scarico significativo per un intervallo di tempo superiore al già previsto periodo di permanenza fino a 24 ore.

-----

### RIFERIMENTI

- Posizione CTM4
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento della deformazione in funzione del tempo a carico costante.
  - Tabelle riepilogative di dati di carico, deformazione e tempi rilevati.
- 

### NOTA

- Posizione CTM4

## POSIZIONE CTM6

-----

### DENOMINAZIONE

Prova "Vane Test", con misura della resistenza residua.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova di taglio con scissometro da laboratorio (Vane Test), per la determinazione della resistenza in termini di sforzi totali, su terreni coesivi, con carico di rottura entro 2.5 kg/cm<sup>2</sup> (o misura equivalente), con misura anche della resistenza residua dopo deformazione angolare superiore a 360°; compresa la predisposizione del provino.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 1558
  - BS 1377 : 1975, TEST 18
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Coppia di valori misurati: resistenza massima e resistenza residua, espresse in kg/cm<sup>2</sup> con l'indicazione di due cifre decimali (o misura equivalente).
  - Documentazione delle determinazioni effettuate con indicazioni delle dimensioni delle palette dello strumento, deformazione angolare e sforzo misurato.
-



## POSIZIONE CTM7

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di compressione monoassiale (ad espansione laterale libera).

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova di compressione semplice non confinata, per la determinazione della resistenza in termini di sforzi totali, eseguita su provino con diametro minimo pari a 35 mm, con lubrificazione delle supeCRFici di appoggio, con il solo rilievo del carico di rottura e della deformazione corrispondente, fino a carichi di rottura entro 8 kg/cm<sup>2</sup> (o misura equivalente); compresa la preparazione del provino.

E' raccomandato un rapporto altezza/diametro pari a 2; è ammesso un rapporto minimo altezza/diametro pari ad 1, che sia giustificato dalla natura o dalle condizioni del campione.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 2166
  - BS 1377 : 1975, TEST 20
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Coppia di valori determinati: carico di rottura o carico massimo, espresso in kg/cm<sup>2</sup> con l'indicazione di due decimali (o misura equivalente), e corrispondente deformazione assiale percentuale.
  - Documentazione delle dimensioni del provino e delle rilevazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CTM8

-----

### DENOMINAZIONE

Prova triassiale, non consolidata - non drenata.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova triassiale per la determinazione della resistenza in termini di sforzi totali, realizzata quindi prevenendo la consolidazione dei provini ed imponendo la fase di rottura velocemente e in condizioni non drenate, con lubrificazione delle superfici di appoggio, eseguita su provino con diametro minimo pari a 35 mm; senza saturazione preliminare; condotta a velocità di deformazione imposta e controllata; compresa la preparazione del provino.

E' raccomandato un rapporto altezza/diametro pari a 2; è ammesso un rapporto minimo altezza/diametro pari ad 1, che sia giustificato dalla natura o dalle condizioni del campione.

E' inoltre raccomandato che, se possibile, per ogni campione considerato siano effettuate almeno due prove su due provini a diverse pressioni di confinamento, in funzione dello stato tensionale naturale del terreno.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 2850
  - BS 1377 : 1975, TEST 21
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento della curva sforzi/deformazioni; è richiesta altresì l'indicazione della velocità adottata e delle dimensioni del provino.
  - Determinazione delle caratteristiche fisiche del provino.
  - Tabella riepilogativa della successione delle misure di carico e di deformazione.
-

## POSIZIONE CTM9

-----

### DENOMINAZIONE

Prova triassiale, consolidata isotropicamente-non drenata, con back-pressure.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova triassiale per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, realizzata con applicazione di back-pressure, con prima fase di consolidazione del provino e con fase di rottura in condizioni non drenate, realizzata lentamente per l'equalizzazione delle pressioni nei pori, con misura delle pressioni interstiziali; eseguita su provino con diametro minimo pari a 35 mm e con rapporto altezza/diametro pari a 2; condotta a velocità di deformazione imposta e controllata; compresa la preparazione del provino.

E' richiesto che la prova sia eseguita su almeno tre provini omogenei, a diverse pressioni efficaci di consolidazione in funzione dello stato tensionale naturale del terreno o dello stato di sollecitazione previsto.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 4767
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento di: curva sforzi/deformazioni, andamento pressioni interstiziali/deformazioni, cerchio di Mohr a rottura.
  - Indicazione di: dimensioni del provino, umidità finale, condizioni della fase di consolidazione (segnalazione delle pressioni applicate, dei termini per la valutazione della saturazione, delle variazioni volumetriche), velocità imposta nella fase di rottura.
  - Caratteristiche fisiche dei provini e di classificazione geotecnica del materiale utilizzato.
  - Tabelle riepilogative dei dati rilevati e presentati, con l'indicazione della successione cronologica dei procedimenti e delle rilevazioni.
-

## POSIZIONE CTM10

-----

### DENOMINAZIONE

Prova triassiale, consolidata isotropicamente-drenata, con back-pressure.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova triassiale per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, realizzata con applicazione di back-pressure, con prima fase di consolidazione del provino e con fase di rottura in condizioni drenate, realizzata lentamente per evitare l'instaurarsi di sovrappressioni interstiziali, con misura delle variazioni volumetriche; eseguita su provino con diametro minimo pari a 35 mm e con rapporto altezza/diametro pari a 2; condotta a velocità di deformazione imposta e controllata; compresa la preparazione del provino.

E' richiesto che la prova sia eseguita su almeno tre provini omogenei, a diverse pressioni efficaci di consolidazione in funzione dello stato tensionale naturale del terreno o dello stato di sollecitazione previsto.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 4767 ove applicabile
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento almeno di: curva sforzi/deformazioni, andamento variazioni volumetriche/deformazioni, cerchio di Mohr a rottura.
  - Indicazione di: dimensioni del provino, umidità finale, condizioni della fase di consolidazione (segnalazione delle pressioni applicate, dei termini per la valutazione della saturazione, delle variazioni volumetriche), velocità imposta nella fase di rottura.
  - Caratteristiche fisiche dei provini e classificazione geotecnica del materiale utilizzato.
  - Tabelle riepilogative dei dati rilevati e presentati, con l'indicazione della successione cronologica dei procedimenti e delle rilevazioni.
-

## POSIZIONE CTM11

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di taglio diretto, consolidata-drenata.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova di taglio diretto per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci, realizzata con apparecchio del tipo "scatola di Casagrande", con prima fase di consolidazione del provino e con fase di rottura in condizioni drenate, realizzata lentamente per evitare l'instaurarsi di sovrappressioni interstiziali; condotta a velocità di deformazione imposta e controllata; compresa la preparazione del provino.

E' raccomandata l'esecuzione su provini cilindrici con diametro minimo pari a 60 mm, o quadrati con lati minimo di 60 mm.

E' richiesto che la prova sia eseguita su almeno tre provini omogenei, a diverse pressioni di consolidazione in funzione dello stato naturale del terreno o dello stato di sollecitazione previsto.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 3080
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento almeno della curva sforzi/deformazioni; sono richieste altresì almeno le seguenti indicazioni: dimensione del provino, pressione di confinamento applicata, durata del periodo di consolidazione e misura del corrispondente cedimento, velocità imposta per la corsa di taglio.
  - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale (ove non già prevista).
  - Determinazioni delle caratteristiche fisiche iniziali del provino e tabelle corrispondenti ai dati rilevati e presentati.
-

## POSIZIONE CTM12

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di taglio diretto, consolidata-drenata, residua.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova di taglio diretto per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci e in condizioni residue, eseguita con apparecchio del tipo "scatola di Casagrande", ed effettuata in successione alla prova indicata alla posizione CTM11, con gli stessi criteri.

E' raccomandato che la determinazione sia realizzata portando le due parti del provino a completa disgiunzione, ricomponendo il provino, riassoggettandolo alla stessa pressione di confinamento precedentemente imposta e ripetendo la corsa di taglio rispettando la direzione e il verso di deformazione.

In alternativa la determinazione può essere effettuata realizzando almeno tre cicli di andata e ritorno della corsa di taglio (reversal shear).

Compresa la predisposizione del provino.

-----

### RIFERIMENTI

· Posizione CTM11

-----

### DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTM11

-----

## POSIZIONE CTM13

---

### DENOMINAZIONE

Prova di taglio anulare su materiale ricostituito (residua).

---

### CONTENUTO TECNICO

Prova di taglio anulare per la determinazione della resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci e in condizioni residue (resistenza "intrinseca"), eseguita con apparecchio del tipo indicato come "taglio anulare-torsionale" ("ring shear"; in alcuni casi indicato come "apparecchio tipo Bromhead") e realizzata su materiale ricostituito; compresa la predisposizione del materiale.

Il materiale è selezionato come inferiore al diametro nominale di 0.42 mm (passante al vaglio n.40 ASCTM o equivalente); il materiale viene inumidito, rimaneggiato ed omogeneizzato (sempre operando con trattamenti al vaglio n.40) ed è quindi assemblato nella cella anulare dell'apparecchio. L'apparecchio consente di applicare una pressione di confinamento e di imporre una sollecitazione torsionale.

La prova viene condotta con procedura consolidata-drenata, con imposizione di deformazioni angolari relative molto elevate e fino a poter verificare la stabilizzazione della misura della resistenza.

La determinazione della resistenza residua viene ottenuta realizzando più punti di prova, eseguiti in serie con modalità "multi-stage", a diverse pressioni di confinamento.

E' raccomandata l'esecuzione di almeno quattro punti di prova, a diverse pressioni di confinamento.

---

### RIFERIMENTI

---

---

### DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTM11 (ove applicabile)

---

## POSIZIONE CTM14

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione di permeabilità per via diretta, a carico idraulico costante o variabile, nell'ambito di prove già predisposte.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del coefficiente di permeabilità, eseguita su di un provino già altrimenti predisposto per l'esecuzione di una prova, realizzata mediante misura diretta del passaggio di acqua in condizioni di flusso stabilizzato; le misure possono essere eseguite in condizioni di carico idraulico costante o variabile, con il criterio dell'ottimizzazione della determinazione in funzione della natura e dello stato del terreno considerato e del tipo di prova in corso.

E' richiesta una particolare cura nel prevenire il verificarsi di "vie d'acqua" preferenziali (da segnalare ove dovute alla struttura naturale del terreno) e nel garantirsi contro l'indebita perdita o immissione d'acqua nel circuito nel corso della determinazione.

E' raccomandato che venga eseguita più di una determinazione in modo da consentire una valutazione della variabilità del coefficiente di permeabilità al variare delle condizioni imposte al provino.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 2434 (ove applicabile)
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Oltre a quanto corrispondentemente previsto per le prove già predisposte, è richiesta la presentazione di un modulo o di una tabella che documenti: le condizioni di prova del provino (ad esempio: pressioni applicate, eventuale back-pressure, ecc.); i necessari dati rilevati nel corso della determinazione (ad esempio: sezione corrente del provino, altezza corrente del provino, intervallo di tempo di misura, carico idraulico costante o carichi idraulici variabili, altezze e sezioni piezometriche, volumetria del passaggio d'acqua, ecc.); valore del coefficiente di permeabilità calcolato in corrispondenza (espresso in cm/s o unità equivalente).
-



## POSIZIONE CTM15

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione di permeabilità per via diretta, a carico idraulico costante o variabile, appositamente predisposta.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del coefficiente di permeabilità, realizzata mediante misura diretta del passaggio d'acqua in condizioni di flusso stabilizzato, in condizioni di carico idraulico costante o variabile; eseguita su provino appositamente predisposto ed assemblato in cella considerabile come "rigid wall permeameter" o "flexible wall permeameter"; comprensiva della preparazione del provino e dell'impiego dell'apparecchiatura.

E' richiesto che vengano eseguite due determinazioni per ogni condizione di prova imposta al provino.

E' raccomandato che vengano eseguite più determinazioni in diverse condizioni di prova del provino, imposte in funzione dello stato naturale del terreno o dello stato di sollecitazione previsto.

-----

### RIFERIMENTI

- Posizione CTM14
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Indicazione delle dimensioni e delle caratteristiche fisiche del provino.
  - Definizione delle caratteristiche di classificazione geotecnica del materiale.
  - Oltre a quanto sopra v. Posizione CTM14
-

## POSIZIONE CTM16

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di compattazione Proctor Standard.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova per definire la compattabilità di un materiale, consuetamente denominata tipo Proctor o AASHTO Standard, eseguita con energia nominale dell'ordine di  $60 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{m}^3$  (o misura equivalente) in contenitore (mould) del volume di un litro; compresa la predisposizione del materiale, utilizzato nelle sue condizioni originali.

La prova ha lo scopo di descrivere la relazione fra umidità e densità (intesa come peso di volume secco) ottenibile per un materiale mediante l'energia di compattazione prevista, ed in particolare di definire l'addensamento massimo (densità "ottima") realizzabile.

E' richiesto che la prova comprenda la determinazione di almeno 4 punti significativi di densità/umidità.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 698
  - BS 1377 : 1975, TEST 12
  - Posizione CTF 5
  - Posizione CTF 6
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tracciamento della curva densità secca/umidità ovvero peso di volume secco/contenuto d'acqua.
  - Tabella con l'indicazione dei dati dei punti di prova eseguiti (peso di volume e umidità) e con l'indicazione dei valori "ottimi" definiti; è richiesta anche l'indicazione delle dimensioni del contenitore e dei dati di costipamento corrispondenti alla attrezzatura ed alla metodologia adottata.
  - Tabelle riepilogative del modulo o dei moduli operativi che documentino le umidità nominali imposte e le pesate complessive effettuate.
-

## POSIZIONE CTM17

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di compattazione Proctor Modificato.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova per definire la compattabilità di un materiale, consuetamente denominata tipo Proctor o AASHTO Modificato, eseguito con energia nominale dell'ordine di  $270 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{m}^3$  (o misura equivalente) in contenitore (mould) del volume di un litro; compresa la predisposizione del materiale, utilizzato nelle sue condizioni originali.

Per i criteri di prova v. Posizione CTM16

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 1557
  - BS 1377 : 1975, TEST 13
  - Posizione CTM16 (per quanto applicabile)
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Analoga a quella prevista alla Posizione CTM16
-

## POSIZIONE CTM18

-----

### DENOMINAZIONE

Preparazione materiale o preparazione provini in condizioni particolari.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Predisposizione del materiale per l'esecuzione di un punto di prova o confezione di un provino da sottoporre ad una prova; la preparazione particolare può essere effettuata (ove non sia già previsto) partendo dal materiale di uno o più campioni di terreno con correzione o imposizione del contenuto d'acqua e/o della granulometria e/o della densità, per raggiungere specifiche condizioni o caratteristiche richieste, previste o predeterminate. Le operazioni non comprendono eventuali determinazioni (prove di classificazione geotecnica) di verifica, che sono però raccomandate.

-----

### RIFERIMENTI

--

-----

### DOCUMENTAZIONE

· Indicazione dei procedimenti effettuati e, ove possibile, corrispondente documentazione.

-----

## **2.1. ESAMI GEOTECNICI DI LABORATORIO SU CAMPIONI DI ROCCE E DI MATERIALI GRANULARI**

### **2.1.1. Premessa e raccomandazioni generali**

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.

E' d'altra parte opportuno segnalare, per quello che concerne le rocce ed i materiali granulari, in particolare quanto segue:

- è raccomandato che la descrizione contenga delle indicazioni circa la natura geologica dei materiali o delle valutazioni sulle caratteristiche geologiche dei materiali;
- le prove meccaniche sono sostanzialmente finalizzate alla determinazione delle proprietà di resistenza;
- nel caso dei materiali granulari le prove meccaniche, da eseguirsi in specifici casi particolari, sono realizzabili solo su provini ricostituiti.

Più in generale è inoltre opportuno segnalare anche che le determinazioni e le prove sono da programmare e da eseguire in funzione del tipo di approccio e di caratterizzazione adottato dal punto di vista progettuale ed appunto di caratterizzazione geotecnica.

Con questo si intende che non è escluso 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 rispettivamente anche per gli altri tipi di materiali, a seconda del tipo di caratterizzazione ritenuto necessario ai fini della valutazione del comportamento o delle proprietà considerati per i materiali stessi; per fare qualche esempio: sulla "matrice" di materiali rocciosi o granulari possono essere eseguite prove contemplate per le terre; in qualche caso i campioni di rocce "tenere" possono essere trattati come campioni di terreno "duri", e viceversa; per degli elementi grossolani compresi in campioni di terre possono essere programmate prove contemplate per campioni di roccia, ecc.

### **2.1.2. Esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche**

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche di campioni di rocce e di materiali granulari.

Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico

- riferimenti
- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco degli esami e delle analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche di campioni di rocce e materiali granulari

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
CRF1	Apertura e descrizione di un campione
CRF2	Determinazione del contenuto d'acqua;
CRF3	Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma regolare;
CRF4	Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma irregolare;
CRF5	Determinazione della massa volumica reale (media di due determinazioni);
CRF6	Determinazione della porosità totale;
CRF7	Determinazione delle caratteristiche fisiche su n.5 classi granulometriche;
CRF8	Determinazione della perdita in massa a 950°C;
CRF9	Determinazione del contenuto di sostanze organiche per calcinazione;
CRF10	Determinazione delle specie ioniche su materiali silicatici e carbonatici silici: carbonati.

b) Schede esami ed analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e chimiche di campioni di rocce e materiali granulari (CRF).

## POSIZIONE CRF1

-----

### DENOMINAZIONE

Apertura e descrizione di un campione.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Apertura del campione; eventuale ripulitura; descrizione del campione con definizione o valutazione della natura geologica del materiale; stima (ove significativa) delle condizioni del campione; indicazione delle prove previste per il singolo campione (o per le parti di campione eventualmente distinte).

-----

### RIFERIMENTI

- Punto 1.1.5 (ove applicabile)
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Modulo compilato in cui siano riportati i risultati delle operazioni eseguite, le osservazioni effettuate, l'indicazione delle prove previste.
-

## POSIZIONE CRF2

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione del contenuto d'acqua.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del contenuto d'acqua (umidità) ottenuto come differenza tra il peso del campione prima e dopo essiccamento in forno a 110°C espressa in percentuale e riferita al peso del campione secco. La pesata viene ripetuta con periodicità giornaliera fino ad ottenere peso costante.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Methods for Determination of the water content of a rock Sample
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico espresso in percentuale con la prima cifra decimale.
  - Documentazione delle pesate.
-



## POSIZIONE CRF3

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma regolare.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma regolare, ottenuta come rapporto tra massa e volume misurati tramite bilancia di precisione ( $\pm 0.01$  g) e calibro digitale centesimale.

Previe operazioni di rettificazione meccanica delle basi del provino, comprese.

-----

### RIFERIMENTI

---

-----

### DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico espresso in  $\text{g/cm}^3$  con la seconda cifra decimale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

#### POSIZIONE FR4

-----

#### DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma irregolare.

-----

#### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della massa volumica apparente su provini di forma irregolare, ricavata dal rapporto fra la massa del provino secco, ottenuta per essiccamento in forno termostato alla temperatura di 110°C, ed il suo volume totale.

-----

#### RIFERIMENTI

- Raccomandazione Rilem I/2
  - ISRM
- 

#### DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico espresso in g/cm<sup>3</sup> con la seconda cifra decimale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRF5

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione della massa volumica reale (media di due determinazioni).

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della massa volumica reale su provini di roccia, ricavata dal rapporto fra la massa del provino secco, ottenuta per essiccamento in forno termostato alla temperatura di 110°C, ed il suo volume impermeabile all'acqua.

-----

### RIFERIMENTI

- Raccomandazione Rilem I/2
  - UNI-CNR 10010
  - ISRM
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico espresso in  $\text{g/cm}^3$  con la seconda cifra decimale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRF6

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione della porosità totale.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della porosità totale su provini di roccia, precedentemente essiccati in forno termostato alla temperatura di 110°C, ricavata per differenza fra massa volumica reale e massa volumica apparente e riferita alla massa volumica reale.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la seconda cifra decimale.
  - Documentazione delle pesate e successiva elaborazione.
-

## POSIZIONE CRF7

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione delle caratteristiche fisiche su n.5 classi granulometriche.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del peso di volume dei granuli su circa 20 granuli di cinque differenti frazioni granulometriche (2-5, 5-10, 10-20, 20-50, 50-70 mm) mediante volumometro a mercurio.

Determinazione del coefficiente di forma, definito dal rapporto tra il volume di n. granuli ed il volume delle sfere che singolarmente li circoscrivono, su circa 20 granuli di cinque differenti frazioni granulometriche.

-----

### RIFERIMENTI

--

-----

### DOCUMENTAZIONE

- Tabelle documentanti singole determinazioni su ciascun granulo con peso di volume espresso con la seconda cifra decimale e valore medio del coefficiente di forma espresso con la quinta cifra decimale.

- Documentazione delle determinazioni effettuate.

-----

## POSIZIONE CRF8

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione della perdita in massa a 950°C.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della perdita in massa a 950°C di una roccia, ricavata per differenza fra peso umido e peso secco e riferita al peso secco, ottenuto per calcinazione in forno a muffola alla temperatura sopra citata.

-----

### RIFERIMENTI

- D.M. 03.06.68
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la seconda cifra decimale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRF9

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione del contenuto di sostanze organiche per calcinazione.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del contenuto di sostanze organiche di un campione, ricavato per differenza fra peso umido e peso secco, ottenuto per essiccamento in forno termostato alla temperatura di 600°C, a sua volta detratto dal valore in peso della perdita in massa a 110°C, il tutto riferito al peso secco.

-----

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 2974-71
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la seconda cifra decimale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRF10

-----

### DENOMINAZIONE

Determinazione delle specie ioniche su materiali silicatici e carbonatici silici: carbonati.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione, col calcimetro di Dietrich-Fruhling, dei carbonati su materiali silicatici e carbonatici silici  
precedentemente essiccati in forno a 110°C.

-----

### RIFERIMENTI

--

-----

### DOCUMENTAZIONE

- Valore percentuale espresso con la prima cifra decimale.
  - Documentazione delle letture effettuate.
-



### 2.1.3. Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce. Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico
- riferimenti
- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco delle prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce:

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
CRM1	Prova di compressione monoassiale con rilievo del solo carico di rottura;
CRM2	Prova di compressione monoassiale con rilievo delle deformazioni verticali ed orizzontali sino al carico di rottura;
CRM3	Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata, con rilevazioni delle deformazioni verticali ed orizzontali anche nella fase post-rottura;
CRM4	Prova di compressione triassiale mediante cella di Hoek con rilevazione del solo carico di rottura;
RM5	Prova di trazione indiretta "Brasiliana";
CRM6	Prova di taglio diretto su giunto, con scorrimento fino a 10.0 mm;
CRM7	Prova sclerometrica con determinazione del parametro JCS;
CRM8	Prova di microdurezza con adattatore Knoop;
CRM9	Prova di resistenza con determinazione dell'indice di "Point Load";
CRM10	Misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali;
CRM11	Prova di alterabilità con determinazione dell'indice di "Slake Durability";
CRM12	Prova di permeabilità con determinazione del coefficiente di permeabilità longitudinale K.

b) Schede prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di rocce (CRM)

## POSIZIONE CRM1

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di compressione monoassiale con rilievo del solo carico di rottura.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza ultima alla sollecitazione di compressione monoassiale su provini cilindrici rettificati aventi rapporto di snellezza L/D pari a 2. Si utilizza una pressa rigida di fondo scala adeguato e si esegue un controllo di carico applicato secondo un gradiente di 0.1 MPa/s (o misura equivalente).

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Methods for Determination of the uniaxial compressive Strength of rock materials
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
  - Valore numerico della resistenza ultima espresso alla seconda cifra decimale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM2

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di compressione monoassiale con rilievo delle deformazioni verticali ed orizzontali sino al carico di rottura.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza ultima alla sollecitazione di compressione monoassiale, del modulo di deformabilità e del coefficiente di Poisson, su provini con rapporto L/D pari a 2. Si utilizza una pressa rigida di fondo scala adeguato e si esegue un controllo di carico, applicato secondo un gradiente di 0.1 MPa/s (o misura equivalente).

Le deformazioni assiali e circonferenziali sono rilevate mediante almeno n.4 estensimetri elettrici di lunghezza adeguata incollati sul campione, due in direzione longitudinale e due circonferenziale.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Methods for Determining Deformability of Rock Materials in uniaxial compression
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
  - Valori numerici della sollecitazione ultima alla compressione, modulo di deformabilità e coefficiente di Poisson, espressi alla seconda cifra decimale.
  - Grafico sollecitazione - deformazione orizzontale.
  - Grafico sollecitazione - deformazione verticale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM3

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di compressione triassiale a velocità di deformazione controllata con rilevazione delle deformazioni verticali ed orizzontali anche nella fase post-rottura.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza ultima e residua alla sollecitazione di compressione triassiale, del modulo di deformabilità e del coefficiente di Poisson, su provini cilindrici rettificati aventi rapporto di snellezza L/D pari circa a 2 e diametro minimo di 60 mm.

Il sistema per l'applicazione del carico è composto da:

- telaio di contrasto di elevata rigidezza;
- martinetto a doppio effetto per l'applicazione del carico assiale alimentato da una centralina oleodinamica e governato da un sistema automatico per il controllo della deformazione;
- centralina oleodinamica provvista di sistema di regolazione automatico per l'applicazione del carico idrostatico.

Il sistema per il controllo della deformazione è composto da:

- n.2 trasduttori induttivi;
- un generatore di funzioni digitale che regola l'applicazione del carico in funzione della deformabilità del campione regolando il funzionamento di una servovalvola.

Le deformazioni imposte al provino a fine prova possono variare tra l'1% e il 3%.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
  - Valori numerici della resistenza ultima alla compressione, resistenza residua.
  - Modulo di deformabilità e coefficiente di Poisson espressi alla seconda cifra decimale.
  - Grafico sollecitazione deviatorica - deformazione verticale.
  - Grafico sollecitazione deviatorica - deformazione orizzontale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM4

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di compressione triassiale mediante cella di Hoek con rilevazione del solo carico di rottura.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza ultima alla sollecitazione di compressione triassiale su provini cilindrici rettificati, aventi rapporto di snellezza L/D pari circa a 2 e diametro minimo di 40 mm.

Il provino, inserito in un'apposita cella triassiale munita di doppio snodo sferico, viene posizionato fra i piatti di una pressa di fondo scala adeguato, per l'applicazione del carico assiale secondo un gradiente di 0.1 MPa/s (o misura equivalente); il carico di contenimento viene applicato tramite una pompa oleodinamica manuale.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in triaxial Compression
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
  - Valore numerico di carico di rottura espresso alla seconda cifra decimale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM5

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di trazione indiretta "Brasiliana".

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza alla trazione su provini cilindrici aventi rapporto di snellezza L/D pari a 0.75. La prova viene eseguita per compressione diametrale, interponendo tra il provino disposto longitudinalmente e i piatti della pressa due liste di cartone di larghezza pari a 1/10 del diametro del provino e spessore di circa 1 mm.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for Determining indirect Tensile Strength by the Brazil Test
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
  - Relazione matematica per il calcolo della resistenza a trazione.
  - Valore numerico di resistenza espresso alla seconda cifra decimale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM6

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di taglio diretto su giunto, con scorrimento fino a 10 mm.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del valore di resistenza al taglio, lungo un piano di discontinuità (giunto), sia di picco che residua. La prova viene eseguita su provini aventi dimensioni diametrali massime di 10 cm, inglobati in una matrice di resina epossidica e sabbia ed inseriti in una scatola di taglio in acciaio, lasciando un tratto libero nell'intorno della superficie di scorrimento per uno spessore di circa 1 cm. Viene poi applicata una sollecitazione normale alla superficie del giunto, mantenuta costante per tutta la durata della prova, ed una sollecitazione di taglio incrementata fino a provocare lo scorrimento del giunto. I carichi vengono applicati da pompe oleodinamiche manuali. Le deformazioni sono rilevate.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for Laboratory Determination of Direct Shear Strength
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico della resistenza allo scorrimento sia di picco che residua espresso alla seconda cifra decimale.
  - Grafico sforzo di taglio - spostamento orizzontale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM7

-----

### DENOMINAZIONE

Prova sclerometrica con determinazione del parametro JCS.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione, attraverso i valori medi di rimbalzo ottenuti con sclerometro, del valore della resistenza a compressione monoassiale delle supeCRFici di discontinuità (JCS) e determinazione speditiva della resistenza a compressione monoassiale della roccia.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for determination of Schmidt rebound hardness
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Tabella con i valori di rimbalzo.
  - Parametro JCS.
  - Resistenza a compressione monoassiale della roccia.
-



## POSIZIONE CRM8

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di microdurezza con adattatore Knoop.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della microdurezza superficiale della roccia.

-----

### RIFERIMENTI

- Norma UNI 9724, 6a, Ott. 1990
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Diagrammi di microdurezza.
  - Valore di microdurezza medio aritmetico delle determinazioni eseguite
  - Valori di microdurezza corrispondenti alla frequenza cumulativa del 25%, 50%, 75% delle determinazioni eseguite.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM9

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di resistenza con determinazione dell'indice di "Point Load".

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione della resistenza meccanica a carico puntuale su provini di varia forma: cilindri (Diametral Test, Axial Test), parallelepipedi o cubi ben rifiniti (Block Test), parallelepipedi o cubi irregolari (Lump Test).

Determinazione speditiva, attraverso i risultati ottenuti, della resistenza a compressione monoassiale della roccia.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for determining Point Load Strength
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Determinazione dell'indice di Point Load della roccia (kg/cm<sup>2</sup>, MPa, o misura equivalente).
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM10

-----

### DENOMINAZIONE

Misura della velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del rapporto tra la dimensione assiale di un campione ed il tempo di primo arrivo delle onde elastiche.

Apparecchiatura necessaria costituita da:

- generatore di impulsi ultrasonici;
  - due trasduttori di ceramica piezoelettrica;
  - amplificatore collegato a un oscilloscopio;
  - misuratore di intervallo di tempo ad alta risoluzione;
  - calibro digitale centesimale.
- 

### RIFERIMENTI

- ASCTM D 2845
  - ISRM Suggested Methods for Determining Sound Velocity
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del campione.
  - Valore numerico di velocità arrotondato alla decina.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM11

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di alterabilità con determinazione dell'indice di "Slake Durability".

-----

### CONTENUTO TECNICO

Valutazione di un indice convenzionale della propensione all'alterabilità della roccia per effetto di azioni meccaniche e cicli umido-secchi.

Una quantità rappresentativa del materiale (500 gr), ridotto in frammenti, viene introdotta in un tamburo a maglie fisse che compie 20 rivoluzioni al minuto per dieci minuti. Il tamburo è collocato all'interno di un contenitore riempito d'acqua sino a 20mm al di sotto dell'asse di rotazione. Il ciclo viene ripetuto 2 volte. Il tamburo ha lunghezza di 140 mm e diametro di 100 mm con maglie di 2 mm di lato. Determinazione dei limiti di Atterberg nella frazione fine.

-----

### RIFERIMENTI

- ISRM Suggested Method for Determination of the Slake-Durability Index
- 

### DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico percentuale espresso alla prima cifra decimale.
  - Natura e temperatura del fluido.
  - Descrizione del materiale prima e dopo i cicli.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

## POSIZIONE CRM12

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di permeabilità con determinazione del coefficiente di permeabilità longitudinale K.

-----

### CONTENUTO TECNICO

La prova di permeabilità determina il coefficiente di permeabilità longitudinale, il quale è funzione dell'espressione  $K = portata \times altezza / carico \text{ idraulico} \times sezione$ . Dopo aver alloggiato il provino in un permeametro in acciaio vi si applica, tramite un accumulatore idropneumatico acqua-azoto, un carico idraulico di tipo triassiale, con pressione laterale superiore alla pressione assiale. A saturazione avvenuta si misura la portata dell'acqua, verificandone la sostanziale stabilità nel tempo. E' raccomandabile l'esecuzione di più determinazioni su ciascun provino.

-----

### RIFERIMENTI

--

-----

### DOCUMENTAZIONE

- Diametro e altezza del provino.
  - Valore numerico del coefficiente di permeabilità longitudinale.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

#### **2.1.4. Prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di materiali granulari**

Di seguito sono elencate le attività di laboratorio previste per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di materiali granulari. Per ciascuna attività, individuata da un codice di posizione, è stata predisposta una scheda riassuntiva che, in forma schematica, illustra quanto segue:

- contenuto tecnico
- riferimenti
- documentazione e dati richiesti.

a) Elenco delle prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche do campioni di materiale granulare

Posizione	Descrizione dell'attività (denominazione)
GM1	Prova di compattazione Proctor Standard su materiale grossolano;
GM2	Prova di compattazione Proctor Modificato, su materiale grossolano;
GM3	Prova di permeabilità in presenza di materiale saturo.

b) Schede prove per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche di campioni di materiali granulari (GM)

## POSIZIONE GM1

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di compattazione Proctor Standard su materiale grossolano.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova per definire la compattabilità di un materiale, consuetamente denominata tipo Proctor o AASHTO Standard, eseguita con energia nominale dell'ordine di  $60 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{m}^3$  (o misura equivalente) in contenitore (mould) avente volume significativamente superiore a un litro in funzione delle dimensioni degli elementi massimi considerati; compresa la predisposizione del materiale, utilizzato nelle sue condizioni originali.

v. Posizione CTM16

-----

### RIFERIMENTI

· Posizione CTM16

-----

### DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTM16

-----

## POSIZIONE GM2

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di compattazione Proctor Modificato su materiale grossolano.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Prova per definire la compattabilità di un materiale, consuetamente denominata tipo Proctor o AASHTO Modificato, eseguita con energia nominale dell'ordine di  $270 \text{ t}\cdot\text{m}/\text{m}^3$  (o misura equivalente) in contenitore (mould) avente volume significativamente superiore a un litro in funzione delle dimensioni degli elementi massimi considerati; compresa la predisposizione del materiale, utilizzato nelle sue condizioni originali.

v. Posizione CTM17

-----

### RIFERIMENTI

· Posizione CTM17

-----

### DOCUMENTAZIONE

· v. Posizione CTM17

-----



## POSIZIONE GM3

-----

### DENOMINAZIONE

Prova di permeabilità in presenza di materiale saturo.

-----

### CONTENUTO TECNICO

Determinazione del coefficiente di permeabilità K mediante l'applicazione di una pressione differenziale tra due accumulatori idraulici collegati alle due estremità del provino e conseguente misurazione delle variazioni di livello d'acqua ad intervalli di tempo prefissati in presenza di una sollecitazione verticale costante.

Compresa la preparazione, l'assemblaggio e la saturazione del provino.

E' raccomandata l'esecuzione di più determinazioni su ciascun provino.

-----

### RIFERIMENTI

--

-----

### DOCUMENTAZIONE

- Valore numerico del coefficiente K espresso in funzione della sollecitazione applicata al campione e del carico idraulico.
  - Documentazione delle determinazioni effettuate.
-

**SEZIONE 2**

**RILIEVI E CARTOGRAFIA**

## INDICE

- 1.0 Definizioni e Classificazioni
- 2.0 Prescrizioni Tecniche per il Rilievo Aerofotogrammetrico
  - 2.1 Esecuzione dei Rilievi Aerofotogrammetrici
    - 2.1.1 Prescrizioni sulle Procedure di Controllo
  - 2.2 Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico
    - 2.2.1 Procedure di Controllo relative alla Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico
  - 2.3 Rete Geodetica di Inquadramento
    - 2.3.1 Procedure di Controllo relative alla Rete Geodetica di Inquadramento
  - 2.4 Rete di Raffittimento (solo per le scale 1:10000 e 1:5000)
  - 2.5 Punti Fotografici d'Appoggio
    - 2.5.1 Utilizzo di Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.
    - 2.5.2 Procedure di Controllo relative all' Utilizzo di Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.
  - 2.6 Punti Fotografici d'Appoggio da Triangolazione Aerea
  - 2.7 Poligonale
    - 2.7.1 Procedure di Controllo relative alla Poligonale
  - 2.8 Livellazione Geometrica di Precisione
    - 2.8.1 Procedure di Controllo relative alla Livellazione di Geometrica Precisione
  - 2.9 Livellazione Tecnica
    - 2.9.1 Procedure di Controllo relative alla Livellazione Tecnica
  - 2.10 Restituzione dei Fotogrammi ed Approntamento della Minuta di Restituzione

- 2.11 Ricognizione ed Integrazione della Minuta di Restituzione con Operazioni a Terra
- 2.12 Procedure di Controllo relative ai Fogli Cartografici
  - 2.12.1 Controllo Planimetrico
  - 2.12.2 Controllo Altimetrico
- 3.0 Prescrizioni Tecniche per il Rilievo Celerimetrico
  - 3.1 Rilievo per Sezioni Trasversali
  - 3.2 Procedure di Controllo relative al Rilievo Celerimetrico
- 4.0 Prescrizioni Tecniche per la “Rasterizzazione” e “Digitalizzazione” delle Mappe
  - 4.1 Acquisizione e Georeferenziazione delle Immagini “Raster” di Mappe
  - 4.2 Ordinamento delle Immagini “Raster”
  - 4.3 Inserimento delle Quote ed Organizzazione delle Entità Cartografiche
- 5.0 Prescrizioni Tecniche per la Redazione degli Elaborati
  - 5.1 File Dati
    - 5.1.1 File “DWG”
    - 5.1.2 File “TXT”
      - 5.1.2.1 Rilievo “Tradizionale”
      - 5.1.2.2 Rilievo per Sezioni Trasversali
    - 5.1.3 File “DAT”
  - 5.2 Prescrizioni Tecniche per la Codifica della Cartografia Numerica
    - 5.2.1 Classi Cartografiche per la scala 1:10000
    - 5.2.2 Classi Cartografiche per la scala 1:5000
    - 5.2.3 Classi Cartografiche per la scala 1:2000
    - 5.2.4 Classi Cartografiche per la scala 1:1000

- 5.3 Prescrizioni Tecniche per la Rappresentazione Grafica della Cartografia Numerica
- 6.0 Prescrizioni Tecniche per la Consegna degli Elaborati
  - 6.1 Programmazione dei lavori
  - 6.2 Volo e Presa Aerofotogrammetrica
  - 6.3 Rete di Inquadramento
  - 6.4 Rete di Raffittimento
  - 6.5 Punti Fotografici di Appoggio
    - 6.5.1 Punti da Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.
  - 6.6 Punti Fotografici da Triangolazione Aerea
  - 6.7 Poligonale
  - 6.8 Livellazione di Precisione
  - 6.9 Livellazione Tecnica
  - 6.10 Restituzione
  - 6.11 Fogli Cartografici
  - 6.12 Rilievo Celerimetrico e per Sezioni Trasversali
  - 6.13 File "Raster"

### **1.0 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"

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 Lavori si riserva la facoltà di effettuare le verifiche in corso d'opera sulla base delle prescrizioni contenute nel presente Capitolato.

## **2.0 Prescrizioni Tecniche per il Rilievo Aerofotogrammetrico**

### **2.1 Esecuzione dei Rilievi Aerofotogrammetrici**

Premesso che l'Appaltatore dovrà provvedere all'espletamento di tutti gli adempimenti amministrativi, quali autorizzazioni delle Autorità Militari 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 Lavori il diagramma di Gant relativo alle fasi descritte in precedenza per garantire una adeguata programmazione delle attività (rif. cap.6).

L'Appaltatore è comunque tenuto a notificare tempestivamente alla Direzione Lavori 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 dei Lavori 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.

I rilievi angolari dovranno essere eseguiti con teodolite di precisione tale da consentire una lettura diretta di almeno due secondi centesimali; quelli lineari con distanziometro elettronico o tellurometro aventi una precisione non inferiore ad un errore quadratico medio di  $\pm (5 + 10^{-5} \times D)$  mm, ove D è la distanza misurata in km.

I rilievi potranno essere eseguiti, previa autorizzazione della Direzione Lavori, anche con stazioni di rilevamento totale ("Total Station") la cui precisione sia non inferiore a quella precedentemente definita.

Sono comunque da preferire gli strumenti forniti di sistema di lettura diametrale al cerchio orizzontale e di indice (o compensatore) verticale automatico.

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 Lavori 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 (esprese in metri) e la quarta cifra decimale per le misure angolari (esprese 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 Lavori 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 Lavori 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**

Prima di procedere alla ripresa aerea l'Appaltatore provvederà a redigere il progetto di volo tenendo conto che.

- 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  $5\mu$ ,
- il valore massimo della distorsione non superi i  $10\mu$ ,
- il potere separatore dell'obiettivo non sia inferiore a 40 righe/mm entro il 50% della zona fotografata.

Dovranno anche essere riportati i valori delle distanze fra le marche di riferimento allo scopo di poter valutare la deformazione della pellicola in due direzioni perpendicolari;

- le quote relative di volo e la scala media dei fotogrammi dovranno essere compresi nei valori, della seguente tabella:

SCALA CARTOGRAFICA	SCALA MEDIA FOTOGRAMMI	QUOTA RELATIVA DI VOLO
1:1000	1:3500 ÷ 1:5000	530 ÷ 750
1:2000	1:7000 ÷ 1:9000	1050 ÷ 1350
1:5000	1:12000 ÷ 1:16000	1800 ÷ 2400
1:10000	1:18000 ÷ 1:25000	2700 ÷ 3750

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

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

- i voli dovranno essere eseguiti per strisciate parallele per quanto possibile, rettilinee ed a quota costante.  
Le variazioni accidentali di sbandamento e di deriva tra un fotogramma e il successivo dovranno essere inferiori rispettivamente a 5 gradi e a 1,5/10 del formato della lastra; comunque tre valori angolari di orientamento di un fotogramma non devono superare i 5 gradi;
- i fotogrammi lungo le strisciate dovranno avere un ricoprimento longitudinale del 60% con oscillazioni comprese entro il  $\pm 5\%$ ; le strisciate parallele dovranno ricoprirsi trasversalmente fra loro per un'estesa compresa tra il 20% ed il 30%.  
Quando il terreno è molto accidentato il ricoprimento longitudinale potrà essere anche maggiore ma comunque in nessun caso dovrà superare il 70%.  
Non dovranno esistere soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica del territorio.
- i voli saranno eseguiti di norma nelle ore a cavallo del mezzogiorno e con altezza dei raggi solari non inferiore a 35 gradi. I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e privi di nubi. Le riprese dovranno essere fatte in modo da assicurare la massima visibilità del suolo.

- il materiale fotografico da usarsi dovrà essere delle migliori qualità in commercio. In particolare il supporto dovrà avere le migliori caratteristiche di indeformabilità (ad es. estar, policarbonato, tereftalato di polietilene); le qualità di finezza della grana e sensibilità della pellicola (15÷22 DIN) dovranno essere ottimali per i voli fotogrammetrici. Il contrasto dovrà avere un valore compreso fra 1 e 1,5.
- per le riprese aerofotogrammetriche eseguite con pellicole a colori, lo sviluppo deve essere realizzato con l'impiego di macchina automatica continua.

Il progetto di volo, da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori, sarà redatto su carta elioriproducibile in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata (rif. cap.6).

Esso sarà corredato da due copie eliografiche 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 quattro anni (rif. cap.6).

Prima dell'esecuzione del volo l'Appaltatore dovrà posizionare a terra i segnali ed i capisaldi di riferimento in numero sufficiente ad ottenere l'esatto ripristino dell'orientamento esterno. Tali segnali dovranno essere posizionati all'interno della spezzata congiungente i punti di riferimento perimetrali del rilievo in modo da rendere possibile il tracciamento delle planimetrie utilizzando esclusivamente la porzione dei fotogrammi interna alla medesima spezzata.

Dopo l'esecuzione del volo, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori 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 Lavori.

Al termine dei lavori, l'Appaltatore è tenuto a consegnare: la copia su carta bromuro lucida, mat o semi-mat, di tutti i fotogrammi con i dati di ripresa e l'indicazione sul retro degli estremi di autorizzazione alla diffusione delle Autorità competenti; la copia diapositiva di tutti i fotogrammi su materiale indeformabile trasparente (poliestere) adatto alla restituzione; i documenti che specifichino la qualità del materiale fotografico usato (sensibilità, contrasto, grana, indice di risoluzione, ecc.) e la data di scadenza (rif. cap.6).

### **2.2.1 Procedure di Controllo relative alla Presa Aerofotogrammetrica ed Approntamento del Materiale Fotografico**

Ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione Lavori 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 Lavori, 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.

### **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.

Nel caso che nella zona interessata dai rilievi non esistano vertici di I, II e III ordine, previa comunicazione scritta dell'Appaltatore, potrà essere eccezionalmente consentita dalla Direzione Lavori, per l'appoggio delle cartografie, l'utilizzazione di punti trigonometrici I.G.M.I. di IV ordine, purché determinati posteriormente all'anno 1942, oppure vertici della rete catastale o della rete costiera dell'Istituto Idrografico Militare, purché rispondano ai requisiti, prescritti più avanti, per i vertici trigonometrici.

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 Lavori 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 10.

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 Lavori 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 (solo per le scale 1:10000 e 1:5000)**

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, insieme ai vertici di I, II e III ordine I.G.M.I. ed a quelli del IV ordine eventualmente utilizzati, di individuare un punto ogni:

- 2,5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:5000,

- 5 chilometri quadrati di superficie per la scala 1:10000.

Pertanto l'Appaltatore redigerà un progetto di rete di raffittimento che sottoporrà alla preventiva approvazione della Direzione Lavori unitamente agli schemi operativi (rif. Cap.6). Tali operazioni non saranno effettuate soltanto se esiste una precedente rete di raffittimento eseguita dalla Direzione Lavori; in tal caso la Direzione Lavori 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.

I vertici della rete di raffittimento verranno determinati mediante intersezione multipla in avanti, collimandoli da almeno 4 punti di ordine superiore, in modo da ottenere tre triangoli aventi, a due a due, un lato in comune. Almeno due dei triangoli predetti non dovranno essere sovrapposti, bensì giacere da bande opposte rispetto al lato comune.

Non sarà considerato come terzo triangolo quello le cui visuali al punto siano state ambedue adoperate nei due triangoli precedenti. Un tale triangolo potrà servire solo come controllo per il calcolo. Eccezionalmente, la collimazione di alcuni punti della rete di raffittimento potrà essere effettuata soltanto da 3 punti di ordine superiore, riducendosi così a due i relativi triangoli, purché non sovrapposti; in tal caso dovrà calcolarsi il terzo triangolo di controllo, se sufficientemente ben conformato.

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

Quando non è possibile procedere all'intersezione multipla in avanti, alcuni punti dovranno essere determinati nei seguenti modi:

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

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 (rif. Cap.6).

## **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 Lavori, 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 1:2000 o 1:1000 e con le norme stabilite per la livellazione tecnica se la restituzione è in scala 1:5000 o 1:10000.

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).

### **2.5.1 Utilizzo di Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.**

Per la fase di determinazione della rete di raffittimento e di appoggio è consentito l'impiego di apparati di radiolocalizzazione G.P.S. 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 Lavori
- 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 Lavori, 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 Lavori 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 Lavori.

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

- 1) risultanze derivanti dalle “doppie” e “triple” differenze
- 2) la misura della “baseline” congiungente le due stazioni di osservazione, il relativo s.q.m. e la “ratio”
- 3) le differenze di latitudine, longitudine e quota sull'ellissoide WGS84 fra gli estremi della base
- 4) le coordinate latitudine, longitudine e quota di ciascun estremo della “baseline” ottenuti con le misure di “pseudorange”
- 5) l'azimut e l'elenco dei “bias” risolti

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

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

Le successive fasi prevedono:

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

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

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

#### **2.5.2 Procedure di Controllo relative all' Utilizzo di Apparat di Radiolocalizzazione G.P.S.**

Ad ultimazione delle attività previste per questa fase la Direzione Lavori 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 Lavori 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 Lavori deciderà la rimozione dei vincoli di "fissità" dei punti IGM95 utilizzati.

#### **2.6 Punti Fotografici d'Appoggio da Triangolazione Aerea**

Per la determinazione delle coordinate dei punti fotografici è consentito il ricorso alla triangolazione aerea soltanto per le restituzioni in scala 1:10000 purché vengano rispettate le predette tolleranze.

Il metodo e le norme di esecuzione saranno concordati con la Direzione Lavori 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 Lavori
- 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 (rif.cap.6).

## **2.7 Poligonale**

Per la poligonale planoaltimetrica a lati lunghi che potrà essere disposta dalla Direzione Lavori 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

Lavori. 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.

Per la poligonale planimetrica a lati corti, di norma 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 di norma 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.

### 2.7.1 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: $\Delta\alpha$	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
$\Delta l$	=	errore di chiusura lineare espresso in metri
n	=	numero dei vertici della poligonale
l	=	lunghezza dei lati espressa in metri
$\Sigma l$	=	somma dei lati della poligonale espressa in metri

- Criterio di verifica:

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

$$|\Delta\alpha| \leq 0^{\circ},0030 \sqrt{n}$$

$$|\Delta l| \leq [0,002 \sqrt{\Sigma l} + 0,0001 (\Sigma l) + 0,005]$$

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

Posto:

$\Delta\alpha$	=	errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali
rl	=	rapporto di accuratezza lineare
n	=	numero dei vertici della poligonale

$\Sigma l$  = somma dei lati della poligonale espressa in metri

$\Delta E$  e  $\Delta N$  = 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:

$$|\Delta\alpha| \leq 0^{\circ},0020 \sqrt{n}$$

$$rl = \frac{\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}}{\Sigma l} \leq \frac{1}{A}$$

- 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:

$$|\Delta\alpha| \leq 0^{\circ},0030 \sqrt{n}$$

$$|\Delta l| \leq [0,002 \sqrt{\Sigma l} + 0,0001 (\Sigma l) + 0,005]$$

$$|\Delta z| \leq 40 \sqrt{D}$$

dove:

n = numero dei vertici

$\Delta\alpha$  = errore di chiusura angolare espresso in gradi centesimali

$\Delta l$  = errore di chiusura lineare espresso in metri

$\Delta z$  = errore di chiusura altimetrico espresso in mm

l = lunghezza dei lati espressa in metri

D = distanza in km.

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

## 2.8 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 50 metri.

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

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 avere: 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 Lavori lo richiederà espressamente.

Le coppie di stadie dovranno avere: graduazione "centimetrata" o "mezzocentimetrata" su nastro di acciaio sottoposto a tensione costante, lunghezza in un sol 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 (rif. cap.6).

### **2.8.1 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  $\pm 6\sqrt{D}$  mm

nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare  $\pm 3,5\sqrt{D}$  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.

## **2.9 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 (rif. cap.6).

### **2.9.1 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  $\pm 18\sqrt{D}$  mm

nel caso di linea di livellazione chiusa, l'errore di chiusura non dovrà superare  $\pm 13\sqrt{D}$  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 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) e verrà disegnata di norma per le scale 1:5000 e 1:10000 con coordinate Gauss-Boaga e per le scale 1:1000 e 1:2000 con coordinate "rettilinee".

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

La Direzione Lavori 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 Lavori ed i documenti originali debbono essere trasmessi alla Direzione Lavori.

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  $4\mu$ ,
  - per la restituzione in scala 1:5000 e 1:10000 entro  $7\mu$ ;
- 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 precedentemente 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 Lavori al termine della presente fase di lavoro.

La restituzione cartografica dovrà essere eseguita su un supporto indeformabile come prescritto nei punti successivi.

L'Appaltatore è tenuto a permettere l'accesso di un incarico della Direzione Lavori 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 Lavori 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 Lavori.

Le curve di livello saranno distinte in:

- direttrici
- ordinarie
- ausiliarie

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 pendenza tra curva e curva).

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

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

Qualora la copertura sia eccezionalmente intensa e continua, tanto che la prassi indicata non risulti applicabile, verrà omissa 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 5.0 "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
- 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
- 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 delle piattaforme stradali rilevate mediante livellazione geometrica di precisione ogni 20 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 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 1:1000 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 (rif. cap.6).

## **2.11 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, tramite stampa ad inchiostro nero su foglio di plastica indeformabile trasparente "l'originale di restituzione", che dovrà essere nitido e preciso.

"L'indeformabile" non dovrà presentare variazioni maggiori di mezzo decimo di millimetro per metro per variazioni di temperatura di 20 gradi centigradi e due centesimi di millimetro per metro in corrispondenza di forti variazioni di umidità relativa.

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.

## **2.12 Procedure di Controllo relative ai Fogli Cartografici**

La Direzione Lavori sottoporrà a controllo, in campagna, i rilievi eseguiti, scegliendo a suo insindacabile giudizio le zone da controllare sia per ubicazione che per estensione. Per l'esecuzione di detti controlli, l'Appaltatore fornirà la mano d'opera ausiliaria necessaria e una autovettura con autista, attrezzata per il trasporto degli strumenti e del personale addetto ai controlli.

### **2.12.1 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:

$$\sqrt{[S(N'p - Np)]^2 + [S(E'p - Ep)]^2} \leq 0,4\text{mm}$$

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.

### **2.12.2 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:

$\pm m 0,08$  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 risultanti 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 30 per la scala 1:1000  
± cm 50 per la scala 1:2000  
± cm 120 per la scala 1:5000  
± cm 200 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 0,15 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 su carta lucida.

- 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 Lavori 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.

### 3.0 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 500 m (se in numero >1)
- siano reciprocamente visibili (se in numero >1)
- ne siano note le coordinate Est, Nord
- 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

Nel caso in cui le coordinate Est, Nord dei punti di stazione non siano note, occorre materializzarne la posizione con i seguenti metodi:

- sul terreno: mediante un tondino di ferro infisso in modo che ne sporgano 5 cm e verniciato in colore intenso
- sui manufatti esistenti o su roccia: mediante centrini metallici murati, ovvero tramite chiodi sparati nel caso di manufatti in calcestruzzo

Per ogni punto di stazione va redatta una monografia (rif. cap.6).

Gli strumenti previsti sono:

Strumento	Precisione minima	Note
Teodolite	1 secondo centesimale (misure angolari)	Dotati preferibilmente di indice o compensatore verticale automatico e sistema di lettura diametrale al cerchio orizzontale e di asta telescopica millimetrata solidale allo strumento mediante vite di bloccaggio per determinazione altezza strumentale
Distanziometro elettronico	$5 \pm 5 \times 10^{-6} \times D$	D è la distanza espressa in km

Le stazioni totali sono ammesse, a condizione che abbiano prestazioni in accordo alle prescrizioni sopracitate.

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

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

La determinazione delle coordinate planimetriche prevede il collegamento a un insieme di punti a coordinate note tramite una delle seguenti procedure:

Caso 1: determinazione delle coordinate planimetriche

I metodi previsti sono i seguenti:

- a) intersezione multipla in avanti a partire da 3 punti di coordinate note
- b) metodo del vertice di piramide, collimando a 4 punti di coordinate note
- c) realizzando una poligonale a lati corti tra punti di coordinate note in cui i punti di stazione coincidano completamente o in parte con i vertici della poligonale

Per il caso (c) si prescrive che i punti di riferimento siano scelti fra le seguenti classi:

- vertici trigonometrici I.G.M.I.
- vertici della rete di inquadramento e di raffittimento ottenuti da precedenti rilievi aerofotogrammetrici effettuati per la Direzione Lavori

Per i metodi (a), (b), (c) si prescrive che i dati ricavati per le coordinate planimetriche dei punti di stazione vengano ricalcolati mediante una procedura analitica di compensazione ed, eventualmente, utilizzando i metodi previsti dalla teoria degli errori.

Caso 2: determinazione delle coordinate altimetriche

I metodi previsti sono i seguenti:

- a) livellazione trigonometrica da uno estremo utilizzando gli stessi punti individuati per la determinazione delle coordinate planimetriche
- b) livellazione trigonometrica da un estremo utilizzando 3 capisaldi di precisione (della rete I.G.M.I.)

In entrambi i casi si prescrive che la distanza non superi 500 m. Qualora questa condizione non sia verificata dovrà essere inserito un punto di stazione in una livellazione di precisione dal mezzo, che abbia inizio e termine su di un caposaldo (tra due capisaldi oppure chiusa su di uno solo).

Gli angoli azimutali vanno determinati col metodo degli strati eseguendo da ogni punto di stazione almeno 4 strati di lettura; i risultati ottenuti saranno mediabili se le differenze tra i loro valori non superano i 20 secondi centesimali.

I valori delle distanze orizzontali e dei dislivelli saranno mediabili qualora gli angoli zenitali non differiscano tra loro più di 20 secondi centesimali.

Le condizioni atmosferiche al momento dei rilievi devono essere tali da presentare adeguati valori di temperatura, pressione ed umidità relativa, che vanno registrati nella relazione di accompagnamento (rif. cap.6). Il distanziometro elettronico dovrà essere tarato in funzione dei valori assunti da tali grandezze.

La scelta dei punti da rilevare è soggetta alle seguenti prescrizioni:

- devono essere in numero sufficiente da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno che sia superiore a  $N/10$  cm, dove N è il denominatore della scala di restituzione
- deve essere individuata la posizione di ogni manufatto o rete infrastrutturale esistente
- devono essere individuate le linee di confine tra proprietà differenti, essenze arboree isolate o in gruppo
- in corrispondenza di strade esistenti andranno rilevati tutti i punti idonei a definire l'andamento planoaltimetrico degli assi e delle piattaforme

Il rilievo deve essere effettuato in coordinate polari (distanza, angolo di direzione, angolo zenitale, dislivello) a partire da ogni punto di stazione per i punti la cui distanza dal punto di stazione non superi i 500 m, collimando al prisma ed effettuando una singola lettura per ciascuna delle grandezze. La restituzione cartografica avverrà dopo la trasformazione in coordinate cartesiane.

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

Per ciascun punto rilevato vanno registrati su opportuno supporto cartaceo (quaderno di campagna) o magnetico (nastro magnetico, floppy disk, ...) i valori delle grandezze necessarie e sufficienti a determinare la posizione planoaltimetrica relativa al punto di stazione.

Il piano quotato ottenuto va rappresentato planimetricamente su supporto indeformabile (rif. cap.6) insieme alle curve di livello calcolate, con la condizione di mantenere l'indicazione grafica di tutti i punti rilevati.

Le curve di livello saranno distinte in:

- direttrici [equidistanza =  $1/100 \times Denscala$  m], disegnate con linea continua marcata
- ordinarie [equidistanza =  $1/500 \times Denscala$  m], disegnate con linea continua normale
- ausiliarie [equidistanza =  $1/1000 \times Denscala$  m], disegnate con linea sottile a tratti

Dove *Denscala* è il denominatore della scala di rappresentazione.

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).

Per ciò che concerne le prescrizioni riguardanti il tracciamento delle curve di livello e la densità dei punti quotati valgono le disposizioni previste al par.2.10 ("Restituzione dei Fotogrammi ed Approntamento della Minuta di Restituzione"), in particolare facendo riferimento alle planimetrie in scala 1:1000. Riguardo agli standard grafici, valgono le considerazioni di cui al par.5.4 ("Prescrizioni Tecniche per la Rappresentazione Grafica della Cartografia Numerica") per il caso di scala 1:1000.

L'Appaltatore dovrà rilevare la toponomastica dei luoghi da documentazione esistente ovvero da informazioni dirette, nonché le informazioni relative ai confini amministrativi, e riportare tali informazioni sulla cartografia approntata. E' inoltre prevista la restituzione dei percorsi sotterranei di linee di adduzione o smaltimento e di eventuali manufatti di servizio.

### **3.1 Rilievo per Sezioni Trasversali**

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

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

La loro posizione verrà materializzata sul terreno tramite tondini di ferro posti alle estremità delle sezioni stesse. 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.

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 ferroviaria in progetto o del terreno rilevato. Tali sezioni andranno memorizzate su supporto ottico o magnetico, in formato DWG e ASCII (rif. cap.6.0).

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

### **3.2 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:  $|T_P| \leq 20 \text{ cm}$

Per la scala 1:200:  $|T_P| \leq 10 \text{ cm}$

dove  $T_P$  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:  $|T_A| \leq 5 \text{ cm}$

Per la scala 1:200:  $|T_A| \leq 2 \text{ cm}$

dove  $T_A$  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.



**4.0 Prescrizioni Tecniche per la “Rasterizzazione” e “Digitalizzazione” delle Mappe**  
La “rasterizzazione” e “digitalizzazione” delle mappe dovrà essere eseguita in base alle prescrizioni contenute nei paragrafi seguenti.

**4.1 Acquisizione e Georeferenziazione delle Immagini “Raster” di Mappe**

I fogli cartografici dovranno essere convertiti in immagini “raster” in formato TIFF (TIF, BMP o WMF) con una risoluzione minima di 300 DPI.

I file “raster” dovranno essere completamente leggibili ed esenti da qualunque difetto generato dal processo di acquisizione dati.

I nomi dei file “raster” dovranno essere composti da 8 caratteri, mentre l'estensione (3 caratteri) dovrà indicare il formato: tipo TIF, BMP o WMF.

Gli otto caratteri del nome dovranno essere suddivisi come segue:

- i caratteri da 1 a 4 compreso saranno riservati alla descrizione del contenuto del file;
- i caratteri 5 e 6 indicheranno il numero del foglio;
- il settimo carattere sarà destinato allo stato di “rasterizzazione” (A = “raster” acquisito, G = “raster” georeferenziato, N = “raster” inquadrato);
- l'ottavo carattere sarà riservato alla scala di rappresentazione in base alla convenzione descritta nella successiva tabella:

A	=	100000
B	=	50000
C	=	25000
D	=	10000
E	=	5000
F	=	2000
G	=	1000
H	=	500
I	=	200

Le immagini “raster” acquisite, contenenti la sola parte cartografica, dovranno essere posizionate ed orientate rispetto al sistema di coordinate indicato sulle copie cartacee delle cartografie. Il file “raster” georeferenziato dovrà quindi essere calibrato sui quattro vertici dell'immagine.

**4.2 Ordinamento delle Immagini “Raster”**

I singoli file contenenti le immagini “raster” georeferenziate e calibrate saranno uniti fra loro ed ordinati in base alle indicazioni della Direzione Lavori. Ogni file dovrà contenere lo schema del quadro d'insieme dei fogli cartografici risultanti dal montaggio delle immagini con l'evidenziazione del foglio stesso.

#### **4.3 Inserimento delle Quote ed Organizzazione delle Entità Cartografiche**

Sui fogli cartografici risultanti dal montaggio delle immagini “raster” dovranno essere inserite le quote degli elementi planimetrici e si dovranno organizzare le entità cartografiche.

Il risultato di queste attività sarà un file di disegno tridimensionale in formato DWG le cui impostazioni generali sono descritte come segue:

- 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

Le entità cartografiche principali da catalogare tramite la “digitalizzazione” sono:

VIABILITA' PRINCIPALE  
VIABILITA' SECONDARIA  
FERROVIE  
CONFINI AMMINISTRATIVI  
TOPOGRAFIA  
OROGRAFIA  
IDROGRAFIA  
FABBRICATI  
OPERE PARTICOLARI  
MURI  
CONDOTTE  
VEGETAZIONE  
RECINZIONI  
TOPONOMASTICA

Le entità cartografiche dovranno essere suddivise, all'interno del file in formato DWG, in livelli secondo quanto indicato nei successivi paragrafi 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4 in funzione della scala delle mappe di partenza su supporto cartaceo.

Ogni foglio cartografico dovrà inoltre contenere la parametratura e l'indicazione delle coordinate (Est, Nord) dei quattro estremi della porzione di cartografia rappresentata.

## **5.0 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.

### **5.1 File Dati**

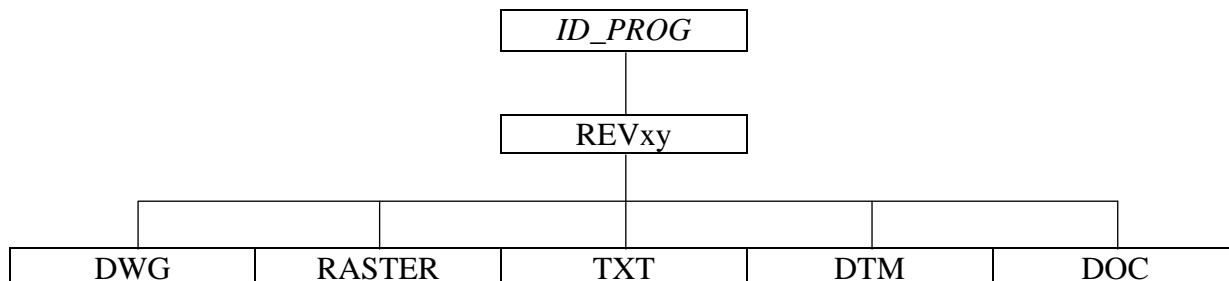
I file della restituzione numerica devono essere consegnati nei seguenti formati:

- formato ASCII, descritto al par.5.1.2
- formato "DWG" - AutoCad R12, descritto al par.5.1.1

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:



Dove:

- **ID\_PROG** è un codice alfanumerico identificativo del progetto per il quale la cartografia è stata richiesta (lunghezza massima 8 caratteri)
- **REV<sub>xy</sub>** 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

### 5.1.1 File “DWG”

I nomi dei file in formato “DWG” e i nomi dei livelli in essi contenuti seguiranno la convenzione prevista nel par. 5.2.

In particolare, i nomi dei file con estensione “DWG” contengono l'informazione della *IdClasseGen.* (rif. par.5.2), 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:  $0 \Rightarrow$  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 al par. 5.2 creando un file “.DWG” per ciascun “blocco” ed il file “.LIN” contenente esclusivamente le informazioni dei “tipi linea” previsti nel par. 5.2; il formato di riferimento per tali file è “AutoCad R12

### 5.1.2 File “TXT”

I nomi dei file con estensione “TXT” sono individuati nel par. 5.2, e contengono l'informazione della *IdClasseGen.* (rif. par.5.2), 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.

### 5.1.2.1 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*, descritto par. 5.2.

**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
<i>L</i>	Entità lineare 3D
<i>P</i>	Entità puntuale 3D
<i>T</i>	Testo/toponimi
<i>C</i>	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) descritto al par. 5.2.

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).

### **5.1.2.2 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 Lavori.

**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 Lavori: 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)

<b>Tipo Informazione</b>	<b>Colonne</b>
--------------------------	----------------

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).

### 5.1.3 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:

```

##### |##### |#####
##### |##### |#####
    
```

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

```

#####
#####
#####
#####
#####
    
```

- 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)

#####	#####	#####
		#####
		#####
	#####	
	#####  #####	##
	#####  #####	##

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

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

i.e.:

```

XXXXXXXXXX  XXXXXXXXXXXX  XXXX  XXX  XXXXX
  XXXXXXXX  XX  XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
    XXXX  XXX  XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
  XXXXXXXX  XX  XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
    
```

- 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.

XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXX
X	XXXXXXXXXXXX	X
X	XXXXXX XXX XXXXXXX	XX
X	XXXX XXX XXX XXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXX	XX

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

```

XXXXXXXXXX  XXXXXXXXXXXX  XXXX  XXX  XXXXX
  XXXXXXXX  XX  XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
    XXXX  XXX  XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
  XXXXXXXX  XX  XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
    
```

- 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.

XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXX
X	XXXXXX XXX XXXXXXX	XX
X	XXXX XXX XXX XXXXXXXXXXXXXXX XXX XXXXXXX	XX

Il contenuto dei campi è allineato a destra.

i.e.:

oooooooooooo	oooo ooo ooooo
oo	oooooooooooooooooooooooooooooooooooo
ooo	oooooooooooooooooooooooooooo
oo	oooooooooooooooooooooooooooooooooooo

## 5.2 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 Lavori.

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

*FxyIdClasseGen.DWG*

*FxyIdClasseGen.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 nel par.5.2 e *Scala* è un numero intero che concide 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-nfn.TXT*

Dove:

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

*nfn* è il numero (intero a 3 cifre) relativo alla ultima sezione contenuta nel file “.TXT”

Per le sezioni trasversali l'identificativo *IdClasseGen* è “SEZIONIX”.

La nomenclatura prevista per i file “Raster” è quella descritta al par. 4.1.

### 5.2.1 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_g	polilinea	id040d
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045d
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050d
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	punto/blocco	id055d
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	punto/blocco	id060d
palude	paludi	polilinea	id065d
costa mare	coste_mare	polilinea	id070d
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075d

FABBRICATI (1:10000)

IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010d
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015d
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020d
rudere	ruderi	polilinea	fa025d
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030d
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035d
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040d
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045d
chiesa	chiese	polilinea	fa050d
campanile	campanili	polilinea	fa055d
torre	torri	polilinea	fa060d
serra	serre	polilinea	fa065d
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070d
silos	silos	polilinea	fa075d
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080d
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085d
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090d
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095d
baracca	baracche	polilinea	fa100d

OPERE PARTICOLARI (1:10000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010d
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015d
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020d
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025d
stazione di servizio	stazioni_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_fs	punto/stringa	no020d
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030d
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040d
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050d
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060d
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070d
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080d
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090d
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100d
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110d

DTM (1:10000)  
 IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010d
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015d
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025d
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030d
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045d
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050d
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	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).

### 5.2.2 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_regione	polilinea	ca020e
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025e
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030e
limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040e
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050e
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060e



TOPOGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = topo0

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

OROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = orog0

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

IDROGRAFIA (1:5000)

IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010e
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015e
fosso	fossi	polilinea	id020e
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025e
canale	canali	polilinea	id030e
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
canale sotterraneo	canali_g	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
baracca	baracche	polilinea	fa100e

OPERE PARTICOLARI (1:5000)  
 IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e
stazione di servizio	stazioni_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
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070e
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075e
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080e
sentiero	sentieri	polilinea	vi085e
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090e
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095e
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100e
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110e
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010e
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030e
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040e
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060e
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070e
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010e
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020e
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030e
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040e
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050e
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060e
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010e
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015e
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020e
curva di livello direttrice (25 m)	curve_dir_25	polilinea	or025e
curva di livello ordinaria (5 m)	curve_ord_10	polilinea	or030e
curva di livello ausiliaria (2,5 m)	punto_aus_2	polilinea	or035e
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010e
fosso	fossi	polilinea	id020e
canale	canali	polilinea	id030e
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035e
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045e
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050e
palude	paludi	polilinea	id065e
costa mare	coste_mare	polilinea	id070e
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075e
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010e
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015e
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020e
rudere	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
baracca	baracche	polilinea	fa100e
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010e
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015e
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020e
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025e
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035e
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040e
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010e
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020e
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030e
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040e

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

### 5.2.3 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_g	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	ciminiera	polilinea	fa080f
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f

edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
baracca	baracche	polilinea	fa100f

OPERE PARTICOLARI (1:2000)

IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f
traliccio	tralicci	polilinea	op050f
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055f
serbatoio	serbatoi	polilinea	op060f
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065f

MURI (1:2000)

IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

CONDOTTE (1:2000)

IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010f
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015f
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020f
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025f
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030f

oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035f
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040f
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045f
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050f
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055f
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060f
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065f

VEGETAZIONE (1:2000)

IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010f
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020f
frutteto	frutteti	polilinea	ve030f
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040f
oliveto	oliveti	polilinea	ve050f
vigneto	vigneti	polilinea	ve060f
risaia	risaie	polilinea	ve070f
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080f
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090f

RECINZIONI (1:2000)

IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010f
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020f
cancello	cancelli	polilinea	re030f
siepe	siepi	polilinea	re040f

TOPONOMASTICA (1:2000)

IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010f
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020f
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030f

topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040f
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050f
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060f
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070f
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080f
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090f
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100f
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110f

DTM (1:2000)  
 IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	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 IGM	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f

caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015f
fosso	fossi	polilinea	id020f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f
diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055f
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060f
palude	paludi	polilinea	id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
rudere	ruderi	polilinea	fa025f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
serra	serre	polilinea	fa065f
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos	silos	polilinea	fa075f
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
baracca	baracche	polilinea	fa100f
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065f
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f

muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

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

#### 5.2.4 Classi Cartografiche per la scala 1:1000

Le classi rappresentabili per la cartografia in scala 1:1000 sono le seguenti:

VIABILITA' PRINCIPALE  
VIABILITA' SECONDARIA  
FERROVIE  
CONFINI AMMINISTRATIVI  
TOPOGRAFIA  
OROGRAFIA  
IDROGRAFIA  
FABBRICATI  
OPERE PARTICOLARI  
MURI  
CONDOTTE  
VEGETAZIONE  
RECINZIONI  
TOPONOMASTICA  
DTM

#### VIABILITA' PRINCIPALE (1:1000) IdClasseGen = viap0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010g
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015g
autostrada in galleria	autostrade_g	polilinea	vi020g
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025g
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030g
strada statale in galleria	strade_statali_g	polilinea	vi035g
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040g
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045g
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050g
strada asfaltata in galleria	strade_asfaltate_g	polilinea	vi055g
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060g
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065g

ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070g
---	----------------	-----------	--------

VIABILITA' SECONDARIA (1:1000)

IdClasseGen = vias0

descrizione	livello	entità	IdClasse
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075g
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080g
sentiero	sentieri	polilinea	vi085g
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090g
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095g
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100g
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110g
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115g

FERROVIE (1:1000)

IdClasseGen = ferr0

descrizione	livello	entità	IdClasse
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010g
linea ferroviaria 2b in galleria	ferrovie_2b_g	polilinea	fs020g
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030g
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040g
linea ferroviaria 1b in galleria	ferrovie_1b_g	polilinea	fs050g
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060g
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070g
passaggio a livello	pass_liv_fs	polilinea	fs080g
banchina	banchine	polilinea	fs085g

CONFINI AMMINISTRATIVI (1:1000)

IdClasseGen = coam0

descrizione	livello	entità	IdClasse
limite di Stato	limiti_stato	polilinea	ca010g
limite di Regione	limiti_regione	polilinea	ca020g
limite di Provincia	limiti_provincia	polilinea	ca025g
limite di Comune	limiti_comune	polilinea	ca030g

limite di zona archeologica	limiti_archeo	polilinea	ca040g
limite di parco nazionale	limiti_parco	polilinea	ca050g
limite compartimentale ANAS	limiti_anas	polilinea	ca060g

TOPOGRAFIA (1:1000)  
 IdClasseGen = topo0

descrizione	livello	entità	IdClasse
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010g
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020g
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030g
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040g
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050g
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060g

OROGRAFIA (1:1000)  
 IdClasseGen = orog0

descrizione	livello	entità	IdClasse
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/blocco	or010g
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015g
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020g
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025g
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030g
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035g

IDROGRAFIA (1:1000)  
 IdClasseGen = idro0

descrizione	livello	entità	IdClasse
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010g
fiume, torrente sotterraneo	fiumi_st	polilinea	id015g
fosso	fossi	polilinea	id020g
fosso sotterraneo	fossi_st	polilinea	id025g
canale	canali	polilinea	id030g
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035g
canale sotterraneo	canali_g	polilinea	id040g
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045g



diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050g
vasca, cisterna, abbeveratoio	vasche	polilinea	id055g
pozzo, fontana, sorgente	pozzi	polilinea	id060g
palude	paludi	polilinea	id065g
costa mare	coste_mare	polilinea	id070g
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075g

FABBRICATI (1:1000)  
IdClasseGen = fabb0

descrizione	livello	entità	IdClasse
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010g
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015g
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020g
rudere	ruderi	polilinea	fa025g
cortile, pertinenza di edifici	cortili	polilinea	fa030g
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035g
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040g
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045g
chiesa	chiese	polilinea	fa050g
campanile	campanili	polilinea	fa055g
torre	torri	polilinea	fa060g
serra	serre	polilinea	fa065g
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070g
silos	silos	polilinea	fa075g
ciminiera	ciminiere	polilinea	fa080g
divisione tetti edifici	edifici_tetti	polilinea	fa085g
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090g
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095g
baracca	baracche	polilinea	fa100g

OPERE PARTICOLARI (1:1000)  
IdClasseGen = oppa0

descrizione	livello	entità	IdClasse
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010g
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015g
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020g
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025g
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030g

campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035g
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040g
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045g
traliccio	tralicci	polilinea	op050g
linea elettrica aerea	linee_el_aeree	polilinea	op055g
serbatoio	serbatoi	polilinea	op060g
tettoia, pensilina	tettoie	polilinea	op065g

MURI (1:1000)  
 IdClasseGen = muri0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010g
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020g
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030g
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040g

CONDOTTE (1:1000)  
 IdClasseGen = cond0

descrizione	livello	entità	IdClasse
gasdotto, metanodotto sotterraneo	gasdotti_st	polilinea	cd010g
gasdotto, metanodotto superficie	gasdotti_su	polilinea	cd015g
gasdotto, metanodotto diruto	gasdotti_dir	polilinea	cd020g
oleodotto sotterraneo	oleodotti_st	polilinea	cd025g
oleodotto superficie	oleodotti_su	polilinea	cd030g
oleodotto diruto	oleodotti_dir	polilinea	cd035g
acquedotto sotterraneo	acquedotti_st	polilinea	cd040g
acquedotto superficie	acquedotti_su	polilinea	cd045g
acquedotto diruto	acquedotti_dir	polilinea	cd050g
elettrodotto sotterraneo	elettrodotti_st	polilinea	cd055g
elettrodotto superficie	elettrodotti_su	polilinea	cd060g
elettrodotto diruto	elettrodotti_dir	polilinea	cd065g

VEGETAZIONE (1:1000)  
 IdClasseGen = vege0

descrizione	livello	entità	IdClasse
bosco (limite)	boschi_lim	polilinea	ve010g
coltura (limite)	colture_lim	polilinea	ve020g
frutteto	frutteti	polilinea	ve030g
agrumeto	agrumeti	polilinea	ve040g
oliveto	oliveti	polilinea	ve050g
vigneto	vigneti	polilinea	ve060g
risaia	risaie	polilinea	ve070g
parco, giardino	giardini	polilinea	ve080g
albero isolato	alberi	punto/blocco	ve090g

RECINZIONI (1:1000)  
 IdClasseGen = reci0

descrizione	livello	entità	IdClasse
muro di recinzione	recinzioni_m	polilinea	re010g
rete di recinzione	recinzioni_r	polilinea	re020g
cancello	cancelli	polilinea	re030g
siepe	siepi	polilinea	re040g

TOPONOMASTICA (1:1000)  
 IdClasseGen = nomi0

descrizione	livello	entità	IdClasse
viabilità	nomi_viabilità	punto/stringa	no010g
ferrovie	nomi_fs	punto/stringa	no020g
confini amministrativi	nomi_confini	punto/stringa	no030g
topografia	nomi_topografia	punto/stringa	no040g
orografia	nomi_orografia	punto/stringa	no050g
idrografia	nomi_idrografia	punto/stringa	no060g
fabbricati	nomi_fabbricati	punto/stringa	no070g
opere particolari	nomi_opere	punto/stringa	no080g
muri	nomi_muri	punto/stringa	no090g
condotte	nomi_condotte	punto/stringa	no100g
vegetazione	nomi_vegetazione	punto/stringa	no110g

DTM (1:1000)  
 IdClasseGen = DTM0

descrizione	livello	entità	IdClasse
autostrada	autostrade	polilinea	vi010f
autostrada in costruzione	autostrade_c	polilinea	vi015f
strada statale	strade_statali	polilinea	vi025f
strada statale in costruzione	strade_statali_c	polilinea	vi030f
casello autostradale	autostrade_caselli	polilinea	vi040f
strada asfaltata	strade_asfaltate	polilinea	vi045f
strada asfaltata in costruzione	strade_asfaltate_c	polilinea	vi050f
ponte, viadotto, cavalcavia in cls	ponti_cls	polilinea	vi060f
ponte, viadotto, cavalcavia in ferro	ponti_ferro	polilinea	vi065f
ponte, viadotto, cavalcavia in muratura	ponti_muratura	polilinea	vi070f
strada non asfaltata	strade_n_asfaltate	polilinea	vi075f
strada campestre	strade_campestri	polilinea	vi080f
sentiero	sentieri	polilinea	vi085f
mulattiera	mulattiere	polilinea	vi090f
ponte in legno	ponti_legno	polilinea	vi095f
sottopassaggio stradale	sottopassaggi_s	polilinea	vi100f
sottopassaggio pedonale	sottopassaggi_p	polilinea	vi110f
marciapiede	marciapiedi	polilinea	vi115f
linea ferroviaria doppio binario	ferrovie_2b	polilinea	fs010f
linea ferroviaria 2b in costruzione	ferrovie_2b_c	polilinea	fs030f
linea ferroviaria singolo binario	ferrovie_1b	polilinea	fs040f
linea ferroviaria 1b in costruzione	ferrovie_1b_c	polilinea	fs060f
stazione ferroviaria	stazione_fs	polilinea	fs070f
banchina	banchine	polilinea	fs085f
vertice IGMI	vertici_igm	punto/blocco	tp010f
vertice ANAS	vertici_anas	punto/blocco	tp020f
vertice poligonale	vertici_polig	punto/blocco	tp030f
caposaldo di livellazione IGMI	capisaldi_igm	punto/blocco	tp040f
caposaldo di livellazione ANAS	capisaldi_anas	punto/blocco	tp050f
punto fotografico di appoggio	punto_foto_app	punto/blocco	tp060f
punto quotato da restituzione	punto_quotato	punto/stringa	or010f
scarpata ciglio rappresentabile	scarpata_ciglio	polilinea	or015f
scarpata piede rappresentabile	scarpata_piede	polilinea	or020f
curva di livello direttrice (10 m)	curve_dir_10	polilinea	or025f
curva di livello ordinaria (2 m)	curve_ord_2	polilinea	or030f
curva di livello ausiliaria (1 m)	punto_aus_1	polilinea	or035f
fiume, torrente	fiumi	polilinea	id010f
fosso	fossi	polilinea	id020f
canale	canali	polilinea	id030f
canale sopraelevato	canali_sp	polilinea	id035f
diga in terra	dighe_t	polilinea	id045f

diga in cemento	dighe_cls	polilinea	id050f
palude	paludi	polilinea	id065f
costa mare	coste_mare	polilinea	id070f
costa lago	coste_laghi	polilinea	id075f
edificio civile	edifici_civ	polilinea	fa010f
edificio civile in costruzione	edifici_civ_c	polilinea	fa015f
edificio civile diruto	edifici_civ_r	polilinea	fa020f
edificio industriale	edifici_ind	polilinea	fa035f
edificio industriale in costruzione	edifici_ind_c	polilinea	fa040f
edificio industriale diruto	edifici_ind_r	polilinea	fa045f
serra	serre	polilinea	fa065f
cimitero	cimiteri	polilinea	fa070f
silos	silos	polilinea	fa075f
edificio civile piede	edificio_civ_p	polilinea	fa090f
edificio industriale piede	edificio_ind_p	polilinea	fa095f
centrale elettrica (limite)	centrali_el_lim	polilinea	op010f
aeroporto (limite)	aeroporti_lim	polilinea	op015f
eliporto (limite)	eliporti_lim	polilinea	op020f
porto (limite)	porti_lim	polilinea	op025f
stazione di servizio	stazioni_servizio	polilinea	op030f
campeggio (limite)	campeggi_lim	polilinea	op035f
impianto sportivo (limite)	impianti_sport_lim	polilinea	op040f
stazione, sottostazione elettrica	stazioni_el	polilinea	op045f
muro (testa)	muri_t	polilinea	mu010f
muro (piede)	muri_p	polilinea	mu020f
mura di città, bastioni (testa)	mura_t	polilinea	mu030f
mura di città, bastioni (piede)	mura_p	polilinea	mu040f

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

### 5.3 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 Lavori 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

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,20		autostrade
— — — — —	0,20	in costruzione	autostrade_c
-----	0,20	in galleria	autostrade_g

##### Strada Statale

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,20		strade_statali
— — — — —	0,20	in costruzione	strade_statali_c
-----	0,20	in galleria	strade_statali_g

##### Casello autostradale

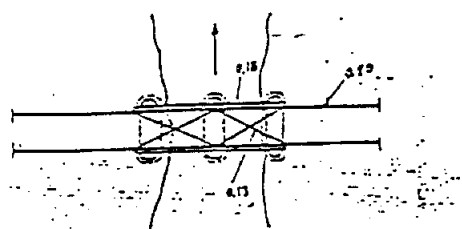
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		autostrade_caselli
			

##### Ponte, viadotto, cavalcavia in cls e muratura (rilievo a misura per luci superiori a 2m)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	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)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		ponti_ferro
_____	0,13	pile	ponti_ferro
-----	0,25	spalle	ponti_ferro
_____	0,13	luce	ponti_ferro



Strada asfaltata

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,15		strade_asfaltate
— — — — —	0,15	in costruzione	strade_asfaltate_c
-----	0,15	in galleria	strade_asfaltate_g

VIABILITA' SECONDARIA

Strada non asfaltata

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,15		strade_n_asfaltate

Strada campestre (si rileva e si rappresenta il solo asse)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,25		strade_campestri

Sentiero (si rileva e si rappresenta il solo asse)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
— — — — —	0,25		sentieri

Mulattiera (si rileva e si rappresenta il solo asse)

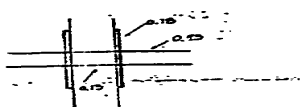
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
— — — — —	0,25		mulattiere

Ponte in legno

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
— — — — —	0,25		ponti_legno

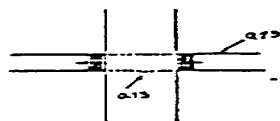
Sottopassaggio stradale

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,13		sottopassaggi_s



Sottopassaggio pedonale

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,13		sottopassaggi_p






Marciapiede

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,15		marciapiedi






## FERROVIE

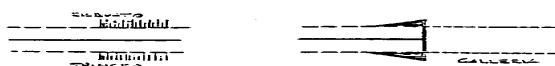
Linea ferroviaria a doppio binario (rilevare planimetricamente la rotaia di sinistra; il rilievo altimetrico, nei tratti in curva, dovrà essere riferito alla rotaia interna alla curva e associato all'asse)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	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)


<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		ferrovie_1b
	0,15	in costruzione	ferrovie_1b_c
	0,15	in galleria	ferrovie_1b_g

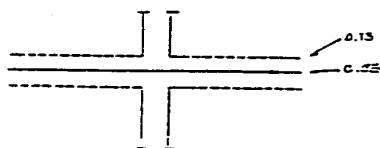


### Stazione ferroviaria

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,25		stazioni_fs

### Passaggio a livello

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,13		pass_liv_fs



Limite banchina

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,15		limiti_banchine

CONFINI AMMINISTRATIVI

Limite di Stato

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
+++++	0,35		limiti_stato

Limite di Regione

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-+-+-	0,35		limiti_regione

Limite di Provincia

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
..+..+..+..+..+..+..+..+..+..	0,35		limiti_provincia

Limite di Comune

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
.....	0,35		limiti_comune

Limite di zona archeologica

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
o x o x o x o x o x o x o x o x o x	0,35		limiti_archeo

Limite di parco nazionale


<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,35		limiti_parco

Limite compartimentale ANAS


<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
~ . ~ . ~ . ~ . ~ . ~ . ~ . ~ . ~ .	0,35		limiti_anas

TOPOGRAFIA

Vertice Trigonometrico IGMI (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

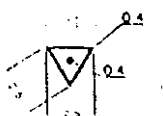
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
 127.59 (altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)	0,20		vertici_igm

Vertice Trigonometrico ANAS (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
 127.59 (altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)	0,20		vertici_anas

Vertice di poligonale (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		vertici_polig



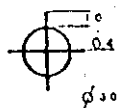
127.59  
 (altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Caposaldo di livellazione IGMI (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
---------------------------------	----------------------	-------------	----------------

0,20


capisaldi\_igm



127.59

(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)

Caposaldo di livellazione ANAS (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		capisaldi_anas
127.59			
(altezza carattere = 3 mm, font ROMANS inclinato)			

Punto fotografico di appoggio (quota rappresentata con 3 cifre decimali)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	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)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		punto_quotato
127.59			
(altezza carattere = 2 mm, font ROMANS)			

Scarpata ciglio rappresentabile

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
---------------------------------	----------------------	-------------	----------------

.....	0,25	scarpata_ciglio
-------	------	-----------------

Scarpata piede rappresentabile

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,25		scarpata_piede

Curva di livello direttrice

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		curve_dir

Curva di livello ordinaria

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,15		curve_ord

Curva di livello ausiliaria

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	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)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	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)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	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)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	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).

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
.....	0,15	in terra	dighe_t
_____	0,25	in cemento	dighe_cls

Vasche, cisterne, abbeveratoi


<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,20		vasche

Pozzo, fontana, sorgente



<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		pozzi

Palude

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
---------------------------------	----------------------	-------------	----------------

	0,25	paludi
---	------	--------

Costa

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	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

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		edifici_civ
-----	0,25	in costruzione	edifici_civ_c
-----	0,25	diruti	edifici_civ_r

Rudere

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
-----	0,25		ruderi

Cortile, pertinenza di edifici

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,20		cortili

Edificio industriale

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		edifici_ind
-----	0,25	in costruzione	edifici_ind_c
-----	0,25	diruti	edifici_ind_r

Chiesa

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		chiese


Campanile

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
_____	0,25		campanili






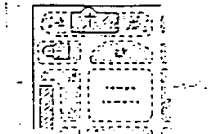
Torre

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,25		torri
			


Serra

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,15		serre
			


Cimitero

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,25		cimiteri
			

Silos

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,25		silos
			

Ciminiera

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,25		ciminiera
			

Divisione tetti edifici

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,15		edifici_tetti

Edificio civile piede

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>			edifici_civ_p

Edificio industriale piede

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>			edifici_ind_p

Baracca

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,25		baracche

OPERE PARTICOLARI


Centrale elettrica (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,20		centrali_el_lim

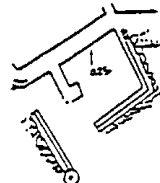
Aeroporto (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
<hr/>	0,20		aeroporti_lim


Eliporto (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		eliporti_lim

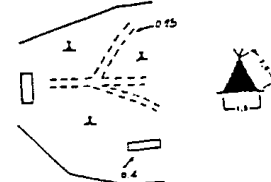
Porto (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		porti_lim

Stazione di servizio (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,25		stazioni_servizio

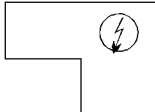
Campeggio (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		campeggi_lim


Impianto sportivo (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		impianti_sport_lim


Stazione, sottostazione elettrica

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,25		stazione_el

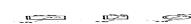
Traliccio

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		tralicci


Linea elettrica aerea

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		linee_el_aeree

Serbatoio

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,25		serbatoi


Tettoia, pensilina

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	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)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		muri_t


Muro (piede)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		muri_p

Mura di città, bastioni (testa)




<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		mura_t

Mura di città, bastioni (piede)




<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		mura_p

CONDOTTE




Gasdotto, metanodotto

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20	sotterraneo	gasdotti_st
	0,20	superficie	gasdotti_su
	0,20	diruto	gasdotti_dir



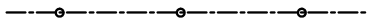
Oleodotto

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20	sotterraneo	oleodotti_st
	0,20	superficie	oleodotti_su
	0,20	diruto	oleodotti_dir

Acquedotto

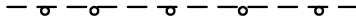



<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20	sotterraneo	acquedotti_st
	0,20	superficie	acquedotti_su
	0,20	diruto	acquedotti_dir

### Elettrodotto

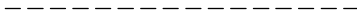
<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20	sotterraneo	elettrodotti_st
	0,20	superficie	elettrodotti_su
	0,20	diruto	elettrodotti_dir

## VEGETAZIONE

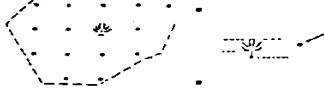
### Bosco (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		boschi_lim
 bosco fitto			
 bosco rado			
 bosco ceduo			


### Coltura (limite)

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		colture_lim

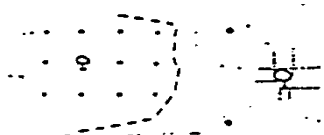
### Frutteto

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		frutteti

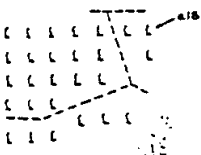
Agrumeto

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		agrumeti


Oliveto

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		oliveti

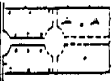
Vigneto

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		vigneti

Risaia

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		risaie

Parco, giardino


<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,15		giardini

Albero isolato


<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
○	0,15		alberi

RECINZIONI


Muro di recinzione

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		recinzioni_m


Rete di recinzione

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		recinzioni_r

Cancello

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	0,20		cancelli

Siepe

<u>rappresentazione grafica</u>	<u>spessori (mm)</u>	<u>tipo</u>	<u>livello</u>
	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 <i>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.).</i>  <i>Per la viabilità stradale e ferroviaria e per i casi sopra riportati, in caso di necessità, sono consentite riduzioni dell'altezza dei caratteri.</i>	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

## **6.0 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 Lavori.

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 magnetico od ottico (floppy da 3<sup>1/2</sup> o Cd-Rom) registrate in file formato MS-Word 6.0 ovvero Excel 5.0. 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 magnetico od ottico, nel formato ASCII di tracciato record a discrezione dell'Appaltatore, purché uniforme e documentato.

Il materiale dovrà essere consegnato ordinatamente raccolto in appositi contenitori.

Le modalità di consegna del materiale saranno definite dalla Direzione Lavori.

## **6.1 Programmazione dei Lavori**

Con almeno quindici giorni di anticipo sulla data di inizio dei lavori l'Appaltatore è tenuto a consegnare alla Direzione Lavori due copie del diagramma di Gant relativo alla programmazione di tutte le attività definite nel presente capitolato.

## **6.2 Volo e Presa Aerofotogrammetrica**

Per quanto concerne le attività relative al volo ed alla presa aerofotogrammetrica l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche del progetto di volo in scala 1:25000, riportandovi gli assi delle strisciate, le quote assolute e le quote relative per ogni strisciata
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria in scala 1:25000 delle strisciate effettivamente eseguite, con l'aggiunta dell'indicazione del riquadro e l'annotazione del numero progressivo del fotogramma
- 3 copie della relazione nella quale verranno descritte la metodologia impiegata e le caratteristiche di tutte le apparecchiature utilizzate
- 1 copia della 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 copie su carta bromuro lucida, mat o semi-mat, di tutti i fotogrammi con i dati di ripresa ed indicazione sul retro degli estremi di autorizzazione alla diffusione delle Autorità competenti
- 1 copia diapositiva di tutti i fotogrammi su materiale indeformabile trasparente (poliestere) adatto alla restituzione

- i documenti che specifichino la qualità del materiale fotografico usato (sensibilità, contrasto, grana, indice di risoluzione, ecc.) e la data di scadenza.

### **6.3 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
- 3 copie delle monografie dei vertici eventualmente utilizzati in precedenti raffittimenti eseguiti per conto del Committente
- 3 copie delle monografie di tutti i vertici I.G.M.I. utilizzati
- 3 copie delle monografie dei nuovi vertici della rete di inquadramento e di quelli rideterminati
- 3 copie degli schemi delle operazioni topografiche eseguite per la determinazione dei vertici comprendenti i dati di rilievo e gli s.q.m.
- 3 copie della relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche contenenti la rappresentazione schematica in scala 1:25000 della Rete Geodetica (grafo di tutti i vertici, con annotazione delle coordinate pianoaltimetriche)

### **6.4 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
- 3 copie delle monografie di tutti i vertici istituiti
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria del progetto della rete di raffittimento in scala 1:25000
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria della rete di raffittimento prodotta in scala 1:25000
- 3 copie della relazione di calcolo contenente i dati relativi alla compensazione (comprendente, in particolare, il grado di precisione ottenuto)
- 3 copie degli schemi operativi relativi alla rete di raffittimento (operazioni topografiche eseguite, dati di rilievo, s.q.m.)

### **6.5 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
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche delle planimetrie in scala 1:25000 contenenti gli schemi operativi utilizzati per la determinazione dei punti
- 3 copie delle monografie dei punti

- 1 copia su carta bromuro lucida, mat o semi-mat, di tutti i fotogrammi riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio e dei punti quota
- 3 copie della relazione di calcolo delle coordinate dei punti

#### **6.5.1 Punti da Apparati di Radiolocalizzazione G.P.S.**

Per quanto concerne le attività relative ai punti determinati tramite apparati di radiolocalizzazione G.P.S. 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

#### **6.6 Punti Fotografici da Triangolazione Aerea**

Per quanto concerne le attività relative ai punti fotografici da Triangolazione Aerea l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche una planimetria in scala 1:25000 contenente l'indicazione della strisciata o del blocco, la posizione dei punti fotografici e i dati di compensazione
- 3 copie delle monografie dei punti
- 1 copia su carta bromuro lucida, mat o semi-mat, di tutti i fotogrammi aerotriangolati riportante la posizione dei punti fotografici d'appoggio dei modelli e della strisciata o del blocco
- 3 copie della relazione di calcolo contenente i moduli delle osservazioni strumentali, i dati di partenza e i risultati prodotti dal software (comprendenti gli s.q.m)

#### **6.7 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
- 3 copie delle 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
- 3 copie delle monografie dei punti trigonometrici I.G.M.I. di riferimento per la poligonale e sui quali sono state eseguite le previste chiusure di controllo
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della 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

- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche del profilo degli elementi della poligonale (distanze, angoli al vertice, angoli di direzione, coordinate e quote)
- 3 copie della 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

#### **6.8 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
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche del profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- 3 copie delle monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- 3 copie delle 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
- 3 copie della 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

#### **6.9 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
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria in scala 1:25000 contenente il percorso di livellazione e l'indicazione dei capisaldi I.G.M.I. di attacco
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche del profilo con le quote e le coordinate dei vertici della poligonale e dei capisaldi di livellazione
- 3 copie delle monografie dei capisaldi I.G.M.I. di attacco e di tutti gli altri ricadenti nella zona interessata dal rilievo
- 3 copie delle 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
- 3 copie della 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

#### **6.10 Restituzione e Ricognizione**

Per quanto concerne le attività relative alla restituzione l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria contenente la ripartizione e la numerazione dei fogli cartografici in sovrapposizione allo schema di copertura dei singoli fotogrammi numerati
- i certificati originali (o copia autenticata) relativi allo stato di rettifica degli strumenti utilizzati per la restituzione di data non anteriore ad un anno
- il "Giornale di restituzione"
- 1 copia delle minute di restituzione con le annotazioni delle operazioni eseguite in campagna per il controllo e l'integrazione della cartografia
- il protocollo di restituzione contenente le schede originali con l'indicazione degli scarti planimetrici grafici, degli scarti residui in quota sui punti fotografici d'appoggio, dei valori dei parametri di orientamento strumentale; in corrispondenza della posizione grafica dei punti d'appoggio dovrà essere indicato in scala opportuna lo scarto planimetrico e quello in quota

#### **6.11 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
- la copia dei fogli cartografici con l'autorizzazione alla diffusione rilasciata dalle Autorità competenti
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche 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
- l'originale dei fogli cartografici su supporto indeformabile trasparente di spessore non inferiore a 0,18 mm
- 3 copie eliografiche dei fogli cartografici
- 2 copie dei file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D, ASCII, o "XLS" e "DOC" su Cd-Rom formattato MS-DOS 6.2

#### **6.12 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
- 3 copie delle monografie per ogni punto di stazione, riportanti tutte le informazioni idonee ad identificarne la posizione ed uno schizzo planimetrico con annotate le distanze di almeno 3 punti riconoscibili sul terreno
- i certificati di rettifica della strumentazione
- 3 copie della relazione di accompagnamento, riportante i valori di temperatura, pressione ed umidità relativa per ciascuna misura

- 3 copie della relazione del calcolo effettuato per determinare distanze e quote di tutti i punti, compresi quelli di stazione
- 1 copia su carta elioriproducibile e 2 copie eliografiche 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
- 1 copia elioriproducibile su supporto indeformabile e 2 copie eliografiche della planimetria del piano quotato con l'eventuale indicazione delle sezioni trasversali numerate
- 1 copia della corrispondenza con le Autorità competenti relativa all'adempimento degli obblighi legislativi ed amministrativi
- la copia dei fogli cartografici con l'autorizzazione alla diffusione rilasciata dalle Autorità competenti
- l'originale dei fogli cartografici su supporto indeformabile trasparente di spessore non inferiore a 0,18 mm
- 3 copie eliografiche dei fogli cartografici
- 2 copie dei file contenenti la cartografia numerica nei formati "DWG" 3D ed ASCII su Cd-Rom formattato MS-DOS 6.2

### **6.13 File "Raster"**

Per quanto concerne le attività relative alla "rasterizzazione" e "digitalizzazione" di mappe l'Appaltatore dovrà consegnare al Committente:

- gli originali cartacei delle mappe da digitalizzare
- 1 copia elioriproducibile e 2 copie eliografiche della planimetria contenente il quadro di unione dei fogli cartografici
- l'originale dei fogli cartografici su supporto indeformabile trasparente di spessore non inferiore a 0,18 mm
- 3 copie eliografiche dei fogli cartografici
- 2 copie dei file contenenti la cartografia "rasterizzata" nei formati "TIFF" (TIF o BMP o WMF) e 2 copie dei file contenenti la cartografia numerica nel formato "DWG" 3D su Cd-Rom formattato MS-DOS 6.2

**SEZIONE 3**

**- MOVIMENTI DI TERRA -**



## INDICE

- 1. DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI**
- 2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**
  - 2.1. DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO
  - 2.2. SCAVI
    - 2.2.1 Scavi di sbancamento
    - 2.2.2 Scavi di fondazione
  - 2.3. RINTERRI E/O BONIFICHE
    - 2.3.1. Bonifica
    - 2.3.2. Rinterri
    - 2.3.3. Sistemazione superficiale
  - 2.4. RILEVATI
    - 2.4.1 Formazione del rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali
    - 2.4.2 Rilevati stradali
    - 2.4.3. Impiego di terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3
    - 2.4.4. Impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7
    - 2.4.5 Impiego di terre appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, A7
    - 2.4.6. Rilevati rinforzati
    - 2.4.7. Costruzione del rilevato
      - 2.4.7.1. Formazione dei piani di posa dei rilevati e della sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo).
      - 2.4.7.2. - Strato di transizione (Rilevato-Terreno)
      - 2.4.7.3 - Strato granulare anticapillare
      - 2.4.7.4 - Telo Geotessile "tessuto non tessuto"
      - 2.4.7.5. Stesa dei materiali
      - 2.4.7.6 - Condizioni climatiche
    - 2.4.8 Dreni
      - 2.4.8.1. Dreni verticali prefabbricati
      - 2.4.8.2. Dreni in sabbia
      - 2.4.8.3. Dreni verticali prefabbricati - modalità esecutive -
      - 2.4.8.4. Dreni in sabbia - modalità esecutive -
    - 2.4.9. Rilevati Speciali - Sperimentali -
      - 2.4.9.1. Rilevati in terra stabilizzata/migliorata e consolidamento piano di appoggio
      - 2.4.9.2. Rilevati con materiali riciclati da rifiuti speciali da demolizione edile
    - 2.5.0. Disposizioni generali
      - 2.5.0.1 Prove di laboratorio
      - 2.5.0.2 Prove di controllo in fase esecutiva
      - 2.5.0.3 Prove di controllo sul piano di posa
    - 2.5.1 Controllo dei materiali impiegati nel miglioramento e nella stabilizzazione a calce e/o cemento
      - 2.5.1.1. Prove di laboratorio
        - 2.5.1.1.1 Prove in sito
        - 2.5.1.1.2 Prove di controllo sul piano di posa
      - 2.5.1.2 Prove in sito
    - 2.5.2 Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali da demolizione edile
      - 2.5.2.1 Prove di laboratorio
      - 2.5.2.2. Prove in sito
    - 2.5.3 Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali industriali - scorie
      - 2.5.3.1. Prove di laboratorio
      - 2.5.3.2 Prove in sito
    - 2.5.4 - Telo Geotessile "tessuto non tessuto".
    - 2.5.5 Controllo scavi
    - 2.5.6 Controllo dreni prefabbricati
    - 2.5.7 Controllo dreni in sabbia

## **1. DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI**

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale ed i controlli da eseguire.

## **2. PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**

### **2.1. DISERBAMENTO E SCOTICAMENTO**

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

Nella esecuzione dei lavori l'Impresa dovrà attenersi a quanto segue:

- a) il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o rilevato;
- b) tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito.
- c) Il materiale vegetale scavato, se riconosciuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, potrà essere utilizzato per il rivestimento delle scarpate; diversamente il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica.  
Rimane comunque categoricamente vietato la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.
- d) La larghezza dello scoticamento ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni che saranno date dalla DL in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scoticamento sarà stabilito di norma alla quota di cm 20 al di sotto del piano campagna e sarà ottenuto praticando i necessari scavi di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti di impianto preventivamente accertate anche con l'ausilio di prove di portanza.

## 2.2. SCAVI

Si definisce scavo ogni movimentazione di masse di terreno dal sito originario finalizzata all'impianto di opere costituenti il nastro stradale e le sue pertinenze, quali:

- impianti di rilevati;
- impianti di opere d'arte;
- cunette, accessi, passaggi e rampe, etc.

Gli scavi si distinguono in :

- scavi di sbancamento;
- scavi di fondazione.

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

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni assumendosene l'onere, e farsi carico degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo:

a) Profilare le scarpate degli scavi con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno, la cui stabilità dovrà essere accertata con apposite verifiche geotecniche a carico dell'Impresa.

Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto.

Se il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa compatterà detto fondo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione AASHO modificata) (CNR 69 - 1978 ), (CNR 22 - 1972).

Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.

b) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi per la definizione delle caratteristiche geotecniche ( a totale carico dell'impresa).

c) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.

d) Provvedere, a proprie cure e spese, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).

e) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrati di qualsiasi natura; inclusa, ove

necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente deviate.

f) Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L. , prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti.

In caso di inosservanza la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.

g) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Impresa:

- Il rispetto delle Leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
- Polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
- Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza vigenti.
- Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

h) I materiali provenienti dagli scavi, in genere, dovranno essere reimpiegati nella formazione dei rilevati o di altre opere in terra.

Il reimpiego sarà subordinato all'esito di prove di idoneità, eseguite a cura dell'Impresa , e sotto il controllo della D.L..

I materiali ritenuti idonei dovranno essere trasportati, a cura e spese dell'Impresa, al reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito e custoditi opportunamente.

Se necessario saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme secondo necessità, ripresi e trasportati nelle zone di utilizzo.

I materiali , che, invece, risulteranno non idonei al reimpiego, dovranno essere trasportati, a cura e spesa dell'Impresa, a rifiuto nelle discariche indicate in progetto o individuate in corso d'opera, qualunque sia la distanza, dietro formale autorizzazione della D.L.(ordine di servizio), fatte salve le vigenti norme di legge e le autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio e dell'ambiente .

L'Impresa, a sua cura e spesa, dovrà ottenere la disponibilità delle aree di discarica e/o di deposito, dei loro accessi, e dovrà provvedere alle relative indennità, nonché alla sistemazione e alla regolarizzazione superficiale dei materiali di discarica secondo quanto previsto in progetto e/o prescritto dall'Ente Concedente la discarica.

### *2.2.1 Scavi di sbancamento*

Sono così denominati i movimenti terra di grande entità eseguiti generalmente all'aperto senza particolari limitazioni sia fuori che in acqua, ovvero gli scavi non chiusi ed occorrenti per:

- apertura della sede stradale;
- apertura dei piazzali e delle opere accessorie;
- gradonature di ancoraggio dei rilevati su pendenze superiori al 20%;
- bonifica del piano di posa dei rilevati;
- spianamento del terreno;
- impianto di opere d'arte (scatolari, sottovia, stazioni, fermate, ecc.);
- taglio delle scarpate di trincee o rilevati;
- formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali;

### *2.2.2 Scavi di fondazione*

Sono così denominati gli scavi chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo.

Questo piano sarà determinato, a giudizio della D.L., o per l'intera area di fondazione o per più parti in cui questa può essere suddivisa, a seconda sia della accidentalità del terreno, sia delle quote dei piani finiti di fondazione.

Gli scavi saranno, a giudizio insindacabile della D.L., spinti alla necessaria profondità, fino al rinvenimento del terreno avente la capacità portante prevista in progetto.

I piani di fondazione saranno perfettamente orizzontali o disposti a gradoni con leggera pendenza verso monte per quelle opere che ricadessero sopra falde inclinate; le pareti saranno verticali od a scarpa.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpa aventi la pendenza minore di quella prevista, ma in tal caso, non sarà computati né il maggiore scavo di fondazione e di sbancamento eseguito di conseguenza né il conseguente maggior volume di riempimento..

E' vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la D.L. abbia verificato ed accettato i piani di fondazione.

L'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, al riempimento con materiali idonei dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed al loro costipamento fino alla quota prevista.

Gli scavi di fondazione saranno considerati scavi subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Gli esaurimenti d'acqua dovranno essere eseguiti con i mezzi più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo e tali mezzi dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa dovrà provvedere di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno , allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi.

Provvederà, a sua cura e spesa, a togliere ogni impedimento, ogni causa di rigurgito che si opponesse così al regolatore deflusso delle acque, anche ricorrendo alla apertura di canali fugatori ;analogamente l'Impresa dovrà adempiere agli obblighi previsti dalle leggi (Legge 10/5/1976 n. 319 e successivi aggiornamenti ed integrazioni , leggi regionali emanate in applicazione della citata legge) in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento, all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché all'eventuale trattamento delle acque .

### 2.3. RINTERRI E/O BONIFICHE

Per rinterri si intendono i lavori di:

- bonifica di zone di terreno non idoneo, al disotto del piano di posa di manufatti e rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni esistenti con materiale idoneo;
- riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti;
- sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

#### 2.3.1. Bonifica

a) La bonifica del terreno di appoggio del rilevato, nell'accezione più generale, dovrà essere eseguita in conformità alle previsioni di progetto, ed ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare zone di terreno non idoneo e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto.

Pertanto il terreno in sito, per la parte di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, dovrà essere sostituito con materiale selezionato appartenente ai gruppi (CNR-UNI 10006):

- A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub> se proveniente da cave di prestito; nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A<sub>3</sub>, deve presentare un coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) maggiore o uguale a 7;
- A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub>, se proveniente dagli scavi; il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> deve presentare un coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) maggiore o uguale a 7;

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972).

Per il materiale dei gruppi A<sub>2-4</sub> e A<sub>2-5</sub>, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Il modulo di deformazione dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm<sup>2</sup>)

b) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto a) debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.



### *2.3.2. Rinterri*

a) Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A<sub>1</sub> ed A<sub>3</sub> (UNI-CNR 10006) opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> dovrà presentare un coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) maggiore o uguale a 7;

b) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati sui disegni costruttivi.

### *2.3.3. Sistemazione superficiale*

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A<sub>1</sub> ed A<sub>3</sub> (UNI-CNR 10006), , con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

Il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> dovrà presentare un coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) maggiore o uguale a 7.

## 2.4. RILEVATI

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere in terra destinate a formare il corpo stradale, le opere di presidio, i piazzali, nonché il piano d'imposta delle pavimentazioni .

### 2.4.1 *Formazione del rilevato - Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali*

Si considerano separatamente le seguenti categorie di lavori:

- Rilevati stradali;
- Rilevati realizzati in terra rinforzata;

La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle norme CNR 10006, di cui alla Tabella 1 allegata.

### 2.4.2 *Rilevati stradali*

I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale (sottofondo) . Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria.

### 2.4.3 . *Impiego di terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3*

Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub>, il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> dovrà presentare un coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) maggiore o uguale a 7.

Per l'ultimo strato di 30 cm dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A<sub>1-a</sub> e A<sub>3</sub> (per le terre appartenenti al gruppo A<sub>3</sub> vale quanto già detto in precedenza).

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo, non essere di natura argillo-scistosa nonché alterabili o molto fragili.

L'impiego di rocce frantumate è ammesso nella restante parte del rilevato, se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 20 cm, nonché di soddisfare i requisiti già precedentemente richiamati.

Di norma la dimensione delle massime pezzature ammesse non dovrà superare i due terzi dello spessore dello strato compattato.

Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20 cm) deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato; in particolare dovrà essere realizzato un accurato intasamento dei vuoti, in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compattata.

Nel caso si utilizzino rocce tufacee, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm.

A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), e/o un modulo di deformabilità non minore di 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm<sup>2</sup>) (CNR 146 - 1992) , salvo per l'ultimo strato di 30 cm costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, che dovrà presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95% e salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate, in sede di progettazione, dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato e della pavimentazione stradale in trincea, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a:

50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0,15 - 0.25 da N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale sia in rilevato che in trincea;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione stradale;

15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più ,da quello della fondazione della pavimentazione stradale.

La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare.

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali che differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo.

Nel caso di rilevati aventi notevole altezza, dovranno essere realizzate banchine di scarpata della larghezza di 2 m a quota idonea e comunque ad una distanza verticale dal ciglio del rilevato non superiore a 6 m.

Le scarpate dovranno avere pendenze non superiori a quelle previste in progetto ed indicate nei corrispondenti elaborati.

Quando siano prevedibili cedimenti del piano di appoggio dei rilevati superiori ai 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla D.L. un piano per il controllo dell'evoluzione dei cedimenti.

La posa in opera delle apparecchiature necessarie a tale scopo, e il rilevamento dei cedimenti saranno eseguite a cura e spese dell'impresa in accordo con la D.L..

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto ad avvenuto esaurimento dei cedimenti.

La costruzione del rilevato dovrà essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo da scontare, terminati i lavori, non sia superiore al 10% del cedimento teorico a fine consolidazione e comunque non superiore ai 5 cm.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà

procedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (1% - 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali il terreno costituente il corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, con la cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (altezza massima 50 cm) la stesa del corrispondente nuovo strato, di analoga altezza ed il suo costipamento, consentendo nel contempo l'eventuale viabilità del rilevato esistente.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente, che sarà accantonato se ritenuto idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Anche il materiale di risulta proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della coltre vegetale superficiale, sarà accantonato se ritenuto idoneo e riutilizzato per la costruzione del nuovo rilevato, o portato a rifiuto se inutilizzabile.

#### *2.4.4. Impiego di terre appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7*

Saranno impiegate terre appartenenti ai gruppi A<sub>2-6</sub>, A<sub>2-7</sub>, solo se provenienti dagli scavi e previste nel progetto.

Il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati, soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale, previa predisposizione di uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

Il grado di costipamento e la umidità con cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati dall'Impresa e sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori, attraverso una opportuna campagna sperimentale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.

#### *2.4.5 Impiego di terre appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, A7*

Per quanto riguarda le terre provenienti da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> si esaminerà, di volta in volta, l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione (a calce e/o cemento, punto 2.4.8.1 e seguenti), attraverso una opportuna campagna sperimentale.

I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione dei Lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm.

#### *Generalità*

Fintanto che non siano state esaurite, per la formazione dei rilevati, tutte le disponibilità dei materiali idonei provenienti dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Impresa volesse aprire, ad esempio per economia dei trasporti,

saranno a suo totale carico. L'Impresa non potrà quindi pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco per la formazione dei rilevati con utilizzazione di materie provenienti dagli scavi di trincea, opere d'arte ed annessi stradali, qualora, pur essendoci disponibilità ed idoneità di queste materie scavate, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a cave di prestito.

Qualora una volta esauriti i materiali, provenienti dagli scavi, ritenuti idonei in base a quanto precedentemente riportato, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Impresa potrà ricorrere al prelevamento di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori.

È fatto obbligo all'Impresa di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali per la costruzione dei rilevati, alla Direzione dei Lavori che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali dal Centro Sperimentale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altri Laboratori ufficiali, sempre a spese dell'Impresa.

Solo dopo che vi sia stato l'assenso della Direzione dei Lavori per l'utilizzazione della cava, l'Impresa è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

L'accettazione della cava da parte della Direzione dei Lavori non esime l'Impresa dall'assoggettarsi, in ogni periodo di tempo, all'esame delle materie che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere coltivata.

Per quanto riguarda le cave di prestito, l'Impresa, dopo aver ottenuto la necessaria autorizzazione da parte degli enti preposti alla tutela del territorio, è tenuta a corrispondere le relative indennità ai proprietari di tali cave e a provvedere a proprie spese al sicuro e facile deflusso delle acque che si raccogliessero nelle cave stesse, evitando nocivi ristagni e danni alle proprietà circostanti e sistemando convenientemente le relative scarpate, in osservanza anche a quanto è prescritto dall'art 202 del T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n.1265 e delle successive modifiche; dal T.U. delle leggi sulla bonifica dei terreni paludosi 30 dicembre 1923, n.3267, successivamente assorbito dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale approvato con R.D.13 febbraio 1933, n.215 e successive modifiche.

#### 2.4.6. Rilevati rinforzati

Dovranno essere impiegati esclusivamente materiali appartenenti ai gruppi A<sub>1</sub> e A<sub>3</sub>; il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> dovrà presentare un coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7, e comunque con pezzatura massima non superiore 71 mm, A<sub>2-4</sub> e A<sub>2-6</sub>.

Prevedendosi l'uso di rinforzi (metallici, con l'impiego di geotessili, ecc.) per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le seguenti condizioni:

- contenuto in sali;
- solfuri, del tutto assenti;
- solfati, solubili in acqua, minori di 500 mg/kg;
- cloruri, minori di 100 mg/kg;
- pH compreso tra 5 e 10;
- resistività elettrica superiore a 1.000 ohm x cm per opere all'asciutto, superiore a 3.000 ohm x cm per opere immerse in acqua.

La compattazione di detti materiali dovrà risultare tale da garantire una massa volumica del secco misurata alla base di ciascuno strato, non inferiore al 95% della massa volumica del secco massima individuata mediante la prova AASHO Mod (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), ed il modulo di deformabilità (CNR 146 - 1992) non dovrà essere inferiore ai 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup>.

#### 2.4.7. Costruzione del rilevato

##### 2.4.7.1. Formazione dei piani di posa dei rilevati e della sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo).

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato e delle sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm)(CNR 146 - 1992) dovrà risultare non inferiore a:

- 50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale (sottofondo) sia in rilevato sia in trincea;
- 20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m al di sotto di quello della fondazione della pavimentazione stradale;
- 15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale.

La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare.

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali, sia differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate con prove rigorose che dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli; si fa esplicito riferimento a quei materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) per i quali la determinazione del modulo di deformazione sarà affidata a prove speciali (edometriche, di carico su piastra in condizioni sature ecc.).

Il conseguimento dei valori minimi di deformabilità sopra indicati sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura eseguita con mezzi consoni alla natura dei terreni in posto.

A rullatura eseguita la massa volumica in sito dovrà risultare come segue:

almeno pari al 90% della massa volumica massima AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa dei rilevati;

almeno pari al 95% della massa volumica massima AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale .

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura e non si pervenisse a valori del modulo di deformazione accettabili e compatibili con la funzionalità e la sicurezza del manufatto , la Direzione Lavori, sentito il Progettista, potrà ordinare un intervento di bonifica di adeguato spessore, con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

#### 2.4.7.2. - Strato di transizione (Rilevato-Terreno)

Quando previsto in progetto, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, alla natura dei materiali costituenti il rilevato, allo scopo di migliorare le caratteristiche del piano di imposta del rilevato, verrà eseguita:

la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;

la stesa di uno strato di geotessile “ non tessuto” come da punto 2.4.7.4.

#### 2.4.7.3 - Strato granulare anticapillare

Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 0,3-0,5 m; sarà composto di materiali aventi granulometria assortita da 2 a 50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%.

Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati.

#### 2.4.7.4 - Telo Geotessile “tessuto non tessuto”

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene .

Il geotessile dovrà essere del tipo “a filo continuo” , prodotto per estrusione del polimero .

Dovrà essere composto al 100% da polipropilene di prima scelta (con esclusione di fibre riciclate), agglomerato con la metodologia dell'agugliatura meccanica, al fine di evitare la termofusione dei fili costituenti la matrice del geotessile.

Non dovranno essere aggiunte, per la lavorazione, resine o altre sostanze collanti.

<b>Caratteristiche tecniche</b>	<b>POLIPROPILENE</b>
<i>Massa volumica (g/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>0,90</i>
<i>Punto di rammollimento( K)</i>	<i>413</i>
<i>Punto di fusione (K)</i>	<i>443 ÷ 448</i>
<i>Punto di umidità % (al 65% di umidità relativa)</i>	<i>0,04</i>
<i>Resistenza a trazione (N/5 cm)</i>	<i>1900</i>

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare.



Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

#### *2.4.7.5. Stesa dei materiali*

La stesa del materiale dovrà essere eseguita con sistematicità per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%. In presenza di strati di rilevati rinforzati, o di muri di sostegno in genere, la pendenza trasversale sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle modalità di compattazione e della finalità del rilevato.

Lo spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub> o con rocce frantumate;

40 cm per rilevati in terra rinforzata;

30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A<sub>2-6</sub>, A<sub>2-7</sub>.

Per i rilevati eseguiti con la tecnica della terra rinforzata e in genere per quelli delimitati da opere di sostegno rigide o flessibili (quali gabbioni) sarà tassativo che la stesa avvenga sempre parallelamente al paramento esterno.

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ( $\pm 1,5\%$  circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHO Modificata (CNR 69 - 1978).

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se inferiore, l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, una energia costipante tale da assicurare il raggiungimento del grado di costipamento prescritto e previsto per ogni singola categoria di lavoro.

Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato, le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

Le terre trasportate mediante autocarri o mezzi simili non dovranno essere scaricate direttamente a ridosso delle murature, ma dovranno essere depositate in loro vicinanza e successivamente predisposte in opera con mezzi adatti, per la formazione degli strati da compattare.

Si dovrà inoltre evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di realizzazioni in muratura che non abbiano raggiunto le sufficienti caratteristiche di resistenza.

Nel caso di inadempienza delle prescrizioni precedenti sarà fatto obbligo all'appaltatore, ed a suo carico, di effettuare tutte le riparazioni e ricostruzioni necessarie per garantire la sicurezza e la funzionalità dell'opera.

Inoltre si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti della terra rinforzata o flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti anche operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

A ridosso delle murature dei manufatti la D.L. ha facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali costituenti i rilevati stessi, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm.

Il cemento sarà del tipo normale ed in ragione di 25-50 kg/m<sup>3</sup> di materiale compattato.

La Direzione Lavori prescriverà il quantitativo di cemento in funzione della granulometria del materiale da impiegare.

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della massa volumica del secco massima, ottenuta con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978), (CNR 22 - 1972), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sarà a forma trapezia avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a 2,00 m + 3/2 h e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di 30 cm di spessore, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio, salvo il caso che il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, nel quale detti gradoni non saranno necessari, e che sia tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso.

La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, si da ottenere i migliori risultati.

La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Si potrà provvedere all'inerbimento mediante sistemi alternativi ai precedenti, purché concordati con la Direzione Lavori.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'impresa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

Se nei rilevati avvenissero cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione della costruzione del rilevato, alla ripresa delle lavorazioni, la parte di rilevato già eseguita dovrà essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione in genere che vi si fosse insediata, dovrà inoltre essere aerata, praticandovi dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni e della deformabilità.

Qualora si dovessero costruire dei rilevati non stradali (argini di contenimento), i materiali provenienti da cave di prestito potranno essere solo del tipo  $A_6$  e  $A_7$ .

Restando ferme le precedenti disposizioni sulla compattazione.

#### *2.4.7.6 - Condizioni climatiche*

La costruzione di rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della Direzione Lavori, limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es.: pietrame).

Nella esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva si procederà, per il costipamento, mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati, che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

#### *2.4.8 Dreni*

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- dreni verticali prefabbricati
- dreni in sabbia

Le caratteristiche dei dreni, per quanto concerne il tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione, saranno definite dal progetto.

Hanno la funzione di realizzare nel terreno percorsi preferenziali per la raccolta delle acque ed accelerare i processi di consolidazione dei terreni argillosi saturi in corrispondenza dei rilevati. Eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della DL.

Tali variazioni dovranno comunque essere tali da garantire la medesima capacità e funzionalità.

##### *2.4.8.1. Dreni verticali prefabbricati*

Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili ed arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali simili avvolto intorno ad un elemento di irrobustimento centrale, sempre in materiale plastico o affine; il nastro può anche essere semplicemente costituito da un unico corpo filtrante in materiale plastico, senza elemento centrale.

I dreni prefabbricati a nastro permettono il flusso dell'acqua presente nel terreno lungo l'asse di sviluppo principale, longitudinale, dell'elemento filtrante.

L'inserimento nel terreno del dreno si esegue mediante l'infissione a pressione di un mandrino che viene successivamente estratto, lasciando in posto il dreno, oppure mediante la penetrazione a vibrazione di un tubo di infissione con elemento vibrante in testa, azionato idraulicamente, che trascina il dreno fino alla profondità richiesta per poi abbandonarlo.

#### *2.4.8.2. Dreni in sabbia*

I dreni in sabbia comportano la realizzazione di una perforazione di tipo verticale che viene successivamente riempita da sabbia opportunamente composta sul piano granulometrico in modo che possa operare come filtro, secondo modalità analoghe a quelle dei dreni prefabbricati.

Le metodologie di perforazione sono le medesime di quelle adottate nel caso di pali trivellati.

#### *2.4.8.3. Dreni verticali prefabbricati - modalità esecutive -*

##### *a) Caratteristiche dei nastri prefabbricati*

Il nastro drenante prefabbricato dovrà avere caratteristiche rese note dalla certificazione ufficiale del Produttore, preventivamente trasmesse alla DL ed approvate dalla medesima.

Sono ammessi nastri con involucro filtrante in tessuto non tessuto o carta con anima in PVC, polietilene o polipropilene, oppure nastri in cui anima ed involucro siano ugualmente costituiti da materiali plastici.

In ogni caso, i nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di Progetto ed in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a  $100 \text{ m}^3/\text{anno}$  (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a  $300 \text{ kN/m}^2$ ) ed un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno  $2 \text{ m/anno}$ .

##### *b) Attrezzatura di infissione*

Si utilizzeranno attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montate su torre con guide di scorrimento, in grado di raggiungere con il mandrino od i tubi di infissione la profondità prescritta dal Progetto nel contesto stratigrafico locale. Le caratteristiche delle attrezzature di infissione dovranno essere rese note alla DL.

Qualora motivato dalla necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a prefori eseguiti con sonda a rotazione o rotopercussione.

Il mandrino o la tubazione di infissione dovrà avere sezione trasversale ridotta al minimo indispensabile per garantire la necessaria resistenza.

Il dreno sarà connesso all'utensile di infissione con un elemento a perdere, in grado di garantire il sicuro vincolo del dreno all'utensile durante l'inserzione e l'ancoraggio del dreno al terreno all'atto del ritiro del mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.

c) Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere alla installazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50-80 cm, con fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio-grossa, con massima percentuale di passante al vaglio UNI da 0.075 mm del 3%.

I punti di infissione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile, e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.

d) Installazione

L'infissione dei dreni avverrà mediante pressione o vibrazione, con modalità tali, per quanto concerne le massime pressioni esercitate verso il basso e la velocità di penetrazione, da prevenire la rottura dei nastri prefabbricati o il mancato raggiungimento della profondità di progetto.

*2.4.8.4. Dreni in sabbia - modalità esecutive -*

a) Caratteristiche della sabbia drenante

Il materiale granulare utilizzato per il riempimento del foro dovrà essere conforme, per quanto concerne la composizione granulometrica, al fuso definito dal Progetto.

Qualora non definito espressamente, il fuso granulometrico di riferimento sarà il seguente:

APERTURA VAGLIO UNI (mm)	PASSANTE %	
	MIN.	MAX.
0.075	0	3
0.40	0	10
2.00	15	45
5.00	35	75
10.00	70	100

b) Attrezzatura

Sarà cura dell'Impresa comunicare, prima dell'inizio lavori, le caratteristiche delle attrezzature che lo stesso intende utilizzare.

Sono ammesse attrezzature di perforazione nelle quali l'avanzamento dell'utensile e la disgregazione del terreno, che viene asportato dal foro, avvengono mediante l'energia dinamica dell'acqua, attrezzature di perforazione ad elica o attrezzature con caratteristiche diverse.

In ogni caso, le attrezzature dovranno garantire il raggiungimento delle profondità prescritte dal Progetto con il relativo diametro e permettere la realizzazione dei dreni senza rischi di interruzione della continuità del fusto in sabbia.

c) Lavori preparatori

Prima di procedere alla perforazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di materiale granulare pulito, dello spessore di 50-80 cm.

I punti di perforazione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

d) Perforazione e riempimento dei fori

La conduzione della perforazione sarà eseguita con modalità preventivamente comunicate alla DL, tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura. Nel caso di impiego di tecniche con disgregazione idraulica del terreno, il foro sarà sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro mediante controspinta idrostatica. Non è ammesso l'uso di fluidi di perforazioni diversi dall'acqua, priva di additivi se non perfettamente biodegradabili in 20÷40 ore.

Il riempimento dei fori con sabbia sarà eseguito dal basso a risalire, iniziando da fondo foro, mediante il convogliamento della sabbia con tubazioni che, nel caso di perforazione con elica, potranno essere rappresentati dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

A riempimento eseguito, lo scarto sommitale di materiale granulare inquinato dai materiali provenienti dalla perforazione dovrà essere asportato e condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.

#### *2.4.9. Rilevati Speciali - Sperimentali -*

Con il termine “rilevati speciali” sono definite tutte le opere realizzate con materiali naturali o artificiali, destinate a formare alcune parti del corpo stradale .

Si distinguono in:

- a) rilevati in terra stabilizzata/migliorata;
- b) rilevati con materiali riciclati.

#### 2.4.9.1. Rilevati in terra stabilizzata/migliorata e consolidamento piano di appoggio

##### *Terra stabilizzata a calce*

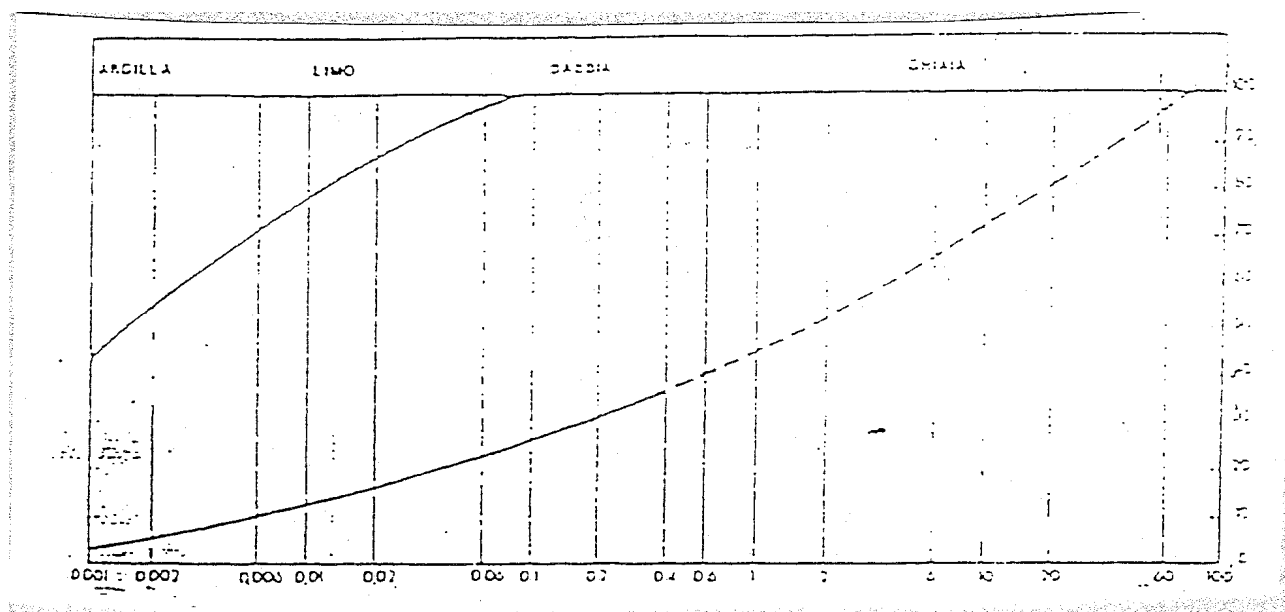
La terra stabilizzata a calce è una miscela composta da terra, calce viva od idrata e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico - chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo (CNR 36 - 1973).

Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a calce deve essere di tipo limo-argilloso ed avere indice di plasticità normalmente maggiore o uguale a 10.

Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaioso-argillose, ghiaioso-limose, sabbioso-argillose e sabbioso-limose (tipo A<sub>2-6</sub> e A<sub>2-7</sub>) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%.

Possono essere trattate con calce anche le "vulcaniti vetrose" costituite da rocce pozzolaniche ricche di silice amorfa reattiva.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato (CNR 36 - 1973):



il diametro massimo degli elementi viene definito in funzione dell'impiego della miscela (CNR n.36 - 1973).

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Inoltre le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La calce idrata dovrà essere conforme alle norme per l'accettazione delle calci di cui alle disposizioni vigenti.

La quantità di acqua e di calce con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (CNR - UNI 10009), a prove di costipamento ed eventualmente a prove di rottura a compressione, nonché a qualsiasi altra prova necessaria per una adeguata caratterizzazione (CNR 36/73).

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso dovrà essere determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR - UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di calce, permettendo di definire come variano con la quantità di calce i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori, la D. L. definirà di volta in volta la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in calce.

il suo tenore in calce sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

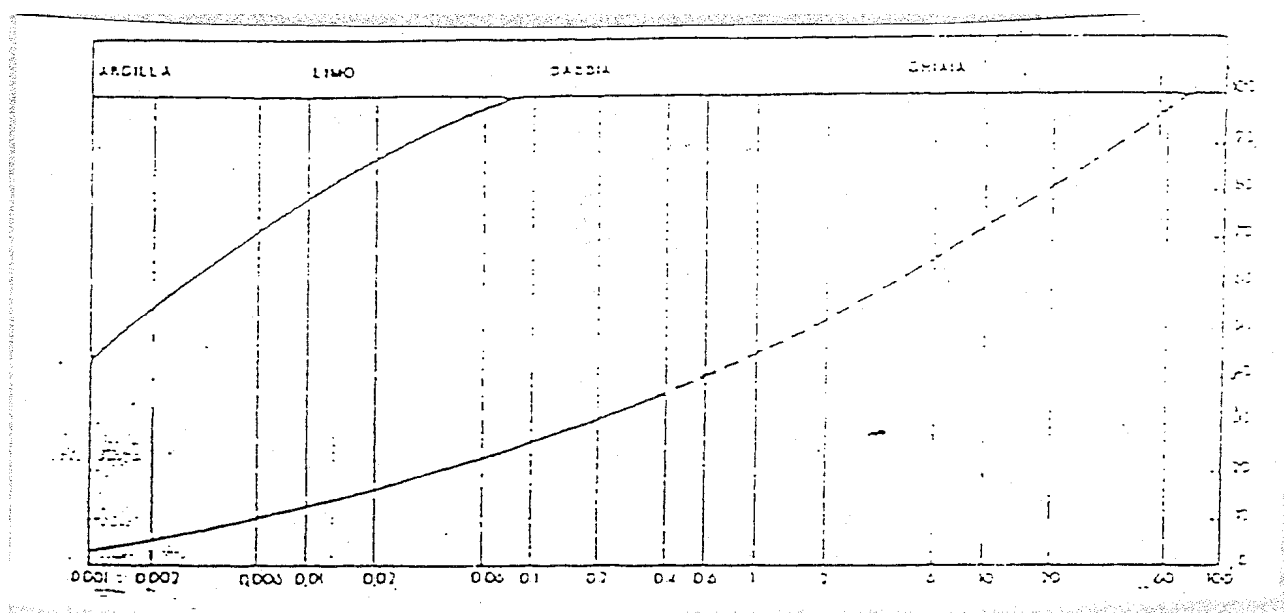
### *Terra stabilizzata a cemento*

La terra stabilizzata a cemento è una miscela composta da terra, cemento e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico - chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo. Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a cemento deve essere di tipo sabbioso, ghiaioso, sabbioso-limoso e/o argilloso, ghiaioso-limoso e/o argilloso e limoso, ed avere indice di plasticità normalmente minore di 15.

Possono essere trattati a cemento anche materiali friabili o profondamente alterati, purché riconducibili con un adeguato trattamento alle volute funzioni portanti.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato:





il diametro massimo degli elementi dovrà essere definito in funzione dell'impiego della miscela, preferibilmente dovrà essere inferiore ai 50 mm.

Il passante al setaccio 0.075 mm non deve superare il 50%.

Il tipo di cemento da impiegare dovrà essere del tipo Portland 32,5.

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Inoltre, le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La quantità di acqua e di cemento con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (CNR - UNI 10009), a prove di costipamento e prove di rottura a compressione, ed a qualsiasi altra prova che si ritenga necessaria.

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso viene determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma CNR - UNI 10009.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di cemento, permettendo di definire come variano con la quantità di cemento i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori, la D. L. definirà di volta in volta la composizione preventiva della miscela di progetto in modo che:

il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in cemento.

il suo tenore in cemento sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

#### *Piano di appoggio del rilevato*

Il trattamento in sito dei terreni di appoggio di rilevato, trattati con i suddetti leganti (calce o cemento) deve essere tale da garantire le caratteristiche di portanza previste dal progetto e comunque non inferiori a :

Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri :

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 Mpa, nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup>, (CNR 146 - 1992);

Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> (CNR 146 - 1992);

#### *Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo)*

Il valore minimo prescritto per l'indice CBR all'umidità ottima (CNR - UNI 10009) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 Mpa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup>.

#### *Rilevati*

I rilevati con materiali corretti, potranno essere eseguiti dietro ordine delle D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

Le caratteristiche di portanza delle terre stabilizzate con i leganti (calce o cemento), devono essere quelle previste dal progetto e comunque non inferiori a :

Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri :

il valore minimo prescritto per l'indice CBR (CNR - UNI 10009) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa, nell'intervallo di carico compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup> (CNR 146 - 1992);

Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup>.

### Resistenza al gelo

Nel caso in cui la terra debba essere impiegata in zone in cui l'azione del gelo non è occasionale, si debbono porre in atto ulteriori indagini e provvedimenti suggeriti dalle condizioni locali d'impiego onde evitare l'ammaloramento del materiale in opera per effetto del gelo. Un aumento del dosaggio del legante può risultare utile a questo scopo.

### Modalità di lavorazione

La stabilizzazione dei terreni con leganti implica il miglioramento delle caratteristiche della terra; i requisiti di idoneità della miscela ottenuta verranno accertate mediante prove di resistenza a compressione o prove di carico, e qualsiasi altra prova necessaria.

I procedimenti di riabilitazione o di stabilizzazione dei terreni argillosi con calce potranno avvenire con trattamento in sito (impianti mobili) oppure predisponendo le miscele da porre in opera in adeguati impianti fissi; comunque la miscela, una volta stesa, dovrà presentarsi uniformemente mescolata ed opportunamente umidificata secondo l'umidità ottima determinata mediante la relativa prova di laboratorio, e comunque non maggiore dell'1.5% dell'ottimo indicato dalla D.L..

La suddetta umidità dovrà essere determinata a miscela posta in opera e sarà determinata in sito mediante metodologie rapide definite dalla D. L..

Inoltre tale umidità dovrà essere mantenuta costante sino al termine delle operazioni di posa in opera.

Il singolo strato non dovrà avere spessore superiore ai 30 cm.

Tutti i processi dovranno comunque essere preventivamente approvati dalla D.L. e dovranno essere realizzati dall'Impresa sotto le disposizioni della stessa D.L..

Il trattamento in sito, eseguito sotto il controllo e le direttive della D.L., dovrà prevedere le seguenti fasi operative:

- scarificazione ed eventuale polverizzazione con ripper di motolivellatrici o con lame scarificatrici ed erpici a disco;
- spandimento del cemento in polvere mediante adatte macchine spanditrici; tale spandimento dovrà essere effettuato esclusivamente su quella porzione di terreno che si

prevede di trattare entro la giornata lavorativa; si dovrà impedire a qualsiasi macchinario, eccetto quello necessario che verrà impiegato per la miscelazione, di attraversare la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato miscelato con il terreno.

Il quantitativo necessario al trattamento dell'intero strato, sarà distribuito in maniera uniforme sulla superficie ed in maniera da risultare soddisfacente al giudizio della D. L.;

- mescolazione con adeguati mescolatori ad albero orizzontale rotante. Il numero di passate dipende dalla natura del suolo e dal suo stato idrico. Si dovrà inoltre garantire un adeguato periodo di maturazione della miscela, da determinarsi di volta in volta a seconda della natura dei terreni.

L'Impresa dovrà garantire una adeguata polverizzazione della miscela, che si considera sufficiente quando l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, attraversa il setaccio 4 UNI (apertura di 4,76 mm).

Nel caso in cui le normali operazioni di mescolazione non dovessero garantire questo voluto grado di polverizzazione, l'Impresa dovrà procedere ad una preventiva polverizzazione della terra, affinché si raggiungano tali requisiti nella miscelazione dell'impasto.

- compattazione e finitura con rulli a "piedi di montone", che precedono i passaggi di rulli gommati pesanti e/o rulli lisci vibranti. La sagomatura finale dovrà essere operata mediante motolivellatrice.

La velocità di compattazione dovrà essere tale da far sì che il materiale in oggetto, venga costipato, prima dell'inizio della presa del legante.

Nella stabilizzazione a cemento, dopo il costipamento, si dovrà predisporre un adeguato strato di protezione per la maturazione, evitando di disturbare lo strato nella fase di presa per almeno 24 ore.

Le operazioni di trattamento e posa in opera della terra stabilizzata dovranno essere effettuate in condizioni climatiche tali da garantire il voluto contenuto di acqua determinato attraverso la campagna sperimentale preliminare, ed inoltre si richiede per la posa in opera una temperatura minima di 7 °C.

Al termine della giornata di lavoro, e comunque in corrispondenza delle interruzioni delle lavorazioni, si dovrà predisporre, in corrispondenza della parte terminale dello strato, una traversa al fine di far sì che anche porzione risulti soddisfacentemente costipata nonché livellata.

Il trattamento effettuato con adeguati impianti fissi o mobili dovrà essere approvato preventivamente dalla D.L., la quale potrà intervenire con opportune direttive, variazioni e/o modifiche durante la posa in opera dei materiali.

*2.4.9.2. Rilevati con materiali riciclati da rifiuti speciali da demolizione edile*

In alternativa ai materiali naturali rispondenti alla classificazione C.N.R. U.N.I. 10006, può essere previsto, nella costruzione di rilevati, l'impiego di inerti provenienti da recupero e riciclaggio di materiali edili e di scorie industriali.

I rilevati con materiali riciclati, potranno essere eseguiti previa autorizzazione della D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale.

E' comunque vietato l'utilizzo diretto dei materiali provenienti da demolizioni, costruzioni e scavi ai sensi del D.P.R. 10-9-1982 n. 915 e seguenti, e del Decreto Legislativo n° 22 del 5/02/1997 e successive modifiche ed integrazione.

L'uso di tali materiali è consentito previo loro trattamento in appositi impianti di riciclaggio autorizzati secondo la normativa di Legge vigente.

Gli impianti di riciclaggio dovranno essere costituiti da distinte sezioni di trattamento, attraverso fasi meccanicamente e tecnologicamente interconnesse di macinazione, vagliatura, selezione granulometrica e separazione dei materiali ferrosi, legnosi, e delle frazioni leggere, nonché delle residue impurità, per la selezione dei prodotti finali.

Gli impianti dovranno comunque essere dotati di adeguati dispositivi per la individuazione di materiali non idonei.

Dovrà essere preventivamente fornita alla DL oltre all'indicazione dell'impianto o degli impianti di produzione, con la specifica delle caratteristiche delle modalità operative riferite sia alla costanza di qualità del prodotto, sia ai sistemi di tutela da inquinanti nocivi, una campionatura significativa del materiale prodotto e le eventuali certificazioni relative a prove sistematiche fatte eseguire su materiali.

Il materiale dovrà comunque rispondere alle specifiche tecniche di seguito riportate.

Il materiale fornito dovrà avere pezzatura non superiore a 71 mm. e dovrà rientrare nel fuso granulometrico di seguito riportato.

<b>Serie Crivelli e Setacci UNI</b>	<b>passante % in peso</b>
crivello 71	100
crivello 40	75 - 100
crivello 25	60 - 87
crivello 10	35 - 67
setaccio 2	15 - 40
setaccio 0.4	7 - 22
setaccio 0.075	2 - 15

I componenti lenticolari non dovranno essere ( definite come in BU CNR n° 95/84) in quantità superiore al 30 % ;

Devono essere assenti sostanze organiche (UNI 7466/75 II parte) o contaminanti, ai sensi del D.P.R. 10.9.1989 n° 915 pubblicato sulla G.U. n°343 del 15.12.82.

Prove di prequalificazione del materiale:

a) determinazione della percentuale di rigonfiamento, che dovrà essere secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009) , inferiore a 1%;

b) prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;

c) verifica della sensibilità al gelo (CNR 80/1988 Fasc. 4 art. 23 modificato), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A); sarà ritenuto idoneo il materiale con sensibilità al gelo  $G \leq 30$ ;

Per la posa in opera, si dovrà procedere alla determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante procedimento AASHO modificato (CNR 69 - 1978) e per la stesa del materiale si dovrà procedere per strati di spessore compreso fra 15 a 30 cm., secondo le indicazioni della D.L., costipati per mezzo di rulli vibranti di tipo pesante.

Il materiale dovrà essere scaricato in cumuli estesi e immediatamente sottoposto ad una prima umidificazione, per evitare la separazione delle parti a diversa granulometria, non essendo presente di norma la umidità naturale.

L'umidità da raggiungersi non dovrà essere inferiore al 7-8 %.

Il materiale dovrà essere posto in opera mediante motolivellatore (Grader), o con altro mezzo idoneo, di adeguata potenza, in maniera da evitare comunque la separazione dei componenti di pezzatura diversa, e adeguatamente rullato a umidità ottimale.

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) (CNR 146 - 1992 ) dovrà risultare non inferiore a:

50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale in rilevato;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup>, sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m, al di sotto del piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale;

15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più , al di sotto del piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale.

Per i suddetti materiali valgono le stesse prescrizioni di grado di costipamento già specificato per le terre.

## **2.5. SPECIFICA DI CONTROLLO**

### *2.5.0. Disposizioni generali*

La seguente specifica si applica ai vari tipi di rilevato costituenti l'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.

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

L'Impresa per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, terre, calci, cementi, etc) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla D.L., i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio Ufficiale e comunque secondo quanto prescritto dalla Circ. ANAS n° 14/1979.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale.

I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

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

La frequenza minima delle prove ufficiali sarà quella indicata nella allegata Tabella 2, la frequenza delle prove di cantiere, sarà imposta dalle puntuali verifiche che il programma di impiego dei materiali, approvato preventivamente dalla D.L., vorrà accertare.

I materiali da impiegare a rilevato, sono caratterizzati e classificati secondo le Norme CNR-UNI 10006/63, e riportati nell'allegata Tabella 1.

La normativa di riferimento per esercitare i controlli conseguenti, sono indicati nel seguente prospetto:

CATEGORIE DI LAVORO E MATERIALI	CONTROLLI PREVISTI	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
MOVIMENTI DI TERRA		D.M. 11.03.1988 C.LL.PP. n.30483 del 24.09.1988
PIANI DI POSA DEI RILEVATI	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
PIANI DI POSA DELLE FONDAZIONI STRADALI IN TRINCEA	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
FORMAZIONE DEI RILEVATI	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito Prova di carico su piastra CBR Impiego della calce	C.N.R.-UNI 10006/63 B.U.- C.N.R. n.69 B.U.- C.N.R. n.22 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI CNR - UNI 10009 B.U.- C.N.R. n.36 A VII

#### 2.5.0.1 Prove di laboratorio

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica ;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua ;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 ;
- prova di costipamento con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) ;

la caratterizzazione e frequenza delle prove è riportata in Tabella 2.

#### 2.5.0.2 Prove di controllo in fase esecutiva



L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, inviando i campioni di norma al Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio Ufficiale.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio Compartimentale previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti ; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

La frequenza e le modalità delle prove sono riportate nella Tabella 2.

#### *2.5.0.3 Prove di controllo sul piano di posa*

Sul piano di posa del rilevato nonché nei tratti in trincea, si dovrà procedere, prima dell'accettazione, al controllo delle caratteristiche di deformabilità, mediante prova di carico su piastra (CNR 146-1992) e dello stato di addensamento (massa volumica in sito, CNR 22 - 1972). La frequenza delle prove è stabilita in una prova ogni 2000 mq, e comunque almeno una per ogni corpo di rilevato o trincea.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La Direzione Lavori potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione, ecc.).

Il controllo della strato anticapillare sarà effettuato con le stesse frequenze per i singoli strati del rilevato, e dovrà soddisfare alle specifiche riportate al punto 2.4.7.3.

**TABELLA 2**

Frequenza delle prove (almeno 1 ogni m<sup>3</sup> \_\_\_\_)

TIPO DI PROVA	RILEVATI STRADALI				TERRE RINFORZATE	
	<i>Corpo del rilevato</i>		<i>Ultimo strato di cm 30</i>			
	primi 5000 m <sup>3</sup>	successivi m <sup>3</sup>	primi 5000 m <sup>3</sup>	successivi m <sup>3</sup>	primi 5000 m <sup>3</sup>	successivi m <sup>3</sup>
Classificazione CNR-UNI 10006/63	500	10000	500	2500	500	5000
Costipamento AASHO Mod. CNR	500	10000	500	2500	500	5000
Massa volumica i B.U. CNR n.22	250	5000	250	1000	250	1000
Prova di carico su piastra CNR 9 - 67	*	*	500	2000	1000	5000
Controllo umidità	**	**	**	**	**	**
Resistività	*	*	*	*	500	5000
pH	*	*	*	*	500	5000
Solfati e cloruri	*	*	*	*	5000	5000
* Su prescrizione delle Direzione Lavori						
** Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali e alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato						

**TABELLA 1**  
**FORMAZIONE DEL RILEVATO - GENERALITÀ, CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI**

Prospetto I - Classificazione delle terre													
Classificazione generale	Terre ghiaio - sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $\leq$ 35%							Terre limo - argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35%				Torbe e terre organiche palustri	
Gruppo	A 1		A 3	A 2				A 4	A 5	A 6	A 7		A 8
Sottogruppo	A 1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Analisi granulometrica . Frazione passante allo staccio 2 UNI 2332 % 0,4 UNI 2332 % 0,075 UNI 2332 %	$\leq 50$ $\leq 30$ $\leq 15$	— $\leq 50$ $\leq 25$	— $> 50$ $\leq 10$	— — $\leq 35$	— — $\leq 35$	— — $\leq 35$	— — $\leq 35$	— — $> 35$	— — $> 35$	— — $> 35$	— — $> 35$	— — $> 35$	

Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI2332	—	—	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	
Limite liquido	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10max	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10	
Indice di plasticità										(IP ≤ IL-30)	(IP>L L-30)	
Indice di gruppo	0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20			
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grassa ,pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Sabbia fine	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressi bili	Limi poco compres sibili	Argill e poco compres sibili	Argill e fortem ente compres sibili i fortem ente plastic he	Argil le fortem ent e compres sibili fortem ent e plasti che	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono						Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve		Media				Molto elevata		Media	Elevat a	Medi a	

Ritiro o rigonfiamento	Nullo		Nullo o lieve		Lieve o medio	Elevat o	Elevat o	Molt o elevat o	
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa			Scarsa o nulla			
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabile	Aspri al tatto - Incoeren ti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla		Reagiscono alla prova di scuotimento* - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido	Non reagiscono alla prova di scuotimento* - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di color bruno o nero - Facilmente individuabili a vista
* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille . Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera , che comparirà comprimendo il campione fra le dita.									

### *2.5.1 Controllo dei materiali impiegati nel miglioramento e nella stabilizzazione a calce e/o cemento*

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

Il trattamento a calce e/o cemento richiede particolare cura nelle varie fasi della lavorazione. In caso contrario gli esiti positivi riscontrati in laboratorio, potrebbero essere decisamente compromessi.

#### *2.5.1.1. Prove di laboratorio*

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica (una almeno ogni 1.000 m<sup>3</sup> di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (una ogni giorno);
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 (una ogni giorno);

Sul materiale trattato, verranno effettuate le seguenti prove:

- Polverizzazione del materiale trattato (una ogni 500 m<sup>2</sup>)
- CBR (dopo 7 giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua) (una ogni 500 m<sup>2</sup>)

#### *2.5.1.2 Prove in sito*

Le caratteristiche dei materiali, posti in opera, saranno inoltre accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito (una ogni 1000 m<sup>3</sup>)
- Prova di carico con piastra circolare (una ogni 1000 m<sup>3</sup>);

#### *2.5.1.3 Prove di controllo sul piano di posa*

Le prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati, sottoposto a stabilizzazione con calce e cemento, avranno la frequenza di una prova ogni 1000 m<sup>2</sup>.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

### *2.5.2 Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali da demolizione edile*

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

#### *2.5.2.1 Prove di laboratorio*

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69);
- determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI 10009);
- verifica della sensibilità al gelo (CNR BU n° 80/80), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A);
- prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale da porre in opera.

#### *2.5.2.2. Prove in sito*

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare ;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera.

### *2.5.3 Controllo dei materiali riciclati da rifiuti speciali industriali - scorie*

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

#### *2.5.3.1. Prove di laboratorio*

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69);
- determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità);
- analisi granulometrica ;
- determinazione dell'attività;

La determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità) e del tenore di acqua, la granulometria e l'attività verranno determinate ogni 200 t di materiale.

#### 2.5.3.2 Prove in sito

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare ;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera.

#### 2.5.4 - Telo Geotessile “tessuto non tessuto”.

Lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene .

Il geotessile dovrà essere del tipo “a filo continuo” , prodotto per estrusione del polimero . Dovrà essere composto al 100% da polipropilene di prima scelta (con esclusione di fibre riciclate), agglomerato con la metodologia dell'agugliatura meccanica, al fine di evitare la termofusione dei fili costituenti la matrice del geotessile.

Non dovranno essere aggiunte, per la lavorazione, resine o altre sostanze collanti.

<b>Caratteristiche tecniche</b>	<b>POLIPROPILENE</b>
<i>Massa volumica (g/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>0,90</i>
<i>Punto di rammollimento (K)</i>	<i>413</i>
<i>Punto di fusione (K)</i>	<i>443 ÷ 448</i>
<i>Punto di umidità % (al 65% di umidità relativa)</i>	<i>0,04</i>
<i>Resistenza a trazione (N/5cm)</i>	<i>1900</i>



Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8279/Parte 1, intendendosi per N l'unità elementare di un rotolo.

I prelievi dei campioni saranno eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori; le prove dovranno essere effettuate presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

La qualificazione del materiale sarà effettuata mediante le prove previste dalle norme UNI e dai B.U. del CNR n° 142/92, n° 143/92, n° 144/92 e n° 145/92, riportate nella seguente tabella:

Campionatura <b>CARATTERISTICA</b>	<b>RIFERIMENTO</b>
(per N deve intendersi il rotolo o la pezza)	UNI 8279/1
Peso, in $\text{g/m}^2$	UNI 5114
Spessore, in mm	UNI 8279/2
Resistenza a trazione su striscia di cm 5, in N	UNI 8639
Allungamento, in %	UNI 8639
Lacerazione, in N	UNI 8279/9
Resistenza alla perforazione con il metodo della sfera, MPa	UNI 8279/11
Punzonamento, in N	UNI 8279/14
Permeabilità radiale all'acqua, in cm/s	UNI 8279/13
Comportamento nei confronti di batteri e funghi	UNI 8986
Creep nullo al 25% del carico di rottura ed un allungamento sotto carico di esercizio pari al 2%-9%	
Diametro di filtrazione, espresso in micron, corrispondente a quello del 95% in peso degli elementi di terreno che hanno attraversato il geotessile, determinato mediante filtrazione idrodinamica	

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i seguenti requisiti:

REQUISITO	VALORE DI RIFERIMENTO
peso (UNI 5114)	$\geq 300 \text{ g/m}^2$
resistenze a trazione su striscia di cm 5 (UNI 8639)	$> 19 \text{ kN}$
allungamento (UNI 8639)	$> 60\%$
lacerazione (UNI 8279/9)	$> 0,5 \text{ kN/m}$
punzonamento (UNI 8279/14)	$> 3,1 \text{ kN}$
permeabilità radiale all'acqua alla pressione di 0,002 MPa (UNI 8279/13)	$> 0,8 \text{ cm/s}$
dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile	$< 100 \mu\text{m}$

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

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

#### 2.5.5 *Controllo scavi*

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

##### a) Prove di laboratorio

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

##### Terre:

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

- eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

#### Rocce:

- resistenza a compressione monoassiale;

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

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue :

- ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni qualvolta richiesto dalla DL.

#### b) Prove in sito

##### Terre :

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

##### Rocce :

si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni.

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

### 2.5.6 *Controllo dreni prefabbricati*

#### a) Controllo dei materiali

Il produttore allegnerà ad ogni lotto una certificazione del prodotto dove saranno riportate le caratteristiche del materiale conformi a quanto specificato dal presente capitolato.

#### b) Attrezzature d'infissione

L'impresa dovrà presentare, prima dell'inizio dei lavori e per conoscenza, alla D.L. una relazione tecnica riguardante le metodologie scelte per la realizzazione dei dreni e le caratteristiche delle attrezzature.

Qualora si preveda di impiegare sonde a rotazione o a rotopercolazione, la D.L. dovrà approvare specificatamente l'impiego di tali attrezzature.

Durante la posa in opera dovrà essere redatta una apposita scheda sulla quale dovrà essere riportata la effettiva lunghezza installata per ciascun dreno.

Si dovrà riportare inoltre la posizione planimetrica rispetto agli elaborati di progetto, e che questa non si discosti più di 10 cm dalla suddetta posizione.

#### 2.5.7 *Controllo dreni in sabbia*

##### a) Qualifica dei materiali

L'Impresa per ogni lotto fornito, e comunque ogni 100 m<sup>3</sup> di sabbia, dovrà effettuare prove granulometriche atte a verificare la conformità della partita alla granulometria specificata negli elaborati progettuali.

In assenza di tali specifiche, si adotterà il fuso riportato nel punto 2.7.8.4. del presente capitolato.

##### b) Attrezzature d'impiego

Qualora si preveda di impiegare fluidi di perforazione diversi da acqua o additivi di questa, si richiederà l'approvazione specifica della D.L.

##### c) Fase esecutiva

In fase esecutiva per ogni dreno si dovrà compilare una scheda sulla quale verranno riportate:

- discordanza con la posizione di progetto, che comunque non dovrà essere superiore a 10 cm;
- profondità raggiunta dalla perforazione;
- quantitativo complessivo di sabbia immessa;
- caratteristiche della certificazione relativa al lotto di materiale granulare;
- caratteristiche delle attrezzature di perforazione;
- fluido impiegato per la perforazione.

**SEZIONE 4**

**- DEMOLIZIONI -**

## **INDICE**

### **1.0 - DEMOLIZIONI**

**1.1 – Demolizione di murature, di fabbricati e opere murarie in genere**

**1.2 - Idrodemolizioni**

**1.3 - Demolizione di pavimentazione o massicciata stradale in conglomerato bituminoso**

**1.4 – Demolizione di sede ferroviaria**

**1.5 – Demolizione di binari**

**1.6 – Adeguamento planimetrico-altimetrico di binari**

**1.7 – Demolizione di scambi**

**1.8 – Demolizione di paraurti**

## **1.0 - DEMOLIZIONI**

### **1.1 – Demolizione di murature, di fabbricati e opere murarie in genere**

Vedi successivo capitolo 26.2

### **1.2 - Idrodemolizioni**

La idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio su strutture di ponti e viadotti dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione modulabile fino a 1500 bar, con portate fino a 300 l/min, regolabili per quanto attiene la velocità operativa.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore alla minima indicata in progetto.

L'Impresa dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e la pulizia della superficie risultante.

Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo a distanza, nonché di idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico.

Dovranno rispondere inoltre alle vigenti norme di Legge in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro (D.lgs 626/94, D.Lgs 494/96, ecc.) alle quali l'impresa dovrà uniformarsi in sede operativa.

### **1.3 - Demolizione di pavimentazione o massicciata stradale in conglomerato bituminoso**

La demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso per l'intero spessore o per parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, con nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Tali attrezzature dovranno essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori relativamente a caratteristiche meccaniche, dimensioni e capacità produttiva; il materiale fresato dovrà risultare idoneo, ad esclusivo giudizio della stessa Direzione Lavori, per il reimpiego nella confezione di conglomerati bituminosi.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori e non saranno pagati maggiori spessori rispetto a quelli previsti o prescritti.

Se la demolizione interessa uno spessore inferiore a 15 cm, potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa; per spessori superiori a 15 cm si dovranno effettuare due passaggi di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare longitudinalmente sui due lati dell'incavo un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm.

Le superfici scarificate dovranno risultare perfettamente regolari in ogni punto, senza discontinuità che potrebbero compromettere l'aderenza dei nuovi strati; i bordi delle superfici scarificate dovranno risultare verticali, rettilinei e privi di sgretolature.

La pulizia del piano di scarifica dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di spazzole rotanti e dispositivo aspiranti in grado di dare il piano depolverizzato.

Nel caso di pavimentazione su impalcati di opere d'arte, la demolizione dovrà eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità della sottostante soletta; in questi casi potrà essere richiesta la demolizione con scalpello a mano con l'ausilio del martello demolitore.

Solamente quando previsto in progetto e in casi eccezionali, si potrà eseguire la demolizione della massicciata stradale, con o senza conglomerato bituminoso, anche su opere d'arte, con macchina escavatrice od analoga e nel caso in cui il bordo della pavimentazione residua debba avere un profilo regolare, per il taglio perimetrale si dovrà fare uso della sega clipper.

#### **1.4 - Demolizione di sede ferroviaria**

La demolizione della sede ferroviaria, totale o parziale, dovrà essere effettuata con idonee attrezzature che dovranno essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori relativamente a caratteristiche meccaniche, dimensioni e capacità produttiva; e' a carico dell'impresa l'onere della cernita del materiale proveniente dalle demolizioni, con carico e trasporto su carri ferroviari e successivo accatastamento nei luoghi che saranno indicati dalla Committenza, dei materiali recuperabili che potranno risultare idonei, ad esclusivo giudizio della stessa Direzione Lavori, per il reimpiego o futuro riutilizzo. I materiali di risulta non riutilizzabili dovranno essere trasportati a discarica. Nel caso di materie terrose o ghiaiose di risulta provenienti dalle rimozioni, queste potranno essere disperse sul posto, quando ciò sia consentito dalla Committenza, mediante regolare spianamento della sede su cui esisteva l'opera rimossa.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente i manufatti e opere previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori e non saranno pagati maggiori lavorazioni rispetto a quelli previsti o prescritti.

La pulizia dell'area di demolizione dovrà essere effettuata con idonee attrezzature.

##### **1.4.1 - Demolizione di binario**

Nel prezzo sono compresi e compensati, ove non diversamente specificato, gli oneri di seguito indicati: la demolizione, ripristino e bitumatura della massicciata stradale in corrispondenza dei passaggi a livello esistenti lungo la linea e nelle stazioni, la guarnitura della massicciata, ove esistente, per liberare gli organi del binario; lo smontaggio e la rimozione degli organi del binario e delle controrotaie se esistenti; la regolarizzazione superficiale della sede del binario demolito mediante colmata dei vani lasciati liberi dagli appoggi ed il regolare spianamento della sede stessa per tutta la larghezza della massicciata fino all'asse dell'intervista o al lembo dell'unghiatura.

##### **1.4.2 – Adeguamento planimetrico-altimetrico di binari**

Nel prezzo si intendono compresi e compensati, ove non diversamente specificato, gli oneri di seguito indicati: lo smontaggio delle ganasce di giunzione, previa lubrificazione delle chiavarde da eseguirsi almeno il giorno avanti, raschiatura con spazzole metalliche delle superfici interne delle ganasce stesse e delle rotaie per tutta la zona interessata, la giunzione, esame delle estremità delle rotaie per rilevarne eventuali lesioni; spalmatura con miscela lubrificante delle superfici ripulite; per le rotaie costituite in lunga barra saldata, l'Appaltatore avrà l'obbligo di provvedere ai necessari tagli con cannello per ricavare rotaie o sezioni di rotaie della lunghezza che verrà stabilita dalla Committenza nonché a provvedere dopo lo spostamento, alla ricostituzione della lunga barra saldata con regolazione delle tensioni interne; la regolarizzazione delle luci di dilatazione delle rotaie di qualsiasi tipo e lunghezza, nei tratti armati con giunzioni, in modo che non si abbiano a riscontrare fra le nuove luci regolarizzate e



quelle delle tabelle di posa differenze superiori ad un millimetro in meno e due millimetri in più. (Per i binari secondari delle stazioni e dei piazzali va operata la ripartizione delle luci esistenti, in modo che non si abbiano a riscontrare fra le luci stesse differenze superiori a due millimetri rispetto al loro valore medio). Nella suddetta regolarizzazione è inoltre compreso:

- a) lo scorrimento continuo delle rotaie;
- b) l'applicazione e rimozione di serraglie provvisorie nonché l'applicazione di quelle definitive di qualsiasi lunghezza dopo lo scorrimento del ferro e, ove i giunti siano affacciati, l'eliminazione del fuori squadra anche con la modifica, se occorre, della distribuzione delle rotaie corte nelle curve;
- c) lo stringimento accurato di tutti gli organi di attacco esistenti, previa lubrificazione anticipata di almeno un giorno, compresa la sostituzione od aggiunta di quelli che risultassero deteriorati o mancanti, nonché la sostituzione od aggiunta delle tavolette di legno o di gomma rotte, deteriorate o mancanti e la sistemazione di quelle che eventualmente si fossero spostate dalla loro sede;
- d) l'eventuale smontaggio e rimontaggio delle controrotaie esistenti;
- e) lo stringimento accurato delle chiavarde di serraggio nelle traverse accoppiate di giunzione previa lubrificazione anticipata di almeno un giorno;
- f) la regolarizzazione della posa delle traverse che si trovano in fuori squadra o a interasse irregolare, ammettendo una tolleranza del 10% (dieci per cento) rispetto alla misura dell'interasse stabilito dal tipo di posa teorica (gli oneri di cui al presente comma trovano applicazione quando vengano richiesti spostamenti trasversali superiori a dieci centimetri);
- g) il ricollocamento in opera delle ganasce;
- h) la regolare distribuzione, nella nuova posizione assunta dalle giunzioni, delle due traverse di giunto e di altre due per parte ad esso adiacenti, tollerando una differenza del 10% (dieci per cento) rispetto alla misura dell'interasse prescritto dal tipo di posa teorica;
- i) il ricambio e rilavorazione di traverse e legnami che saranno necessari o ordinati per qualunque motivo anche per la correzione dello scartamento, da effettuarsi su appoggi alterni in modo che ogni traversa in corso di sostituzione o di rilavorazione resti compresa fra almeno due traverse efficienti (e cioè rincalzate e con gli organi di attacco regolarmente serrati);
- l) le operazioni di ricambio e rilavorazione di traverse e legnami saranno compensate a parte;
- m) l'eliminazione, mediante taglio con scalpello o con mola a smeriglio, e successiva limatura delle sbavature o rifluimenti di metallo creatisi sulle testate delle rotaie.

#### **1.4.3 - Demolizione di scambi**

Nel prezzo sono compresi e compensati i seguenti oneri: la sguarnitura della massicciata necessaria per liberare gli organi di attacco e di giunzione, nonché i meccanismi; lo smontaggio, in corrispondenza delle giunzioni o delle eventuali saldature, compresi i tagli con cannello occorrenti, per ricavare le singole parti costituenti lo scambi (ago-contrago, rotaie intermedie, cuore, rotaia-controrotaia) e successiva rimozione ed accatastamento delle parti metalliche smontate nonché dei legnami o dei traversoni in c.a.v.p.; la regolarizzazione superficiale, ove necessario, della sede dello scambio demolito mediante colmata dei vani lasciati liberi dagli appoggi ed il regolare spianamento della sede stessa per tutta la larghezza della massicciata fino all'asse dell'intervista o al lembo dell'unghiatura.

#### **1.4.3 - Demolizione di paraurti**

Nel prezzo della voce sono compresi e compensati gli oneri di seguito elencati: - la rimozione d'opera della ferramenta (staffe, ganasce, caviglie, ecc.) e delle traverse formanti il cassone, compresi gli scavi occorrenti per la rimozione delle traverse stesse; l'accantonamento dei materiali ricavati nei luoghi indicati dalle Ferrovie nell'ambito del cantiere; il riempimento della vecchia sede di infissione delle traverse, nonché dei vani scavati in precedenza per la rimozione delle traverse stesse; il carico su carri ferroviari di proprietà delle Ferrovie, condotti

in prossimità del luogo di ricavo a cura e spese dell'Appaltatore, delle materie terrose o ghiaiose di risulta provenienti dal cassone demolito, oppure la dispersione sul posto delle materie stesse quando ciò sia consentito dalle Ferrovie; la sistemazione, mediante regolare spianamento, della sede su cui esisteva il paraurti a cassone demolito

**SEZIONE 5**

**- MURATURE -**

## **INDICE**

- 1.0. Murature
- 1.1. Murature di mattoni
- 1.2. Murature di pietrame a secco
- 1.3. Murature di pietrame e malta
- 1.4. Murature di calcestruzzo con pietrame annegato (Calcestruzzo ciclopico)
- 1.5. Murature in pietra da taglio

## **1.0. Murature**

Con tale denominazione si indicheranno le seguenti possibili tipologie:

- murature di mattoni;
- murature di pietrame a secco;
- murature di pietrame e malta;
- murature di calcestruzzo con pietrame annegato;
- murature in pietra da taglio;

### **1.1. Murature di mattoni**

I materiali, all'atto dell'impiego, dovranno essere abbondantemente bagnati per immersione sino a sufficiente saturazione.

Essi dovranno essere messi in opera a regola d'arte, con le connessure alternate in corsi ben regolari, saranno posti sopra uno strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rimonti all'ingiro e riempi tutte le connessure.

La larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di 1 cm, né minore di 1/2 cm.

Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto si dovrà aver cura di scegliere, per le facce esterne, i mattoni di migliore cottura a spigolo vivo, meglio formati e di colore uniforme, disponibili con perfetta regolarità di piani a ricorrere ed alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento le connessure di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di mm 5 e, previa la loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica e diligentemente compresse e lisceate con apposito ferro, senza sbavature.

### **1.2. Murature di pietrame a secco**

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma più che sia possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda. Le pietre saranno collocate in opera in modo che contrastino e si concatenino fra loro il più possibile scegliendo per i paramenti quelle di dimensioni non inferiori a cm 20 di lato, e le più adatte per il migliore combaciamento.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali. Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie, soltanto per appianare i corsi e riempire interstizi fra pietra e pietra.

Per i cantonali si useranno le pietre di maggiori dimensioni e meglio rispondenti allo scopo. La rientranza delle pietre del paramento non dovrà mai essere inferiore all'altezza del corso. Inoltre si disporranno frequentemente pietre di lunghezza tale da penetrare nello spessore della muratura.

A richiesta della Direzione dei Lavori l'impresa dovrà lasciare opportune feritoie regolari e regolarmente disposte, anche in più ordini, per lo scolo delle acque.

La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno, in controripa, o comunque isolati, sarà sempre coronata con una copertina di muratura di malta o di calcestruzzo, delle dimensioni che, di volta in volta, verranno fissate dalla Direzione dei Lavori.

### **1.3. Murature di pietrame e malta**

La muratura di pietrame con malta cementizia dovrà essere eseguita con elementi di pietrame delle maggiori dimensioni possibili e, ad ogni modo, non inferiore a cm 25 in senso orizzontale, cm 20 in senso verticale e cm 30 di profondità.

Per i muri di spessore di cm 40 si potranno avere alternanze di pietre minori.

Le pietre, prima del collocamento in opera, dovranno essere diligentemente pulite ove occorra, a giudizio della Direzione dei Lavori, lavate.

Nella costruzione della muratura, le pietre dovranno essere battute col martello e rinzeppate diligentemente con scaglie e con abbondante malta, così che ogni pietra resti avvolta dalla malta stessa e non rimanga alcun vano od interstizio. In assenza di specifiche indicazioni progettuali la malta verrà dosata con Kg 350 di cemento per ogni m<sup>3</sup> di sabbia.

Per le facce viste delle murature di pietrame, secondo gli ordini della Direzione dei Lavori, potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta);
- a mosaico grezzo;
- con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;
- con pietra squadrata a corsi regolari.

Nel paramento con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta), il pietrame dovrà essere scelto diligentemente e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana. Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere spianate e adattate col martello, in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di cm 10.

Nel paramento a mosaico grezzo, le facce viste dei singoli pezzi dovranno essere ridotte, col martello a punta grossa, a superficie piana poligonale; i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a corsi pressoché regolari, il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadriati, sia col martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro e quelle di combaciamento normali a quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate alla prova del regolo rientranze o sporgenze non maggiori di 15 millimetri.

Nel paramento a corsi regolari, i conci dovranno essere resi perfettamente piani e squadriati, con la faccia vista rettangolare, lavorata a grana ordinaria; essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero eguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra due corsi successivi non maggiori di cm 5.

La Direzione dei Lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune

parti, i filari del paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza con quelli della pietra da taglio.

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari, quanto in quello a corsi regolari, non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno due terzi della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà essere mai minore di cm 15 nei giunti verticali.

La rientranza dei singoli pezzi non sarà mai minore della loro altezza, né inferiore a cm 30; l'altezza minima dei corsi non dovrà essere mai minore di cm 20.

In entrambi i paramenti a corsi, lo spostamento di due giunti verticali consecutivi non dovrà essere minore di cm 10 e le connessure avranno larghezza non maggiore di un centimetro.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le connessure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere e da qualche altra materia estranea, lavandole a grande acqua e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Il nucleo della muratura dovrà essere costruito sempre contemporaneamente ai rivestimenti esterni.

Riguardo al magistero ed alla lavorazione della faccia vista in generale, ferme restando le prescrizioni suindicate, viene stabilito che l'Appaltatore è obbligato a preparare, a proprie cure e spese, i campioni delle diverse lavorazioni per sottoporli all'approvazione del Direttore dei Lavori, al quale spetta esclusivamente giudicare se esse corrispondano alle prescrizioni del presente articolo. Senza tale approvazione l'Appaltatore non può dar mano alla esecuzione dei paramenti delle murature di pietrame.

#### **1.4. Murature di calcestruzzo con pietrame annegato (Calcestruzzo ciclopico)**

Quando la Direzione dei Lavori l'avrà preventivamente autorizzato mediante ordine di servizio, potrà essere impiegato per determinate opere murarie (muri di sostegno, sottoscarpa, riempimento di cavi o pozzi di fondazioni, briglie, ecc.) pietrame annegato nel calcestruzzo, sempre però di dimensioni mai superiori a 1/3 dello spessore della muratura. Il pietrame dovrà presentarsi ben spigolato, scevro da ogni impurità, bagnato all'atto dell'impiego e non dovrà rappresentare un volume superiore al 40% del volume della muratura.

#### **1.5. Murature in pietra da taglio**

La pietra da taglio nelle costruzioni delle diverse opere dovrà presentare la forma e le dimensioni di progetto, ed essere lavorata norma delle prescrizioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori all'atto dell'esecuzione, nei seguenti modi:

- a grana grossa;
- a grana ordinaria;
- a grana mezzo fina;
- a grana fina.

Per pietra da taglio a grana grossa si intenderà quella lavorata semplicemente con la grossa punta senza far uso della martellina per lavorare le facce viste, né dello scalpello per ricavarne gli spigoli netti.

Verrà considerata come pietra da taglio a grana ordinaria quella le cui facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi.

La pietra da taglio si intenderà infine lavorata a grana mezzo fina e a grana fina, secondo che le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani o a denti finissimi.

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati, in modo che le connessioni fra concio e concio non eccedano la larghezza di mm 5 per la pietra a grana ordinaria e di mm 3 per le altre.

Prima di cominciare i lavori, qualora l'amministrazione non abbia già provveduto in proposito ed in precedenza dell'appalto, l'Appaltatore dovrà preparare a sue spese i campioni dei vari generi di lavorazione della pietra da taglio e sottoporli per l'approvazione alla Direzione dei Lavori, alla quale esclusivamente spetterà giudicare se essi corrispondano alle prescrizioni.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorati a grana fina. Non saranno tollerate né smussature agli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse difetti verrà rifiutata, e l'Appaltatore sarà in obbligo di farne l'immediata surrogazione, anche se le scheggiature od ammanchi si verificassero, sia al momento della posa in opera, sia dopo e sino al collaudo.

Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari consegnati all'Appaltatore, od alle Istruzioni che all'atto dell'esecuzione fossero eventualmente date dalla Direzione dei Lavori. Inoltre, ogni concio dovrà essere sempre lavorato in modo da potersi collocare in opera secondo gli originali letti di cava.

Per la posa in opera si potrà fare uso di zeppe volanti, da togliere però immediatamente quando la malta rifluisce nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.

La pietra da taglio dovrà essere messa in opera con malta dosata a Kg. 400 di cemento normale per metro cubo di sabbia e, ove occorra, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe ed arpioni di rame, saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le connessioni delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

## **1.6 Malte**

Le caratteristiche dei materiali da impiegare per la confezione delle malte ed i rapporti di miscela, corrisponderanno alle prescrizioni delle voci dell'Elenco Prezzi per i vari tipi di impasto ed a quanto verrà, di volta in volta, ordinato dalla Direzione dei Lavori. La resistenza alla penetrazione delle malte deve soddisfare alle Norme UNI 7927-78.

Di norma, le malte per muratura di mattoni saranno dosate con Kg 400 di cemento per m<sup>3</sup> di sabbia e passate al setaccio ad evitare che i giunti tra mattoni siano troppo ampi; le malte per



muratura di pietrame saranno dosate con Kg 350 di cemento per m<sup>3</sup> di sabbia; quelle per intonaci con Kg 400 di cemento per m<sup>3</sup> di sabbia e così pure quelle per la stuccatura dei paramenti delle murature.

Il dosaggio dei materiali e dei leganti verrà effettuato con mezzi meccanici suscettibili di esatta misurazione e controllo che l'Impresa dovrà fornire e mantenere efficienti a sua cura e spese.

Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato; gli impasti residui che non avessero immediato impiego saranno portati a rifiuto.

## **1.7 INTONACI E APPLICAZIONI PROTETTIVE DELLE SUPERFICI IN CALCESTRUZZO**

In linea generale, per le strutture in calcestruzzo non verranno adottati intonaci, perché le casseforme dovranno essere predisposte ed i getti dovranno essere vibrati con cura tale che le superfici di tutte le predette strutture dovranno presentare aspetto regolare e non sgradito alla vista.

Gli intonaci, quando fosse disposto dalla Direzione dei Lavori, verranno eseguiti dopo accurata pulizia, bagnatura delle pareti e formazione di fasce di guida in numero sufficiente per ottenere la regolarità delle superfici.

A superficie finita non dovranno presentare screpolature, irregolarità, macchie; le fasce saranno regolari ed uniformi e gli spigoli eseguiti a regola d'arte.

Sarà cura dell'Impresa mantenere umidi gli intonaci eseguiti quando le condizioni locali lo richiedono.

### **1.7.1 INTONACI ESEGUITI A MANO**

Nelle esecuzioni di questo lavoro verrà applicato un primo strato di circa 12 mm di malta (rinzafo), gettato con forza in modo da aderire perfettamente alla muratura. Quando questo primo strato sarà alquanto consolidato, si applicherà il secondo strato che verrà steso con la cazzuola e regolarizzato con il fratazzo.

Lo spessore finito dovrà essere di mm 20; qualora però, a giudizio della Direzione dei Lavori, la finitura dei getti e delle murature lo consenta, potrà essere limitato a mm 10 e in tal caso applicato in una volta sola

### **1.7.2 INTONACI ESEGUITI A SPRUZZO (GUNITE)**

Prima di applicare l'intonaco l'Impresa avrà cura di eseguire mediante martelli ad aria compressa, muniti di appropriato utensile, la “spicconatura” delle superfici da intonacare, alla quale seguirà un efficace lavaggio con acqua a pressione ed occorrendo sabbiatura ad aria compressa.

Le sabbie da impiegare saranno silicee, scevre da ogni impurità ed avranno un appropriato assortimento granulometrico preventivamente approvato dalla Direzione dei Lavori.

La malta sarà di norma composta di Kg.500 di cemento normale per m<sup>3</sup> di sabbia, salvo diverse prescrizioni della Direzione dei Lavori.

L'intonaco potrà avere lo spessore di mm 20 o 30 e sarà eseguito in due strati, il primo dei quali sarà rispettivamente di mm 12 o 18 circa. Il getto dovrà essere eseguito con la lancia in posizione normale alla superficie da intonacare e posta a distanza di 80÷90 cm dalla medesima. La pressione alla bocca dell'ugello di uscita della miscela sarà di circa 3 atmosfere.

Qualora si rendesse necessario, la Direzione dei Lavori potrà ordinare l'aggiunta degli idonei additivi per le qualità e dosi di volta in volta verranno stabilite ,od anche l'inclusione di reti metalliche elettrosaldate in fili d'acciaio, di caratteristiche che saranno precisate dalla Direzione dei Lavori.

In quest'ultimo caso l'intonaco potrà avere spessore di mm 30÷40.

Quando l'intonaco fosse eseguito in galleria e si verificassero delle uscite d'acqua, dovranno essere predisposti dei tubetti del diametro di 1 pollice.

Questi ultimi saranno asportati una settimana dopo e i fori rimasti saranno chiusi con malta di cemento a rapida presa.

### **1.7.3 APPLICAZIONI PROTETTIVE DELLE SUPERFICI IN CALCESTRUZZO**

Qualora la Direzione dei Lavori lo ritenga opportuno, potrà ordinare all'Impresa l'adozione di intonaci idrofughi o di sostanze protettive delle superfici dei calcestruzzi.

**SEZIONE 6**

**- ACCIAIO -**

## **INDICE**

### **1) ACCIAIO - PRESCRIZIONI COMUNI A TUTTE LE TIPOLOGIE DI ACCIAIO**

#### **1.1) Controlli**

#### **1.2) Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione**

#### **1.3) Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati**

#### **1.4) Forniture e documentazione di accompagnamento**

#### **1.5) Acciaio per cemento armato B450C**

##### ***1.5.1) Acciaio per cemento armato B450A***

#### **1.6) Accertamento delle proprietà meccaniche**

#### **1.7) Caratteristiche dimensionali e di impiego**

#### **1.8) Reti e tralicci elettrosaldati**

#### **1.9) Acciaio per cemento armato precompresso**

##### ***1.9.1) Caratteristiche dimensionali e di impiego***

##### ***1.9.2) Caratteristiche meccaniche***

##### ***1.9.3) Cadute di tensione per rilassamento***

##### ***1.9.4) Centri di trasformazione***

#### **1.10) Procedure di controllo per acciai da cemento armato precompresso**

##### ***1.10.1) Prescrizioni comuni – Modalità di prelievo***

##### ***1.10.2) Controlli sistematici in stabilimento***

##### ***1.10.3) Controlli nei centri di trasformazione***

##### ***1.10.4) Controlli di accettazione in cantiere***

### **2.0) ACCIAI PER STRUTTURE METALLICHE E PER STRUTTURE COMPOSTE**

#### **2.1) Acciai laminati**

### **3) ACCIAIO PER STRUTTURE SALDATE**

#### **3.1) Composizione chimica degli acciai**

#### **3.2) Processo di saldatura**

### **4) DISPOSIZIONI E PRESCRIZIONI SUGLI ACCIAI**

#### **4.1) Controllo di accettazione sugli acciai**

**4.1.1) Controlli di accettazione in cantiere (acciai per c.a.)**

**4.1.2) Prove di aderenza**

**4.1.3) Copriferro ed interferro**

**4.2) Centri di trasformazione**

**4.2.1) Controlli nei centri di trasformazione**

## **1) Acciaio - Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio**

### **1.1) Controlli**

Tutti i materiali da impiegare per la costruzione dovranno essere controllati, prima dello inizio delle lavorazioni, da parte della Direzione Lavori ed alla presenza di un rappresentante dell'Appaltatore.

Le vigenti norme prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;
- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

La Direzione lavori ha comunque la facoltà di prelevare, in qualunque momento della lavorazione, campioni di materiali da sottoporre a prova presso Laboratori di sua scelta, per verificarne la rispondenza alle norme di accettazione ed ai requisiti di progetto. Tutti gli oneri relativi sono a carico dell' Appaltatore.

Si precisa che tutti gli acciai dovranno essere sottoposti al controllo della resilienza.

Per ogni operazione di prova sarà redatto, apposito verbale, che sarà firmato dalla Direzione Lavori e dall' Appaltatore.

### **1.2) Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione**

Tutti gli acciai destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o ad utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Fatto salvo quanto disposto dalle norme europee armonizzate, ove applicabili, il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme disponibili UNI EN 10080:2005, della serie UNI EN 10025:2005, UNI EN 10210:2006 e UNI EN 10219:2006.

Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del DPR n.246/93 di recepimento della direttiva 89/106/CEE, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.

Il Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai di cui sopra.

L'inizio della procedura di qualificazione deve essere preventivamente comunicato al Servizio Tecnico Centrale allegando una relazione ove siano riportati:

- 1) elenco e caratteristiche dei prodotti che si intende qualificare (tipo, dimensioni, caratteristiche meccaniche e chimiche, ecc.);
- 2) indicazione dello stabilimento e descrizione degli impianti e dei processi di produzione;
- 3) descrizione dell'organizzazione del controllo interno di qualità con indicazione delle responsabilità aziendali;
- 4) copia della certificazione del sistema di gestione della qualità;
- 5) indicazione dei responsabili aziendali incaricati della firma dei certificati;
- 6) descrizione particolareggiata delle apparecchiature e degli strumenti del Laboratorio interno di stabilimento per il controllo continuo di qualità;
- 7) dichiarazione con la quale si attesti che il servizio di controllo interno della qualità sovrintende ai controlli di produzione ed è indipendente dai servizi di produzione;
- 8) modalità di marchiatura che si intende adottare per l'identificazione del prodotto finito;
- 9) descrizione delle condizioni generali di fabbricazione del prodotto nonché dell'approvvigionamento delle materie prime e del prodotto intermedio (billette, rotoli, vergella, lamiere, laminati, ecc.);
- 10) copia controllata del manuale di qualità aziendale, coerente alla norma UNI EN ISO 9001:2000.

Il Servizio Tecnico Centrale verifica la completezza e congruità della documentazione presentata e procede a una verifica documentale preliminare della idoneità dei processi produttivi e del Sistema di Gestione della Qualità nel suo complesso.

Se tale verifica preliminare ha esito positivo, il Servizio Tecnico Centrale potrà effettuare una verifica ispettiva presso lo stabilimento di produzione.

Il risultato della Verifica Documentale Preliminare unitamente al risultato della Verifica Ispettiva saranno oggetto di successiva valutazione da parte del Servizio Tecnico Centrale per la necessaria ratifica e notifica al produttore. In caso di esito positivo il Produttore potrà

proseguire nella Procedura di Qualificazione del Prodotto. In caso negativo saranno richieste al Produttore le opportune azioni correttive che dovranno essere implementate.

La Procedura di Qualificazione del Prodotto continua con:

- esecuzione delle Prove di Qualificazione a cura di un Laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 incaricato dal Servizio Tecnico Centrale su proposta del produttore;
- invio dei risultati delle prove di qualificazione da sottoporre a giudizio di conformità al Servizio Tecnico Centrale da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 incaricato;
- in caso di giudizio positivo il Servizio Tecnico Centrale provvede al rilascio dell'Attestato di Qualificazione al produttore e inserisce il Produttore nel Catalogo Ufficiale dei Prodotti Qualificati che sarà reso pubblicamente disponibile;
- in caso di giudizio negativo, il Produttore può individuare le cause delle non conformità, apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione sia al Servizio Tecnico Centrale che al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di qualificazione.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di qualificazione. La qualificazione ha validità di 5 anni.

L'avvenuto conseguimento dell'attestazione di qualificazione del materiale impiegato dovrà essere esibito alla direzione lavori.

### **1.3) Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati**

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i



campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle Norme vigenti e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

#### 1.4) Forniture e documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso. Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

#### 1.5) Acciaio per cemento armato B450C

L'acciaio per cemento armato è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura:

$f_{y \text{ nom}}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t \text{ nom}}$	540 N/mm <sup>2</sup>

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab. 11.3.Ib, di cui al D.M. 14-1-2008:

*Tabella 11.3.Ib*

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$ $< 1,35$	10.0
$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di		

piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 $\phi$	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 $\phi$	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 $\phi$	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 $\phi$	

### 1.5.1) Acciaio per cemento armato B450A

Ove esplicitamente richiesto dalla Direzione lavori, previa formale autorizzazione, potrà essere utilizzato acciaio per cemento armato B450A, caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio B450C, che dovrà rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab,11.3.Ic. del D.M. 14-1-2008:

Tabella 11.3.Ic

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$	10.0
$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$ :	$\geq 2,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
per $\phi < 10 \text{ mm}$	4 $\phi$	

In progetto l'impiego di acciaio B450A è consentito solo per le reti ed i tralicci dei solai di diametro  $\phi 5 \text{ mm}$ .

### 1.6) Accertamento delle proprietà meccaniche

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche di cui alle precedenti tabelle vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1: 2004.

Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per 60 minuti a  $100 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$  e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si sostituisce  $f_y$  con  $f_{(0,2)}$ .

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di  $20 \pm 5$  °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti a  $100 \pm 10$  °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

### **1.7) Caratteristiche dimensionali e di impiego**

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;
- in centri di trasformazione.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Le barre sono caratterizzate dal diametro  $\Phi$  della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.

Gli acciai B450C, possono essere impiegati in barre di diametro  $\Phi$  compreso tra 6 e 40mm.

Per gli acciai B450A, il diametro  $\Phi$  delle barre deve essere compreso tra 5 e 10mm.

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a  $\Phi \leq 16$ mm per B450C e fino a  $\Phi \leq 10$  mm per B450A.

Ove nei disegni di progetto fosse indicato  $\phi < 6$ mm per acciaio B450C deve intendersi  $\phi = 6$ mm, salvo diverse indicazioni fornite dal produttore dei solai.

### **1.8) Reti e tralicci elettrosaldati**

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili.

L'interasse delle barre non deve superare 330 mm.

I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature.

Per le reti ed i tralicci gli elementi base devono avere diametro  $\Phi$  che rispetta la limitazione:  $6 \text{ mm} \leq \Phi \leq 16 \text{ mm}$ .

Il rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci deve essere:

$$\Phi_{\min} / \Phi_{\max} \geq 0,6$$

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la norma UNI EN ISO 15630-2:2004 pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm<sup>2</sup>. Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo, va controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci.

In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche.

La produzione di reti e tralicci elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi possono essere costituiti:

- a) da acciai provvisti di specifica qualificazione;
- b) da elementi semilavorati quando il produttore, nel proprio processo di lavorazione, conferisca al semilavorato le caratteristiche meccaniche finali richieste dalla norma.

In ogni caso il produttore dovrà procedere alla qualificazione del prodotto finito, rete o traliccio, secondo le procedure di cui alla vigente Norma.

Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso. La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo.

Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore; in questo caso il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere deve verificare la presenza della predetta etichettatura.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con

la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.

### **1.9) Acciaio per cemento armato precompresso**

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al paragrafo 11.3.1.2 del DM 14.01.08 e controllati con le modalità riportate nel paragrafo 11.3.3.5 del DM 14.01.08.

#### ***1.9.1) Caratteristiche dimensionali e di impiego***

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito sotto forma di:

*Filo*: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;

*Barra*: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;

*Treccia*: 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono eguali per tutti i fili della treccia;

*Trefolo*: fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali. Il passo ed il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

I fili possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante.

Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pre-tese.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti, generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature, vale quanto indicato al paragrafo 11.3.1.4. del DM 14.01.08.

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al paragrafo 11.3.1.5 del DM 14.01.08.

Gli acciai possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre).

I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte deve essere esente da saldature.

Sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; non sono ammesse saldature durante l'operazione di cordatura.

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

### 1.9.2) Caratteristiche meccaniche

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche, garantite dal produttore, non inferiori a quelle indicate nella successiva Tab. 11.3.VII:

Tabella 11.3.VII

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli	Trefoli a fili sagomati	Trecce
Tensione caratteristica di rottura $f_{yk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥1000	≥1570	≥1860	≥1820	≥1900
Tensione caratteristica allo 0,1% di deformazione residua $f_{p(0,1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	-----	≥1420	-----	-----	-----
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale $f_{p(1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	-----	-----	≥1670	≥1620	≥1700
Tensione caratteristica di snervamento $f_{pyk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥800	-----	-----	-----	-----
Allungamento sotto carico massimo $A_{gt}$	≥3,5	≥3,5	≥3,5	≥3,5	≥3,5

Per il modulo di elasticità si farà riferimento al catalogo del fornitore.

Le grandezze qui di seguito elencate: Ø, A,  $f_{ptk}$ ,  $f_{p(0,1)k}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{p(1)k}$ ,  $A_{gt}$ ,  $E_p$ ,  $l$ ,  $N$ ,  $\alpha$  (180°),  $L$  e  $r$  devono formare oggetto di garanzia da parte del produttore ed i corrispondenti valori garantiti figurare nel catalogo del produttore stesso.

Il controllo delle grandezze di cui sopra è eseguito secondo le modalità e le prescrizioni indicate nei punti successivi.

Pertanto i valori delle grandezze:

Ø, A sono confrontati con quelli che derivano dall'applicazione ai valori nominali, delle tolleranze prescritte al paragrafo.

11.3.3.5.2.3 del DM 14.01.08;

$f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{p(1)k}$ ,  $f_{p(0,1)k}$ ,  $A_{gt}$  ottenuti applicando ai valori singoli  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$  le formule di cui al paragrafo 11.3.3.5.2.3 del DM 14.01.08

sono confrontati con i corrispondenti valori garantiti che figurano nel catalogo del produttore e con quelli della Tab. 11.3.VI;

$l, N, \alpha (180^\circ)$  sono confrontati con quelli prescritti rispettivamente al paragrafo 11.3.3.5.2.3 del DM 14.01.08

$E_p, L$  e  $r$ , di cui al paragrafo 11.3.3.5.2.3 del DM 14.01.08, sono confrontati con i valori che figurano nel catalogo del produttore.

Si prende inoltre in considerazione la forma del diagramma sforzi deformazioni.

Il produttore deve controllare la composizione chimica e la struttura metallografica al fine di garantire le proprietà meccaniche prescritte.

### **1.9.3) Cadute di tensione per rilassamento**

In assenza di dati sperimentali afferenti al lotto considerato, la caduta di tensione  $\Delta\sigma_{pr}$  per rilassamento al tempo  $t$  ad una temperatura di  $20^\circ\text{C}$  può assumersi pari ai valori calcolati con le seguenti formule

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{pr}/\sigma_{pi} &= 5,39 \rho_{1000} e^{6,7\mu} (t/1000)^{0,75(1-\mu)} 10^{-5} && \text{per Classe 1} \\ \Delta\sigma_{pr}/\sigma_{pi} &= 0,66 \rho_{1000} e^{9,1\mu} (t/1000)^{0,75(1-\mu)} 10^{-5} && \text{per Classe 2} \\ \Delta\sigma_{pr}/\sigma_{pi} &= 1,98 \rho_{1000} e^{8,0\mu} (t/1000)^{0,75(1-\mu)} 10^{-5} && \text{per Classe 3}\end{aligned}\quad (11.3.17)$$

dove:

$\sigma_{pi}$  è la tensione iniziale nel cavo;

$\rho_{1000}$  è la perdita per rilassamento (in percentuale) a 1000 ore dopo la messa in tensione,  $20^\circ\text{C}$  e a partire da una tensione iniziale pari a 0,7 della resistenza  $f_p$  del campione provato;

$\mu = \sigma_{pi} / f_{pk}$ ;

$f_{pk}$  è la resistenza caratteristica dell'acciaio da precompressione;

$t$  è il tempo misurato in ore dalla messa in tensione.

Le prime due espressioni (11.3.17) si applicano, rispettivamente, ai fili, trecce e trefoli a normale rilassamento ed a basso rilassamento. La terza espressione si applica alle bare laminate a caldo.

In mancanza di specifica sperimentazione, i valori di  $\rho_{1000}$  possono essere tratti dalla Tab. 11.3.VIII.

**Tabella 11.3.VIII**

<b>Classe di armatura</b>	<b><math>\rho_{1000}</math></b>
Classe 1 – Trecce, filo o trefolo ordinario	8,0
Classe 2 – Trecce, filo o trefolo stabilizzato	2,5
Classe 3 – Barra laminata	4,0

La caduta finale per rilassamento può essere valutata con le formule sopra scritte per un tempo  $t = 500000$  ore.

Il rilassamento di armature che subiscono un ciclo termico dopo la messa in tensione è opportuno venga valutato sperimentalmente.

#### ***1.9.4) Centri di trasformazione***

Si definisce Centro di trasformazione, nell'ambito degli acciai per cemento armato precompresso, un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (fili, trecce, trefoli, barre, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere per la messa in opera.

Il Centro di trasformazione deve possedere tutti i requisiti previsti al paragrafo 11.3.1.7 del DM 14.01.08

### **1.10) Procedure di controllo per acciai da cemento armato precompresso**

#### ***1.10.1) Prescrizioni comuni – Modalità di prelievo***

I saggi destinati ai controlli:

- non devono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o rotolo di provenienza;
- devono essere prelevati con le lunghezze richieste dal laboratorio incaricato delle prove ed in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo successive;
- devono essere adeguatamente protetti nel trasporto.

#### ***1.10.2) Controlli sistematici in stabilimento***

##### ***Prove di qualificazione***

Il laboratorio incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 50 saggi, 5 per lotto, da 10 lotti di produzione diversi. I 10 lotti di produzione presi in esame per le prove di qualificazione devono essere costituiti da



prodotti della stessa forma ed avere la stessa resistenza nominale, ma non necessariamente lo stesso diametro e la stessa caratteristica di formazione. Gli acciai devono essere raggruppati in categorie nel catalogo del produttore ai fini della relativa qualificazione.

I 5 saggi di ogni singolo lotto vengono prelevati da differenti fasci, rotoli o bobine. Ogni saggio deve recare contrassegni atti ad individuare il lotto ed il rotolo, la bobina o il fascio di provenienza.

Sulla serie di 50 saggi vengono determinate le grandezze  $\emptyset$ ,  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(0,1)}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $l$ ,  $E_p$ ,  $A_{gt}$ ,  $N$ , ovvero  $\alpha$  ( $180^\circ$ ), sotto il controllo di un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Le relative prove possono venire eseguite dai tecnici del laboratorio incaricato presso il laboratorio dello stabilimento di produzione purché venga rispettato quanto prescritto dalle norme in merito alla verifica della taratura delle attrezzature.

Le grandezze  $L$  e  $r$  sono determinate su saggi provenienti da 5 e 4 lotti rispettivamente, in numero di 3 saggi per ogni lotto.

### ***Prove di verifica della qualità***

Ai fini della verifica della qualità il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari su un campione costituito da 5 saggi provenienti da un lotto per ogni categoria di armatura. Il controllo verte su un minimo di sei lotti ogni trimestre da sottoporre a prelievo in non meno di tre sopralluoghi. Su tali saggi il laboratorio incaricato determina le grandezze  $\emptyset$ ,  $f_{pt}$ ,  $l$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ ,  $E_p$ ,  $N$ ,  $A_{gt}$ , ovvero  $\alpha$  ( $180^\circ$ ).

Per le grandezze  $r$  ed  $L$  i controlli si effettuano una volta al semestre, per entrambe su 3 saggi provenienti dallo stesso lotto per ogni categoria di armatura.

I valori caratteristici  $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{(0,1)k}$ ,  $f_{p(1)k}$  sono determinati su 10 serie di 5 saggi corrispondenti alla stessa categoria di armatura, da aggiornarsi ad ogni prelievo aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo.

I valori caratteristici  $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{(0,1)k}$ ,  $f_{p(1)k}$  devono rispettare i valori minimi di cui alla Tab. 11.3.VII.

Se gli scarti quadratici medi risultano superiori al 3% del valore medio per  $f_{pt}$ , e al 4% per  $f_{py}$ ,  $f_{(0,1)}$ ,  $f_{p(1)}$ , il controllo si intende sospeso e la procedura di qualificazione deve essere ripresa dall'inizio.

Ove i valori caratteristici  $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{(0,1)k}$ ,  $f_{p(1)k}$  riscontrati risultino inferiori ai valori minimi di cui alla Tab. 11.3.VI il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone

comunicazione al Servizio Tecnico Centrale e ripeterà la qualificazione solo dopo che il produttore abbia ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

### ***Determinazione delle proprietà e tolleranze***

#### **Diametro ( $\varnothing$ ) e Area della sezione (A)**

L'area della sezione di fili lisci, con impronte, trecce e trefoli si valuta per pesata assumendo che la densità dell'acciaio sia pari a  $7,81 \text{ kg/dm}^3$  ( $7,85 \text{ kg/dm}^3$  per le barre).

La misura delle dimensioni trasversali nei fili con impronta non deve essere effettuata in corrispondenza delle impronte stesse.

Sui valori nominali delle sezioni dei fili, delle barre, delle trecce e dei trefoli è ammessa una tolleranza di  $\pm 2\%$  ( $-2\%$  ,  $6\%$  per le barre).

Nei calcoli statici si adottano le sezioni nominali.

#### **Tensione di rottura ( $f_{pt}$ )**

La determinazione si effettua per mezzo della prova a trazione su barre secondo le norme UNI EN 10002-1:2004 , su fili trecce e trefoli secondo UNI EN ISO 15630-3:2004.

#### **Allungamento sotto carico massimo ( $A_{gt}$ )**

Per barre, fili e trefoli la determinazione viene eseguita secondo la norma UNI EN ISO15630-3:2004.

#### **Limite elastico allo 0,1% ( $f_{p(0,1)}$ )**

Il valore del limite convenzionale  $f_{p(0,1)}$  si ricava dal corrispondente diagramma sforzi – deformazioni, ottenuto con prove a trazione eseguite secondo la norma UNI EN 15630-3:2004.

I singoli valori unitari devono essere riferiti alle corrispondenti sezioni nominali.

Il valore del limite 0,1% deve risultare compreso tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura  $f_{pt}$ .

#### **Tensione di snervamento ( $f_{py}$ )**

Il valore della tensione di snervamento  $f_{py}$  si ricava dal corrispondente diagramma sforzi – deformazioni ottenuto con la prova a trazione eseguita secondo la norma UNI EN ISO 15630-

3:2004. Esso deve risultare compreso tra lo 85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura  $f_{pt}$ .

### **Modulo di elasticità**

Il modulo apparente di elasticità è inteso come rapporto fra la differenza di tensione media e la differenza di deformazione corrispondente, valutato per l'intervallo di tensione (0,2-0,7)  $f_{pt}$  conformemente alla norma UNI EN ISO 15630-3:2004.

Sono tollerati scarti del  $\pm 5\%$  rispetto al valore garantito.

### **Tensione all'1% ( $f_p(1)$ )**

La tensione corrispondente all'1% di deformazione totale deve risultare compresa tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura  $f_{pt}$ .

### **Prova di piegamento alternato (N)**

La prova di piegamento alternato si esegue su fili aventi  $\varnothing \leq 8$  mm secondo la norma UNI EN ISO 15630-3:2004 con rulli di diametro pari a 4  $\varnothing$ .

Il numero dei piegamenti alterni a rottura non deve risultare inferiore a 4 per i fili lisci e a 3 per i fili ondulati o con impronte.

### **Prova di piegamento ( $\alpha$ )**

La prova di piegamento si esegue su fili aventi  $\varnothing \geq 8$  mm e su barre secondo la norma UNI EN ISO 15630-3:2004..

L'angolo di piegamento deve essere di  $180^\circ$  e il diametro del mandrino deve essere pari a:

5  $\varnothing$  per i fili;

6  $\varnothing$  per le barre con  $\varnothing \leq 26$  mm

8  $\varnothing$  per le barre con  $\varnothing > 26$  mm.

### **Resistenza a fatica (L)**

La prova viene condotta secondo la norma UNI EN ISO 15630-3:2004 con sollecitazione assiale a ciclo pulsante, facendo oscillare la tensione fra una tensione superiore  $\sigma_1$ , e una tensione inferiore  $\sigma_2$ . Il risultato della prova è ritenuto soddisfacente se il campione sopporta, senza rompersi, almeno due milioni di cicli. La frequenza di prova deve essere non superiore

a 120 Hz per i fili e le barre e 20 Hz per i trefoli come previsto dalla norma UNI EN ISO 15630-3:2004.

Come alternativa a tale procedimento è possibile determinare sperimentalmente l'ampiezza limite di fatica  $L$  a  $2 \cdot 10^6$  cicli, in funzione della tensione media  $\sigma_m$ .

### **Rilassamento a temperatura ordinaria (R)**

#### ***Condizioni di prova***

Si determina il diagramma della caduta di tensione a lunghezza costante ed a temperatura  $T = 20 \pm 1^\circ\text{C}$  a partire dalla tensione iniziale e per la durata stabilita.

#### ***Caratteristiche del campione***

Il campione deve essere sollecitato per un tratto non inferiore a 100 cm; in conseguenza la lunghezza del saggio deve essere almeno 125 cm per tener conto degli organi di afferraggio. Nella zona sollecitata la provetta non deve subire alcuna lavorazione né pulitura.

#### ***Carico iniziale***

La tensione iniziale deve essere applicata con velocità pari a  $200 \pm 50 \text{ N/mm}^2$  al minuto e mantenuta per 2 minuti  $\pm 2$  secondi prima dell'inizio della misura.

Quando le necessità operative lo richiedano, è ammessa una pre-tensione inferiore al 40% della tensione iniziale ed al 30% di quella di rottura (determinata su una provetta proveniente dallo stesso campionamento).

Il carico iniziale deve avere precisione  $\pm 1\%$  quando inferiore a 100 tonnellate;  $\pm 2\%$  quando superiore.

#### ***Precisione della misura***

La caduta di sforzo (rilassamento) va misurata con precisione  $\pm 1\%$ ; pertanto il principio di funzionamento dell'apparecchiatura di prova, la sensibilità dei singoli strumenti rilevatori, la posizione di questi, ecc. devono essere tali da garantire detta precisione.

#### ***Controlli su singoli lotti di produzione***

Negli stabilimenti soggetti a controlli sistematici di cui al paragrafo 11.3.1 del D.M. 14.01.2008, i produttori possono richiedere di sottoporsi a controlli, eseguiti a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, su singoli lotti di produzione (massima

massa del lotto = 100 t) di quei prodotti che, per ragioni di produzione, non possono ancora rispettare le condizioni minime quantitative per qualificarsi. Le prove da effettuare sono quelle di cui al successivo paragrafo.

### ***1.10.3) Controlli nei centri di trasformazione***

I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati a cura del Direttore tecnico dello stabilimento. I controlli vengono eseguiti secondo le modalità di seguito indicate. Effettuato un prelievo di 3 saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 90 t, ed appartenenti ad una stessa categoria, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001, i corrispondenti valori minimi di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ .

I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore.

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche come di seguito indicato.

Il campione da sottoporre a prove supplementari è costituito da almeno 10 saggi prelevati da altrettanti rotoli, bobine o fasci. Se il numero dei rotoli, bobine o fasci costituenti il lotto è inferiore a 10, da alcuni rotoli o bobine verranno prelevati due saggi, uno da ciascuna estremità. Per le barre vengono prelevati due saggi da due barre diverse dello stesso fascio. Ogni saggio deve recare contrassegni atti ad individuare il lotto ed il rotolo, bobina o fascio di provenienza. Effettuato il prelievo supplementare si determinano, mediante prove effettuate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001, i corrispondenti valori medi  $g_{mn}$  e le deviazioni standard  $s_n$  di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ .

I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se:

- per le tensioni di rottura  $f_{pt}$ :

$$g_{mn} \geq 1,03 f_{ptk}$$

$$s_n \leq 0,05 f_{ptk}$$

- per le grandezze  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ :

$$g_{mn} \geq 1,04 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,1)k})$$

$$s_n \leq 0,07 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,1)k})$$

- i valori del modulo di elasticità longitudinale  $E_p$  sono conformi al valore garantito dal produttore, con una tolleranza del  $\pm 5\%$

Se tali disuguaglianze non sono verificate, o se non sono rispettate le prescrizioni di cui al paragrafo 11.3.3.5.2.3 del D.M. 14.01.2008 si ripeteranno, previo avviso al produttore, le prove su altri 10 saggi.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che è tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

In tal caso il Direttore tecnico del centro di trasformazione deve comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio incaricato del controllo che al Servizio Tecnico Centrale.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore tecnico centro di trasformazione che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Per le caratteristiche dei certificati emessi dal laboratorio, si fa riferimento a quanto riportato al paragrafo 11.3.2.11.4 del D.M. 14.01.2008, fatta eccezione per il marchio di qualificazione, normalmente non presente sugli acciai da cemento armato precompresso, per il quale si potrà fare riferimento ad eventuali cartellini identificativi ovvero ai dati dichiarati del richiedente.

Il Direttore tecnico centro di trasformazione curerà la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

Tutte le forniture provenienti da un Centro di trasformazione devono essere accompagnate dalla documentazione di cui al paragrafo 11.3.1.7 del D.M. 14.01.2008.

#### ***1.10.4) Controlli di accettazione in cantiere***

I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni di cui al precedente paragrafo, con l'avvertenza che il prelievo preliminare dei 3 saggi va effettuato per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Qualora la fornitura di cavi preformati provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso di tutti i requisiti previsti al paragrafo 11.3.1.7 del D.M. 14.01.2008, che il suddetto Centro di trasformazione è tenuto a trasmettergli, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico centro di trasformazione secondo le

disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al precedente paragrafo.

## **2.0) Acciai per strutture metalliche e per strutture composte**

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali  $f_y = R_{eH}$  e  $f_t = R_m$  riportati nelle relative norme di prodotto.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002-1:2004, UNI EN 10045-1:1992

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

<b>modulo elastico:</b>	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
<b>modulo di elasticità trasversale:</b>	$G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
<b>coefficiente di Poisson:</b>	$\nu = 0,3$
<b>coefficiente di espansione termica lineare:</b> <b>(per temperature fino a 100 °C)</b>	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
<b>Densità:</b>	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tabella 11.3.X - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		

## 2.1) Acciai laminati

Gli acciai laminati di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte comprendono:

Prodotti lunghi

- laminati mercantili (angolari, L, T, piatti e altri prodotti di forma);



- travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN;
- laminati ad U

#### Prodotti piani

- lamiere e piatti
- nastri

#### Profilati cavi

- tubi prodotti a caldo

#### Prodotti derivati

- travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo);
- profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo);
- tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo);
- lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo)

### **3) Acciaio per strutture saldate**

#### **3.1) Composizione chimica degli acciai**

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni precedentemente indicate, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili.

#### **3.2) Processo di saldatura**

I collegamenti con saldature dovranno essere realizzati con giunti a completa penetrazione di I Classe realizzati con elettrodi di classe 3 o 4 secondo UNI 5132 o con gli altri procedimenti qualificati di saldatura indicati nella normativa vigente se autorizzati dalla direzione lavori, ed eseguiti con accurata eliminazione di ogni difetto al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura. Tali giunti dovranno inoltre soddisfare ovunque l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento B della UNI 7278. l'aspetto della saldatura dovrà essere ragionevolmente regolare e non presentare bruschi disavviamenti col metallo base.

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella

norma UNI EN 287-1:2004, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418:1999. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005.

Le durezza eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2001; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011:2005 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione..

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2004 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062:2004.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473:2001 almeno di secondo livello.

Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al precedente paragrafo, il costruttore deve corrispondere ai seguenti requisiti.

In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. I requisiti sono riassunti nel Tab. 11.3.XI di seguito riportata.

La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un Ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

Tabella 11.3.XI

Tipo di azione sulle strutture Riferimento	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
	A	B	C	D
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature	S235, $s \leq 30\text{mm}$ S275, $s \leq 30\text{mm}$	S355, $s \leq 30\text{mm}$ S235 S275	S235 S275 S355 S460, $s \leq 30\text{mm}$	S235 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare EN ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Medio EN ISO 3834-3	Completo EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 719:1996	Di base	Specifico	Completo	Completo

Nota 1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo

#### 4) Disposizioni e prescrizioni sugli acciai

##### 4.1) Controllo di accettazione sugli acciai

##### 4.1.1) Controlli di accettazione in cantiere (acciai per c.a.)

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun

lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati dovranno essere eseguiti prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella seguente tabella.

**Tabella– Valori di accettazione**

<b>Caratteristica</b>	<b>Valore limite</b>	<b>NOTE</b>
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	(450 – 25) N/mm <sup>2</sup>
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	[450 x (1,25+0,02)] N/mm <sup>2</sup>
$A_{gt}$ minimo	$\geq 6,0\%$	per acciai B450C
$A_{gt}$ minimo	$\geq 2,0\%$	per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti

Nel caso di campionamento e prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata non sia conforme al valore di accettazione, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore di accettazione, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto riportato nella Normativa vigente.

In caso contrario il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale. Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; il direttore tecnico deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove. La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

#### **4.1.2) Prove di aderenza**

Ai fini della qualificazione, le barre devono superare con esito positivo prove di aderenza conformemente al metodo *Beam – test* da eseguirsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, con le modalità specificate nella norma UNI EN 10080:2005.

#### **4.1.3) Copriferro ed interferro**

Qualunque superficie metallica dovrà distare dalle facce esterne del conglomerato almeno 4 cm, salvo diverse esplicite indicazioni contenute negli elaborati progettuali. A tale scopo si dovranno adottare distanziatori conformi alla realizzazione del copriferro minimo previsto. Tali misure dovranno essere aumentate, nel caso di ambienti particolarmente aggressivi, o di particolari esigenze di resistenza al fuoco, secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori.

Le superfici delle barre dovranno essere mutuamente distanti in ogni direzione secondo quanto prescritto dalla vigente Normativa e comunque secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori.

#### **4.2) Centri di trasformazione**

Si definisce Centro di trasformazione un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.

Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione di accompagnamento prevista dalla Normativa vigente.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione, vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

Il trasformatore dovrà essere dotato di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni tali da compromettere le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti originari previste dalle presenti norme.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto, che sovrintende al processo di trasformazione, deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore dovranno essere accompagnati da idonea documentazione, specificata nel seguito, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Il centro di trasformazione dovrà essere identificato, ai sensi delle Norme vigenti, come "luogo di lavorazione" e, come tale, sarà tenuto ad effettuare una serie di controlli atti a garantire la permanenza delle caratteristiche, sia meccaniche che geometriche, del materiale originario. I controlli devono essere effettuati secondo le disposizioni riportate nel seguito per ciascuna tipologia di acciaio lavorato.

Nell'ambito del processo produttivo dovrà essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove, che le piegature e le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

Per quanto sopra, è fatto obbligo a tali centri di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento che opererà secondo il disposto dell'art. 64, comma 3, del DPR 380/01.

Ogni centro di trasformazione dovrà inoltre indicare un proprio logo o marchio che identifichi in modo inequivocabile il centro stesso.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore, che riporterà, nel Certificato

di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

#### **4.2.1) Controlli nei centri di trasformazione**

I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati a cura del Direttore tecnico dello stabilimento.

I controlli vengono eseguiti secondo le modalità di seguito indicate.

Effettuato un prelievo di 3 saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 90 t, ed appartenenti ad una stessa categoria, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, i corrispondenti valori minimi di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ .

I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore.

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche come di seguito indicato.

Il campione da sottoporre a prove supplementari è costituito da almeno 10 saggi prelevati da altrettanti rotoli, bobine o fasci. Se il numero dei rotoli, bobine o fasci costituenti il lotto è inferiore a 10, da alcuni rotoli o bobine verranno prelevati due saggi, uno da ciascuna estremità. Per le barre vengono prelevati due saggi da due barre diverse dello stesso fascio.

Ogni saggio deve recare contrassegni atti ad individuare il lotto ed il rotolo, bobina o fascio di provenienza.

Effettuato il prelievo supplementare si determinano, mediante prove effettuate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, i corrispondenti valori medi  $g_{mn}$  e le deviazioni standard  $s_n$  di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ .

I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se:

- per le tensioni di rottura  $f_{pt}$ :

$$g_{mn} \geq 1,03 f_{ptk}$$

$$s_n \leq 0,05 f_{ptk}$$

- per le grandezze  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ :

$$g_{mn} \geq 1,04 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,1)k})$$

$$s_n \leq 0,07 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,1)k})$$



- i valori del modulo di elasticità longitudinale  $E_p$  sono conformi al valore garantito dal produttore, con una tolleranza del  $\pm 5\%$

Se tali disuguaglianze non sono verificate si ripeteranno, previo avviso al produttore, le prove su altri 10 saggi.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che è tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

In tal caso il Direttore tecnico del centro di trasformazione deve comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio incaricato del controllo che al Servizio Tecnico Centrale.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore tecnico centro di trasformazione che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Per le caratteristiche dei certificati emessi dal laboratorio, si fa riferimento a quanto riportato nel D.M. 14-1-2008, fatta eccezione per il marchio di qualificazione, normalmente non presente sugli acciai da cemento armato precompresso, per il quale si potrà fare riferimento ad eventuali cartellini identificativi ovvero ai dati dichiarati del richiedente.

Il Direttore tecnico centro di trasformazione curerà la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

Tutte le forniture provenienti da un Centro di trasformazione devono essere accompagnate dalla documentazione prevista dalla Normativa.

**SEZIONE 7**

**- VERNICIATURE-**

## **INDICE**

1.0 Generalità

1.1 Ciclo <<A>>

1.2 Ciclo <<B>>

1.3 Ciclo <<C>>

1.4 Preparazione del supporto

1.5 Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) del ciclo di verniciature anticorrosive

1.6 Prove di accettazione dei prodotti

### **1.0 Generalità**

Tutte le strutture in acciaio dovranno essere protette contro la corrosione mediante uno dei cicli di pitturazione definiti nel presente articolo.

I cicli di verniciatura saranno preceduti da spazzolature meccaniche o sabbiature secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione dei Lavori.

I cicli di verniciatura saranno formati da un minimo di tre mani di prodotti verniciati mono o bicomponenti indurenti per filmazione chimica o filmazione fisica.

Le caratteristiche di composizione dei cicli da applicare sono di seguito indicate.

### 1.1 Ciclo <<A>>

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.  
Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

#### 1° strato

Mano di fondo al clorocaucciù pigmentata con minio e cromato di zinco ( $\text{Zn Cr O}_4$ ), avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante	clorocaucciù
- PVC % <sup>(1)</sup>	≥ 36 %
- % pigmenti sul totale polveri	≥ 82 %
- tipi di pigmento	minio- $\text{ZnCrO}_4$ .
- legante secco %	25 %
- spessore del film	80 ÷ 100 $\mu$
- metodo di applicazione	pennello

#### 2° strato

Mano intermedia al clorocaucciù pigmentata con rosso ossido, ferro micaceo, alluminio avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante.

Caratteristiche formulative della mano intermedia:

- tipo di legante	clorocaucciù
- PVC %	≥ 41 %
- % pigmento sul prodotto finito	≥ 14 %
- tipi di pigmento	rosso ossido, ferro-micaceo, alluminio

---

<sup>(1)</sup> Concentrazione volumetrica del pigmento.

- legante secco % 28 %
- spessore del film  $80 \div 100 \mu$
- metodo di applicazione pennello

3° strato

Mano di finitura al clorocaucciù acrilica pigmentata con biossido di titanio, avente una ottima resistenza agli agenti atmosferici e chimici.

Caratteristiche formulative della mano di finitura:

- tipo di legname clorocaucciù acrilica
- PVC %  $\geq 26 \%$
- % pigmento sul prodotto finito  $\geq 26 \%$
- tipo di pigmento biossido di titanio(TiO<sub>2</sub>)
- legante secco % 33 %
- spessore del film  $40 \mu$
- metodo di applicazione pennello o rullo

Il tutto come riportato nella tabella che segue.

**Ciclo di verniciatura <<A>>**

	<b>1°strato</b>	<b>2°strato</b>	<b>3°strato</b>
Tipo di legante	clorocaucciù	clorocaucciù	clorocaucciù acrilica
PVC..%	$\geq 36\%$	$\geq 41\%$	$\geq 26\%$
% pigmenti sul totale polveri	$\geq 82\%$	--	--
% Pigmenti sul prodotto finito	-	$\geq 14\%$ -	$\geq 26\%$
Tipi di pigmento	minio, cromato di zinco (ZnCrO <sub>4</sub> )	rosso ossido, ferro micaceo, alluminio	biossido titanio (Ti O <sub>2</sub> )
Legante secco %	25%	28%	33%
Spessore del film...	$80 \div 100 \mu$	$80 \div 100 \mu$	$40 \mu$
Metodo di applicazione	pennello	pennello	pennello - rullo

**1.2 Ciclo <<B>>**

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.  
Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

1° strato

Mano di fondo epossidica pigmentata con  $\text{ZnCrO}_4$  (cromato di zinco) avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante	epossidico
- PVC %	$\geq 36 \%$
- % pigmento sul totale polveri	$\geq 25 \%$
- tipo di pigmento	cromato di zinco $\text{ZnCrO}_4$
- legante secco %	26 %
- spessore film	$30 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione	pennello

2° strato

Mano intermedia epossidica pigmentata con biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ), avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante:

- tipo di legante	epossidico
- PVC %	$\geq 40 \%$
- % pigmento sul prodotto finito	$\geq 11 \%$
- tipo di pigmento	biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ )
- legante secco %	26 %
- spessore del film	$80 \div 100 \mu$
- metodo di applicazione	pennello

3° strato

Mano di finitura poliuretanica di tipo non ingiallente e non sfarinante.

Il tipo di polisocianato dovrà essere alifatico (né aromatico, né cicloalifatico), con un contenuto di monomeri volatili non superiore allo 0,7% (ASTMD 2615/67T):

- tipo di legante	poliuretanico
- PVC %	$\geq 16 \%$
- % pigmento sul prodotto finito	$\geq 26 \%$
- tipo di pigmento	biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ )

- legante secco % 39 %
- spessore del film  $30 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione pennello o rullo

**Ciclo di verniciatura << B >>**

	<b>1° strato</b>	<b>2° strato</b>	<b>3° strato</b>
Tipo di legante	epossidico	Epossidico	poliuretanica
PVC%	$\geq 36\%$	$\geq 40\%$	$\geq 16\%$
% pigmento sul totale polveri	$\geq 25\%$	--	--
% Pigmento sul totale finito		$\geq 11\%$ -	$\geq 26\%$
Tipi di pigmento	cromato di zinco ( $\text{ZnCrO}_4$ )	Biossido di titanio ( $\text{Ti O}_2$ )	biossido di titanio ( $\text{Ti O}_2$ )
Legante secco %	26%	26%	39%
Spessore del film..	$30 \div 40 \mu$	$80 \div 100 \mu$	$30 \div 40 \mu$
Metodo di applicazione	pennello	pennello	pennello - rullo

**1.3 Ciclo <<C>>**

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da quattro mani di prodotti vernicianti.  
Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

1° strato

Mano di fondo oleofenolica i cui pigmenti inibitori dovranno essere di base: ossido di piombo (minio), cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo, in composizione singola o miscelati tra loro in modo da conferire la migliore resistenza alla corrosione.

È ammessa la presenza di riempitivi a base di solfato di bario ( $\text{BaSO}_4$ ) e silicati in quantità non superiore al 45% sul totale dei pigmenti riempitivi.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante oleofenolico
- % pigmenti sul totale polveri  $\geq 55 \%$
- tipi di pigmento ossido di piombo, cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo
- legante secco (resina) %  $\geq 18 \%$

- tipo di olio nel legante	olio di lino e/o legno
- % olio nella resina secca	$\geq 60 \%$
- spessore del film secco	$35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione	pennello o rullo

### 2° strato

Mano intermedia oleofenolica di colore differenziato dalla 1° mano, di composizione identica al 1° strato; il pigmento inibitore potrà essere sostituito con aggiunta di ossido di ferro per la differenziazione del colore, in quantità non superiore al 6% sul totale dei pigmenti riempitivi.

Caratteristiche formulative della 2ª mano:

- tipo di legante	oleofenolico
- % pigmenti sul totale polveri	$\geq 55 \%$
- tipi di pigmento	ossido di piombo, cromato di zinco, fosfato di zinco, cromati di piombo, silico-cromati di piombo, ossido di ferro
- legante secco (resina) %	$\geq 18 \%$
- tipo di olio nel legante	olio di lino e/o legno
- % olio nella resina secca	$\geq 60 \%$
- spessore del film secco	$35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione	pennello, rullo, airless

### 3° strato

Mano intermedia alchidica modificata con oli vegetali e clorocaucciù, il cui rapporto in peso, a secco, dovrà essere di 2:1. Non sarà tollerata la presenza di colofonia.

Caratteristiche formulative della 3ª mano:

- tipo di legante	alchidico-clorocaucciù
- % pigmenti sul totale delle polveri	$\geq 55 \%$
- tipi di pigmento	biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ), ftalocianina bleu
- di % $\text{TiO}_2$ sul totale pigmenti	$\geq 30 \%$
- legante secco (resina) %	$\geq 40 \%$
- tipo di olio nel legante	olio vegetale
- % olio nella resina secca	$\geq 60 \%$
- spessore del film secco	$35 \div 40 \mu$
- metodo di applicazione	pennello, rullo, airless



4° strato

Mano di finitura alchidica modificata con oli vegetali e clorocaucciù di composizione identica al 3° strato, di colore differente dalla precedente mano.

Caratteristiche formulative della 4ª mano:

- tipo di legante	alchidico - clorocaucciù
- % pigmenti sul totale delle polveri	≥ 55 %
- tipi di pigmento	biossido di titanio (TiO <sub>2</sub> ), ftalocianina bleu
- % TiO <sub>2</sub> sul totale pigmenti	≥ 30 %
- legante secco (resina) %	≥ 40 %
- tipo di olio nel legante	olio vegetale
- spessore del film secco	35 ÷ 40 μ
- metodo di applicazione	pennello, rullo, airless

**Ciclo di verniciatura <<C>>**

	<b>1° strato</b>	<b>2° strato</b>	<b>3° strato</b>	<b>4° strato</b>
<b>Tipo di legante</b>	Oleofenolico	oleofenolico	alchidico clorocaucciù	alchidico clorocaucciù
<b>% di pigmenti sul totale polveri</b>	≥ 55 %	≥ 55 %	≥ 55 %	≥ 55 %
<b>Tipi di pigmento</b>	Ossido di piombo (minio) cromati di zinco, fosfati di zinco, cromati di piombo, silico cromati di piombo	ossido di piombo, cromato di zinco, fosfato di zinco, cromato di piombo silicocromati di piombo,ossido di ferro	biossido di titanio ftalocianina bleu	biossido di titanio, ftalocianina bleu
<b>% di Ti O<sub>2</sub> sul totale pigmenti</b>	-- -	--- -	≥ 30%	≥ 30%
<b>Legante secco (resina) %</b>	≥ 18 %	≥ 18 %	≥ 40%	≥ 40%
<b>Tipo di olio nel legante</b>	olio di lino e/o legno	olio di lino e/o legno	olio vegetale	olio vegetale
<b>% olio nella resina secca</b>	≥ 60%	≥ 60%	≥ 60%	≥ 60%

<b>Spessore del film secco</b>	35 ÷ 40 $\mu$	35 ÷ 40 $\mu$	35 ÷ 40 $\mu$	35 ÷ 40 $\mu$
<b>Metodo di applicazione</b>	pennello rullo	pennello rullo airless	pennello rullo airless	pennello rullo airless

Dato che nelle caratteristiche formulative dei singoli stadi relativi ai cicli A, B e C sono presenti sostanze tossiche e potenzialmente cancerogene, come specificato dal D.M. 25 luglio 1987 n.555 (S.O. alla G.U. n.15 del 20-1-1988), rettificato con avviso pubblicato sulla G.U. n. 90 del 18-4-1988, si dovrà adottare una serie di misure procedurali ed organizzative, al fine di ottenere un controllo ambientale e sanitario, tenendo peraltro presente quanto disposto dal D.P.R. 20-2-1988 n.141 (G.U. n. 104 del 5-5-1988) e successive modifiche ed integrazioni.

#### 1.4 Preparazione del supporto.

La preparazione del supporto metallico dovrà essere eseguita dall'Impresa mediante spazzolatura meccanica o sabbiatura, fino ad eliminazione di tutte le parti ossidate che presentino scarsa coesione e/o aderenza con il supporto.

Il tipo di pulizia: spazzolatura meccanica e sabbiatura, dovrà essere tale da permettere un ottimo attacco della mano di fondo del ciclo di verniciatura e dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori.

Tale approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali del ciclo di verniciature anticorrosive in opera.

#### 1.5 Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) del ciclo di verniciature anticorrosive.

1) Le caratteristiche di resistenza (chimiche-fisiche) si intendono per cicli di verniciatura anticorrosiva applicata su supporti in acciaio tipo UNI 3351 sottoposti ad invecchiamento artificiale.

Per l'invecchiamento artificiale è previsto un ciclo così composto:

Agente aggressivo	Durata	Temperatura
Radiazione ultravioletta.	6 h	60° C
Corrosione per immersione continua in soluzioni aerate (U.N.I. 4261/66).	12 h	35° C
Corrosione in nebbia salina (U.N.I.-5687-73)	12 h	35° C
Radiazione ultravioletta.	6 h	60° C
Immersione in soluzione satura di CaCl <sub>2</sub> .	12 h	35° C

Dopo il ciclo di invecchiamento artificiale, verranno eseguiti i controlli riportati di seguito.

2) Ingiallimento: secondo norma DIN 53230.

Il prodotto di finitura deve essere non ingiallente (prova su prodotto non pigmentato).

3) Ruggine e Blistering (ASTM D 714/56) (DIN 53210):

<b>Ciclo &lt;&lt;A&gt;&gt;</b>	Blistering:	1° strato = 9F 2° strato = 9M 3° strato = 9F
	Ruggine:	RO (ruggine assente)
<b>Ciclo &lt;&lt;B&gt;&gt;</b>	Blistering:	1° strato = 9M 2° strato = 9M 3° strato = 9F
	Ruggine:	RO (ruggine assente)
<b>Ciclo &lt;&lt;C&gt;</b>	Blistering:	1° strato = 9F 2° strato = 9F 3° strato = 9M 4° strato = 9F
	Ruggine:	RO (ruggine assente)

4) Adesione (DIN 53151):

Ciclo <<A>> $G_{to} \div G_{t1}$	(stacco nullo al massimo del 5%)
Ciclo <<B>> $G_{to}$	(stacco nullo)
Ciclo <<C>> $G_{to} \div G_{t1}$	(stacco nullo al massimo del 5%)

5) Spessore films secchi:

<b>Ciclo &lt;&lt;A&gt;&gt;</b>	1° strato = 90 $\mu$
	2° strato = 80 $\mu$
	3° strato = 40 $\mu$
<b>Ciclo &lt;&lt;B&gt;&gt;</b>	1° strato = 30 $\mu$
	2° strato = 90 $\mu$
	3° strato = 35 $\mu$
<b>Ciclo &lt;&lt;C&gt;&gt;</b>	1° strato = 35 $\mu$
	2° strato = 35 $\mu$
	3° strato = 35 $\mu$
	4° strato = 35 $\mu$

6) Resistenza all'abrasione: si determina solo su prodotto di finitura mediante Taber Abraser, con mola tipo CS 10, dopo 1.000 giri con carico di 1 Kg.

Il valore espresso come perdita in peso deve essere inferiore a 10 milligrammi.

7) Brillantezza: controllata mediante Glossmetro Gardner con angolo di 60°, deve avere un valore iniziale superiore al 90% e finale non inferiore all'80%.

8) Prova di piegatura a 180°(su lamierino d'acciaio UNI 3351) con mandrino Ø 4 mm  
Al termine non dovranno presentarsi screpolature o distacchi..

### **1.6 Prove di accettazione dei prodotti.**

L'Impresa dovrà preventivamente inviare al Centro Sperimentale Stradale ANAS di Cesano (Roma) o presso altro Laboratorio ufficialmente riconosciuto quanto segue:

a) campioni dei prodotti componenti il ciclo con relativi diluenti in contenitori sigillati del peso di 0,500 Kg e nel numero di tre per ogni prodotto (uno di questi campioni non deve essere pigmentato);

b) schede tecniche dei prodotti verniciati compilate in tutte le loro voci e fogli per le:

- caratteristiche di composizione: foglio A;
- caratteristiche di applicazione: foglio B.

Il colore di finitura sarà indicato dalla Direzione Lavori; i pigmenti necessari per il raggiungimento del tono di colore richiesto dovranno essere nella scheda riportante le caratteristiche di composizione, sottratti alla quantità percentuale del solvente.

Controllata la rispondenza del rivestimento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti il ciclo saranno identificati mediante analisi spettrometrica all'infrarosso. La Direzione dei Lavori potrà far accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche di resistenza, di composizione e di applicazione accertate in fase di gara e/o riprodurre gli spettri IR su detti materiali.

Tali spettri dovranno essere uguali a quelli ricavati dai campioni.

### **Prove caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)**

N°	Prova (ciclo <<A>>)	Fondo	Intermedia	Finitura
----	---------------------	-------	------------	----------

1	Blistering	9F	9M	9F
2	Ruggine	RO		
3	Adesione	$G_{t_0} \div G_{t_l}$		
4	Spessore films secchi.	$90_{\mu}$	$80_{\mu}$	$40_{\mu}$
5	Abrasione			<10 mg
6	Brillantezza iniziale			$\geq 90\%$
7	Brillantezza finale			$\geq 80\%$

**Prove caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)**

N°	Prova (ciclo <<B>>)	Fondo	Intermedia	Finitura
1	Blistering	9M	9M	9F
2	Ruggine	RO		
3	Adesione	$G_{t_0}$		
4	Spessore films secchi	$30_{\mu}$	$90_{\mu}$	$35_{\mu}$
5	Abrasione			<10 mg
6	Brillantezza iniziale			$\geq 90\%$
7	Brillantezza finale			$\geq 80\%$

**Prove caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)**

N°	Prova (ciclo<<C>>)	Fondo	Intermedia	Intermedia	Finitura
1	Blistering	9F	9F	9M	9F
2	Ruggine				
3	Adesione	$G_{t_0} \div G_{t_l}$			
4	Spessore films secchi	$35_{\mu}$	$35_{\mu}$	$35_{\mu}$	$35_{\mu}$
5	Abrasione				< $10_{\mu}$
6	Brillantezza iniziale				$\geq 90\%$
7	Brillantezza finale				$\geq 80\%$

**SEZIONE 8**

**- CALCESTRUZZI -**

## INDICE

- 1.1) Leganti
- 1.2) Aggregati
- 1.3) Additivi
- 1.4) Additivi fluidificanti e superfluidificanti
- 1.5) Additivi ritardanti
- 1.6) Disarmanti
- 1.7) Antievvaporanti
- 1.8) Acqua di impasto
- 1.9) Materiali naturali e di cava
  - 1.9.1) *Sabbia - Generalità*
  - 1.9.2) *Sabbia per conglomerati*
- 1.10) Ghiaia e pietrisco
  - 1.10.1) *Generalità*
  - 1.10.2) *Ghiaia e pietrisco per conglomerati cementizi*
- 1.11) Solai
  - 1.11.2) *Regole generali e caratteristiche minime dei blocchi*
  - 1.11.2) *Limiti dimensionali*
  - 1.11.3) *Solai realizzati con l'associazione di componenti prefabbricati in c.a. e c.a.p.*
- 2) Componenti prefabbricati in c.a. e c.a.p.
  - 2.1) Generalità
  - 2.2) Requisiti minimi degli stabilimenti e degli impianti di produzione
  - 2.3) Controllo di produzione
  - 2.4) Controllo sui materiali per elementi di serie
  - 2.5) Controllo di produzione in serie controllata
  - 2.6) Prove iniziali di tipo per elementi in serie controllata
  - 2.7) Marchiatura
  - 2.8) Procedure di qualificazione
  - 2.9) Qualificazione dello stabilimento
  - 2.10) Qualificazione della produzione in serie dichiarata
  - 2.11) Qualificazione della produzione in serie controllata
  - 2.12) Documenti di accompagnamento
- 3) Disposizioni e prescrizioni sui calcestruzzi
  - 3.1) Calcestruzzi e conglomerati
  - 3.2) Valutazione preliminare della resistenza
  - 3.3) Conglomerati cementizi
    - 3.3.1) *Generalità*
    - 3.3.2) *Leganti*
    - 3.3.3) *Inerti - Granulometria e miscele*
    - 3.3.4) *Acqua*
    - 3.3.5) *Impasto*
    - 3.3.6) *Classificazione dei conglomerati*
  - 3.4) Preparazione e stagionatura dei provini
    - 3.4.1) *Controllo di accettazione*
  - 3.5) Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera
    - 3.5.1) *Prove complementari*
  - 3.6) Trasporto del conglomerato
  - 3.7) Prescrizioni relative al calcestruzzo confezionato con processo industrializzato
  - 3.8) Posa in opera del conglomerato
    - 3.8.1) *Programmazione dei getti*
    - 3.8.2) *Controllo e pulizia dei casseri*
    - 3.8.3) *Getto del conglomerato*
    - 3.8.4) *Getto del conglomerato in presenza d'acqua*
    - 3.8.5) *Ripresa del getto*
    - 3.8.6) *Vibrazione del conglomerato*
    - 3.8.7) *Temperatura del conglomerato*

- 4.11.8) Protezione ed inumidimento*
- 3.9) Disarmo dei getti di conglomerato**
- 3.9.1) Generalità*
- 3.9.2) Casseforme - Armature - Centinature*



## **Generalità**

Gli elaborati di progetto, dovranno indicare i tipi e le classi di calcestruzzo ed i tipi di acciaio da impiegare.

L'Impresa sarà tenuta inoltre a presentare all'esame della Direzione Lavori i progetti delle opere provvisorie (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

In particolare, prima dell'inizio dei getti di ciascuna opera d'arte, l'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile all'esame della Direzione dei Lavori, i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito per ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura nei calcoli statici delle opere comprese nell'appalto al fine di comprovare che il conglomerato proposto avrà resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

La Direzione dei Lavori autorizzerà l'inizio dei getti dei conglomerati cementizi solo dopo aver avuto dall'Impresa i certificati dello studio preliminare di cui al punto precedente rilasciati da Laboratori Ufficiali ed aver effettuato gli opportuni riscontri, ivi comprese ulteriori prove di laboratorio.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari di qualificazione, non esonerano in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa rimane l'unica e diretta responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

## **1) Componenti del calcestruzzo**

### **1.1) Leganti**

Nelle opere oggetto delle presenti norme devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n.595. È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

L'impiego dei cementi richiamati all'art.1, lettera C della legge 26/5/1965 n. 595, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.

Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, da norme armonizzate europee e fino alla disponibilità di esse, da norme nazionali, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o ad eventuali altre specifiche azioni aggressive.

### **1.2) Aggregati**

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.

Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR n.246/93 è indicato nella seguente Tabella.

<b>Specifica Tecnica Europea armonizzata di riferimento</b>	<b>Uso Previsto</b>	<b>Sistema di Attestazione della Conformità</b>
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2+

Non è consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo.

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste, per gli aggregati di classe A, nella Norma UNI 8520/2a. Le caratteristiche degli aggregati dovranno essere verificate:

- alla qualificazione;

- a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della stessa cava;
- ogni 20.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo confezionato.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

Sia le sabbie che gli aggregati grossi dovranno avere massa volumica reale non minore di 2.60 t/m<sup>3</sup>.

Per quanto riguarda gli aggregati esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento si farà riferimento a quanto previsto ai punti successivi.

Se gli aggregati provengono da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente) dovranno essere eseguite, oltre alle prove sopra indicate, le seguenti:

- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi mineralogica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, integrata da prove di potenziale reattività in presenza di alcali.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella Tabella seguente. I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

**Tabella:** Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

Caratteristiche tecniche
Descrizione petrografica semplificata
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)
Indice di appiattimento
Dimensione per il filler
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo Rck ≥ C50/60)

La composizione del calcestruzzo dovrà attenersi alle prescrizioni di cui alla norma UNI 8520-1:2005, che descrive le istruzioni per eseguire le prove sugli aggregati, ed alla norma UNI 8520-2:2005, che precisa i requisiti di accettazione, al fine di individuare i limiti di accettabilità delle caratteristiche tecniche degli aggregati.

### **1.3) Additivi**

Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2 e dovranno essere provvisti di marcatura CE.

Il loro impiego, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata a cura dell'Appaltatore.

Tutti gli additivi impiegati dovranno essere conformi alle norme UNI vigenti; per tutti gli additivi sarà richiesta una specifica documentazione indicante le caratteristiche chimico-fisiche nonché la "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attesti la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate in fase di adozione dell'additivo medesimo del mix design.

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati solo dopo valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare nelle condizioni effettive di impiego.

Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

### **1.4) Additivi fluidificanti e superfluidificanti**

Per opere ed in condizioni particolari, ove sia ritenuto necessario dal progettista e dalla D.L., si potrà prevedere la doppia additivazione del conglomerato cementizio che consiste nell'aggiunta in cantiere di una quantità nota di additivo residuo, caricato all'impianto. Il dosaggio complessivo di additivo al mc non dovrà superare la quantità stabilita nel mix design.

L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.

Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo; la D. L. potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.

### **1.5) Additivi ritardanti**

Additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche;
- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

### **1.6) Disarmanti**

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.

Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla Norma UNI 8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

### **1.7) Antievdaporanti**

Eventuali prodotti antievdaporanti filmogeni devono rispondere alle norma UNI da 8656 a 8660. L' Appaltatore deve sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione; egli deve accertarsi, che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

### **1.8) Acqua di impasto**

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN1008.

Per quanto non in contraddizione con la norma UNI anzidetta, dovrà essere dolce, limpida, scevra di materie terrose od organiche e non aggressiva. Avrà un pH compreso tra 6 e 8. Per gli impasti cementizi non dovrà presentare tracce di sali in percentuali dannose (in particolare solfati e cloruri in concentrazioni superiori allo 0,5%). È vietato l'impiego di acqua di mare. Tale divieto è tassativo ed assoluto per i calcestruzzi armati ed in genere per tutte le strutture inglobanti materiali metallici soggetti a corrosione.

## **1.9) Materiali naturali e di cava**

### ***1.9.1) Sabbia - Generalità***

La sabbia da impiegare nelle malte e nei calcestruzzi, sia essa viva, naturale od artificiale, dovrà essere assolutamente scevra di materie terrose od organiche, essere preferibilmente di qualità silicea (in subordine quarzosa, granitica o calcarea), di grana omogenea, stridente al tatto e dovrà provenire da rocce aventi alta resistenza alla compressione. Ove necessario, la sabbia sarà lavata con acqua dolce per l'eliminazione delle eventuali materie nocive; alla prova di decantazione in acqua, comunque, la perdita in peso non dovrà superare il 2%.

Per il controllo granulometrico l'Appaltatore dovrà apprestare a porre a disposizione della Direzione gli stacci UNI 2332/1.

### ***1.9.2) Sabbia per conglomerati***

Le sabbie da impiegare dovranno essere costituite da elementi arrotondati, a superficie liscia, con i passanti ai setacci 50 e 100 ai valori minimi ammessi (UNI 8320), prive di argilla, limo-terriccio, materiale friabile, elementi piatti (in particolare mica) e di contaminanti di natura organica. E' ritenuto adeguato un modulo di finezza nell'intervallo 2,7-3.

## **1.10) Ghiaia e pietrisco**

### ***1.10.1) Generalità***

I materiali in argomento dovranno essere costituiti da elementi omogenei, provenienti da rocce compatte, resistenti, non gessose o marnose, né gelive. Tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, sfaldati o sfaldabili, e quelle rivestite da incrostazioni.

I pietrischi e le graniglie dovranno provenire dalla frantumazione di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o di calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione ed al gelo. Saranno a spigolo vivo, scevri di materie terrose, sabbia e comunque materia eterogenee od organiche. Per il controllo granulometrico l'Appaltatore dovrà approvvigionare e porre a disposizione della Direzione i crivelli UNI 2334.

### ***1.10.2) Ghiaia e pietrisco per conglomerati cementizi***

Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione di cui alle norme UNI 8520. La granulometria degli aggregati sarà in genere indicata dalla Direzione in base alla destinazione

dei getti ed alle modalità di posa in opera dei calcestruzzi. In ogni caso la dimensione massima degli elementi per le strutture armate, non dovrà superare il 60% dell'interferro e per le strutture in generale il 25% della minima dimensione strutturale. La categoria (A, B o C) sarà rapportata alla classe dei conglomerati.

### **1.11) Solai**

I solai sono previsti del tipo misto in cemento armato e laterizio gettato in opera con soletta superiore in cls da 4 cm per un'altezza totale di 20 cm.

Ai solai, oltre al compito di garantire la resistenza ai carichi verticali, è richiesta anche rigidità nel proprio piano al fine di distribuire correttamente le azioni orizzontali tra le strutture verticali. A tale scopo dovrà essere assicurato che:

- le deformazioni risultino compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati;
- vi sia, in base alle resistenze meccaniche dei materiali, un rapporto adeguato tra la sezione delle armature di acciaio, la larghezza delle nervature in conglomerato cementizio, il loro interasse e lo spessore della soletta di completamento in modo che sia assicurata la rigidità nel piano e che sia evitato il pericolo di effetti secondari indesiderati.

L'Appaltatore dovrà provvedere all'esecuzione dei grafici costruttivi di progetto dei solai, corredati di calcoli giustificativi secondo i carichi e sovraccarichi indicati negli elaborati di progetto. Dovrà inoltre fornire alla Direzione Lavori apposita documentazione a firma di tecnico abilitato attestante l'idoneità degli stessi solai alla classe di resistenza al fuoco prevista in progetto (REI 60 -90- 120, come indicato negli allegati di progetto o secondo le disposizioni della direzione lavori), conformemente alle vigenti normative ed in particolare ai modelli richiesti dai Vigili del Fuoco per il rilascio del Certificato di prevenzione incendi. Detta documentazione dovrà essere esibita dall'Appaltatore prima dell'esecuzione dei solai.

Prima dell'esecuzione dovrà essere esibita idonea documentazione di prequalifica del calcestruzzo finalizzata tra l'altro all'esecuzione del getto di calcestruzzo in modo da evitare i rischi di segregazione o di formazione di nidi di ghiaia e per ridurre l'entità delle deformazioni differite.

In fase di montaggio dei solai l'Appaltatore dovrà provvedere all'esecuzione di un'adeguata puntellatura per limitare le deformazioni in fase di esecuzione.

La puntellatura dovrà essere mantenuta efficiente, non solo durante il getto ma anche fino a termine della stagionatura del getto.

La fase di disarmo dovrà essere effettuata dopo 28 giorni, salvo diverse disposizioni del Direttore dei Lavori. Tale procedura dovrà essere avviata dal Direttore dei Lavori che ha anche il compito di controllarne la corretta esecuzione. Il disarmo dovrà essere svolto gradualmente, evitando che eccessive azioni dinamiche causino lesioni alla struttura. E' buona norma procedere con ordine, eliminando inizialmente i puntelli intermedi, poi quelli posti alle testate ed infine le strutture provvisorie su cui poggiano le travi o gli elementi portanti in genere.

I solai con blocchi di alleggerimento dovranno essere totalmente compatibili con il conglomerato previsto in opera sulla base di dati e caratteristiche dichiarati da produttore e verificati dalla D.L..

#### ***1.11.2) Regole generali e caratteristiche minime dei blocchi***

I blocchi di alleggerimento non collaboranti devono avere le seguenti caratteristiche minime:

- il profilo delle pareti delimitanti le nervature di conglomerato da gettarsi in opera non dovranno presentare risvolti che ostacolino il deflusso del calcestruzzo e restringano la sezione delle nervature stesse sotto i limiti minimi stabiliti. Si dovranno adottare forme semplici, caratterizzate da setti rettilinei allineati, per lo più continui, particolarmente nella direzione orizzontale, con rapporto spessore/lunghezza il più possibile uniforme.
- i blocchi dovranno essere dimensionalmente stabili e non fragili, e capaci di seguire le deformazioni del solaio.

#### ***1.11.2) Limiti dimensionali***

Le varie parti del solaio devono rispettare i seguenti limiti dimensionali:

- a) la larghezza delle nervature deve essere non minore di 1/8 del loro interasse e comunque non inferiore a 80 mm. Nel caso di produzione di serie in stabilimento di pannelli solaio completi, il limite può scendere a 50 mm;
- b) l'interasse delle nervature deve essere non maggiore di 15 volte lo spessore della soletta;
- c) la dimensione massima del blocco di alleggerimento non deve essere maggiore di 520 mm.

#### ***1.11.3) Solai realizzati con l'associazione di componenti prefabbricati in c.a. e c.a.p.***

I componenti di questi tipi di solai dovranno rispettare le norme di cui al paragrafo 4.1. delle NTC DM 14.01.2008



Per gli elementi prefabbricati dovrà essere posta particolare attenzione nel dimensionamento, risultando assolutamente vietato procedere a tagli od allungamenti, con qualunque mezzo o sistema, per consentirne eventuali adattamenti a luci non corrispondenti a quelle di prefabbricazione.

Il getto di completamento all'estradosso, dovrà avere uno spessore non inferiore a 40 mm ed essere dotato di una armatura di ripartizione a maglia incrociata e si dovrà verificare la trasmissione delle azioni di taglio fra elementi prefabbricati e getto di completamento, tenuto conto degli stati di coazione che si creano per le diverse caratteristiche reologiche dei calcestruzzi, del componente e dei getti di completamento.

## **2) Componenti prefabbricati in c.a. e c.a.p.**

### **2.1) Generalità**

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare, deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del calcestruzzo, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Detto sistema di controllo deve comprendere anche la produzione del calcestruzzo.

A tutti gli elementi prefabbricati dotati di marcatura CE si applica quanto riportato nei paragrafi precedenti. In tali casi, inoltre, si considerano assolti i requisiti procedurali di cui al deposito ai sensi dell'art.9 della Legge 05.11.71 n.1086 ed alla certificazione di idoneità di cui agli artt. 1 e 7 della Legge 02.02.74 n.64. Resta comunque l'obbligo del deposito del progetto presso il competente ufficio regionale. Ai fini dell'impiego, tali prodotti devono comunque rispettare, laddove applicabili, i seguenti punti 11.2, 11.7 ed 11.12, per quanto non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Per tutti gli elementi prefabbricati ai quali non sia applicabile quanto specificato ai punti precedenti, valgono le disposizioni di seguito riportate.

In questo ambito, gli elementi costruttivi di produzione occasionale devono essere comunque realizzati attraverso processi sottoposti ad un sistema di controllo della produzione, secondo quanto di seguito indicato.

## **2.2) Requisiti minimi degli stabilimenti e degli impianti di produzione**

Il processo di produzione degli elementi costruttivi prefabbricati, deve essere caratterizzato almeno da:

- a) impianti in cui le materie costituenti siano conservate in sili, tramogge e contenitori che ne evitino ogni possibilità di confusione, dispersione o travaso;
- b) dosaggio a peso dei componenti solidi e dosaggio a volume, o a peso, dei soli componenti liquidi, mediante utilizzo di idonei strumenti soggetti a taratura secondo le normative applicabili;
- c) organizzazione mediante una sequenza completa di operazioni essenziali in termini di produzione e controllo;
- d) organizzazione di un sistema permanente di controllo documentato della produzione;
- e) rispetto delle norme di protezione dei lavoratori e dell'ambiente.

## **2.3) Controllo di produzione**

Gli impianti per la produzione di elementi costruttivi prefabbricati, devono essere idonei ad una produzione continua, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Il produttore di elementi prefabbricati deve dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle norme vigenti e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee od internazionali applicabili.

I controlli sui materiali dovranno essere eseguiti in conformità a quanto riportato nelle vigenti normative o alle normative comunque applicabili.

#### **2.4) Controllo sui materiali per elementi di serie**

Per il calcestruzzo impiegato con fini strutturali nei centri di produzione dei componenti prefabbricati di serie, il Direttore tecnico di Stabilimento dovrà effettuare il controllo continuo del calcestruzzo stesso, operando con attrezzature tarate annualmente da uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il tecnico suddetto provvederà alla trascrizione giornaliera dei risultati su appositi registri di produzione con data certa, da conservare per dieci anni da parte del produttore. Detti registri devono essere disponibili per i competenti organi del Consiglio Superiore dei lavori pubblici – Servizio Tecnico Centrale, per i direttori dei lavori e per tutti gli aventi causa nella costruzione.

Le prove di stabilimento dovranno essere eseguite a 28 giorni di stagionatura e ai tempi significativi nelle varie fasi del ciclo tecnologico.

La resistenza caratteristica dovrà essere determinata secondo il metodo di controllo di tipo B di cui al paragrafo “Calcestruzzi e conglomerati” del Capitolo IV, ed immediatamente registrata.

Inoltre dovranno eseguirsi controlli del calcestruzzo a 28 giorni di stagionatura, presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, per non meno di un prelievo ogni cinque giorni di produzione effettiva per ogni tipo di calcestruzzo omogeneo; tali risultati dovranno soddisfare il controllo di tipo A di cui al paragrafo “Calcestruzzi e conglomerati” del Capitolo IV, operando su tre prelievi consecutivi, indipendentemente dal quantitativo di calcestruzzo prodotto.

Sarà responsabilità del Direttore Tecnico dello stabilimento la trascrizione sullo stesso registro dei risultati delle prove di stabilimento e quelli del laboratorio esterno.

Infine, il tecnico abilitato dovrà predisporre periodicamente, almeno su base annua, una verifica della conformità statistica dei risultati dei controlli interni e di quelli effettuati da laboratorio esterno, tra loro e con le prescrizioni contenute nelle vigenti norme tecniche.

#### **2.5) Controllo di produzione in serie controllata**

Per le produzioni per le quali è prevista la serie controllata, è richiesto il rilascio preventivo dell'autorizzazione alla produzione da parte del Servizio Tecnico Centrale, secondo le procedure di cui al paragrafo “Qualificazione della produzione in serie controllata”.

## **2.6) Prove iniziali di tipo per elementi in serie controllata**

La produzione in serie controllata di componenti strutturali deve essere preceduta da verifiche sperimentali su prototipi eseguite da un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, appositamente incaricato dal produttore.

## **2.7) Marchiatura**

Ogni elemento prefabbricato prodotto in serie, deve essere appositamente contrassegnato da marchiatura fissa, indelebile o comunque non rimovibile, in modo da garantire la rintracciabilità del produttore e dello stabilimento di produzione, nonché individuare la serie di origine dell'elemento.

Inoltre, per manufatti di peso superiore ad 8 kN, dovrà essere indicato in modo visibile, per lo meno fino all'eventuale getto di completamento, anche il peso dell'elemento.

## **2.8) Procedure di qualificazione**

La valutazione dell'idoneità del processo produttivo e del controllo di produzione in stabilimento, nonché della conformità del prodotto finito, è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.

I produttori di elementi prefabbricati di serie e/o occasionali devono procedere alla qualificazione dello stabilimento e degli elementi costruttivi di serie prodotti trasmettendo, ai sensi dell'art. 58 del DPR n. 380/2001, idonea documentazione al Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La documentazione di cui sopra sarà resa nota dal Servizio Tecnico Centrale a mezzo di specifica Circolare.

## **2.9) Qualificazione dello stabilimento**

La qualificazione dello stabilimento è il presupposto per ogni successivo riconoscimento di tipologie produttive.

La qualificazione del sistema organizzativo dello stabilimento e del processo produttivo deve essere dimostrata attraverso la presentazione di idonea documentazione, relativa alla struttura organizzativa della produzione ed al sistema di controllo in stabilimento.

Nel caso in cui gli elementi costruttivi siano prodotti in più stabilimenti, la qualificazione deve essere riferita a ciascuna unità di produzione.

### **2.10) Qualificazione della produzione in serie dichiarata**

Tutte le ditte che procedono in stabilimento alla costruzione di manufatti prefabbricati in serie dichiarata, prima dell'inizio di una nuova produzione devono presentare apposita domanda Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Tale domanda deve essere corredata da idonea documentazione, ai sensi dell'art. 58 del DPR n.380/2001 e di quanto indicato al paragrafo "Qualificazione dello stabilimento".

Sulla base della documentazione tecnica presentata il Servizio Tecnico Centrale rilascerà apposito attestato di qualificazione, avente validità triennale.

Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.

L'attestato è rinnovabile su richiesta, previa presentazione di idonei elaborati relativi all'attività svolta ed ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

### **2.11) Qualificazione della produzione in serie controllata**

Oltre a quanto specificato per produzione in serie dichiarata, la documentazione necessaria per la qualificazione della produzione in serie controllata dovrà comprendere la documentazione relativa alle prove a rottura su prototipo ed una relazione interpretativa dei risultati delle prove stesse.

Sulla base della documentazione tecnica presentata il Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, rilascerà apposita autorizzazione alla produzione, avente validità triennale.

Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.

L'autorizzazione è rinnovabile su richiesta previa presentazione di idonei elaborati, relativi all'attività svolta ed ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

### **2.12) Documenti di accompagnamento**

Il Direttore dei Lavori dovrà verificare la conformità delle eventuali forniture a quanto riportato nel presente paragrafo.

Oltre a quanto previsto nei punti applicabili del paragrafo "Caratteristiche generali", ogni fornitura in cantiere di elementi costruttivi prefabbricati, sia di serie che occasionali, dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art. 58 del

DPR n. 380/2001, da consegnare al Direttore dei Lavori dell'opera in cui detti elementi costruttivi vengono inseriti, che ne curerà la conservazione:

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

- a) i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, compreso l'elenco degli elementi forniti con relativi contrassegni;
- b) apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
- c) le istruzioni di montaggio, comprese le indicazioni sulla puntellatura provvisoria, con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
- d) elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei Lavori al Committente, a conclusione dell'opera;
- e) per elementi di serie qualificati, certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare il nominativo del progettista e copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;
- f) documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei Lavori di cui all'art.65 del DPR n. 380/2001.

Prima di procedere all'accettazione dei manufatti, il Direttore dei Lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati, come prescritto dal paragrafo "Marchiatura".

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore dei Lavori, e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- g) destinazione del prodotto;
- h) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;

- i) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;
- j) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- k) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;
- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;

la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono.

Ove già non previsti sui disegni di progetto, l'impiego di elementi totalmente o parzialmente prefabbricati è subordinato alla preventiva autorizzazione della D L che potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura realizzata con tali elementi, con particolare riguardo alla durata nel tempo ed alla efficienza dei collegamenti, tenendo conto dei fenomeni di ritiro e di viscosità e degli effetti dei carichi alternativi o ripetuti.

### **3) Disposizioni e prescrizioni sui calcestruzzi**

#### **3.1) Calcestruzzi e conglomerati**

Le caratteristiche dei materiali da impiegare per la confezione dei calcestruzzi e dei conglomerati (cementizi o speciali) ed i rapporti di miscela, dovranno corrispondere alle prescrizioni del presente Capitolato, alle voci di Elenco Prezzi per i vari tipi di impasto ed a quanto verrà, di volta in volta, ordinato dalla Direzione Lavori.

Il calcestruzzo va prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite in sede di progetto (par.11.2.2 “Controllo di qualità del calcestruzzo” D.M. 14-1-2008).

Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

*Valutazione preliminare della resistenza*

Serve a determinare, prima dell'inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il calcestruzzo con la resistenza caratteristica di progetto.

#### *Controllo di produzione*

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante la produzione del calcestruzzo stesso.

#### *Controllo di accettazione*

Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo prodotto durante l'esecuzione dell'opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.

#### *Prove complementari*

Sono prove che vengono eseguite, ove necessario, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Prima dell'esecuzione delle opere in progetto dovrà essere esibita idonea documentazione di prequalifica del calcestruzzo finalizzata tra l'altro all'esecuzione dei getti di calcestruzzo in modo da evitare i rischi di segregazione o di formazione di nidi di ghiaia e per ridurre l'entità delle deformazioni differite.

Per il calcestruzzo dei canali l'Appaltatore dovrà svolgere prove d'impermeabilità ai sensi della Norma UNI EN 12390/8.

### **3.2) Valutazione preliminare della resistenza**

Il costruttore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al paragrafo "Controllo di accettazione".

### **3.3) Conglomerati cementizi**

#### **3.3.1) Generalità**

I conglomerati cementizi adoperati per l'esecuzione di opere di qualsiasi genere, sia in fondazione che in elevazione, armate o meno, dovranno essere confezionati secondo le norme tecniche vigenti (D.M. 14/1/2008) , nonché sulla base delle prescrizioni del presente Capitolato e delle indicazioni riportate nelle relazioni sui materiali.



E' previsto l'impiego di additivo superfluidificante, provvisto di marcatura CE conforme ai prospetti 3.1 e 3.2 della norma UNI EN 934-2.

L'impiego dei conglomerati sarà preceduto in ogni caso da uno studio preliminare, con relative prove, sia sui materiali da impiegare che sulla composizione degli impasti, e ciò allo scopo di determinare, con sufficiente anticipo e mediante certificazione di laboratorio, la migliore formulazione atta a garantire i requisiti richiesti dal contratto.

La miscela dovrà esser ottimizzata secondo Faury, o altro criterio accettato dalla Direzione lavori.

Potranno essere impiegati inerti di dimensione massima 25 mm se reputati dalla Direzione Lavori compatibili con le caratteristiche delle strutture da eseguire, salvo diverse indicazioni all'interno del presente capitolato o della documentazione progettuale.

La prequalifica del materiale proposto dovrà essere redatta tenendo conto della classe di esposizione delle strutture, secondo le indicazioni che verranno fornite dalla direzione lavori. Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori secondo le procedure di cui al paragrafo 11.2.5 delle NTC.

Qualora si rendesse necessario ricorrere a classi di resistenza del calcestruzzo superiori in funzione della classe di esposizione prevista, sarà cura ed onere dell'Appaltatore provvedervi.

### **3.3.2) Leganti**

Per i conglomerati oggetto delle presenti norme dovranno impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia..

### **3.3.3) Inerti - Granulometria e miscela**

Gli inerti dovranno corrispondere alle prescrizioni riportate nel presente Capitolato. Le caratteristiche e la granulometria dovranno essere preventivamente studiate e sottoposte all'approvazione della Direzione Lavori.

Le miscele degli inerti, fini e grossi, in percentuale adeguata, dovranno dar luogo ad una composizione granulometrica costante, che permetta di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, pompabilità) che in quello indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, fluage, ecc.). La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere la massima compattezza del calcestruzzo compatibilmente con gli altri requisiti richiesti. Particolare attenzione sarà rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno del "bleeding" nel calcestruzzo.

La dimensione massima dei grani dell'inerte dovrà essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto tenendo conto della lavorabilità, dell'armatura metallica e relativo copriferro, della carpenteria, delle modalità di getto e dei mezzi d'opera.

Gli inerti saranno classificati in categorie a seconda della dimensione massima dell'elemento più grosso.

L'idoneità dell'inerte sarà verificata su prelievi rappresentativi della fornitura. Saranno accertati il tenore d'impurità organiche.

Gli inerti comunque dovranno essere di categoria A UNI 8520/2 per conglomerati con resistenza caratteristica  $R_{ck}$  non inferiore a 30 N/mm<sup>2</sup>, potranno essere di categoria C UNI 8520/2 solo per conglomerati con resistenza non superiore a 15 N/mm<sup>2</sup>.

#### ***3.3.4) Acqua***

L'acqua dovrà corrispondere alle prescrizioni riportate nel presente Capitolato ed alla normativa vigente.

#### ***3.3.5) Impasto***

L'impasto del conglomerato dovrà essere effettuato con impianti di betonaggio forniti di dispositivo di dosaggio e contatori tali da garantire un accurato controllo nella quantità dei componenti.

Questi (cemento, inerti, acqua ed additivi) dovranno essere misurati a peso; per l'acqua e gli additivi sarà ammessa anche la misurazione a volume. I dispositivi di misura dovranno essere collaudati periodicamente secondo le richieste della Direzione che, se necessario, potrà servirsi dell'Ufficio abilitato alla relativa certificazione.

Il quantitativo di acqua di impasto dovrà essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo anche conto dell'acqua contenuta negli inerti.

Tale quantitativo determinerà la consistenza del calcestruzzo che, a seconda delle prescrizioni, potrà essere in una delle classi da S1 a S5. In ogni caso il rapporto acqua/cemento, conformemente a quanto prescritto dalla UNI 9858, non dovrà superare, in relazione alle diverse classi di conglomerato richieste, i valori riportati in tabella.

#### ***3.3.6) Classificazione dei conglomerati***

Con riguardo alla classificazione, i conglomerati verranno divisi in due categorie:

- a) Conglomerati a resistenza garantita (CR), per i quali l'Appaltatore dovrà garantire la resistenza caratteristica ( $R_{ck}$ ), la consistenza, la categoria degli inerti ed il tipo e la classe del cemento.
- b) Conglomerati a dosaggio (CD), per i quali l'Appaltatore dovrà garantire il dosaggio dei cementi in Kg/mc, la consistenza od il rapporto acqua-cemento (A/C), la categoria degli inerti ed il relativo fuso granulometrico, il tipo e classe del cemento.

### **3.4) Preparazione e stagionatura dei provini**

Alla presenza del Direttore dei Lavori o di persona di sua fiducia, al momento della posa in opera, dovranno essere effettuati i prelievi di calcestruzzo necessari per la confezione di un gruppo di due provini dagli impasti.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo" che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

È obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, tutte le volte che variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2003 e UNI EN 12390-4:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-7:2002

#### **3.4.1) Controllo di accettazione**

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare.

I controlli di accettazione, a carico dell'Appaltatore e compensati nel prezzo a corpo, vanno eseguiti su miscele omogenee e si configurano, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A

- controllo di tipo B

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tabella seguente:

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_1 \geq R_{ck}-3,5$	
$R_m \geq R_{ck}+3,5$ (N° prelievi: 3)	$R_m \geq R_{ck}+1,4 s$ (N° prelievi > 15)
Ove: R <sub>m</sub> = resistenza media dei prelievi (N/mm <sup>2</sup> ); R <sub>1</sub> = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm <sup>2</sup> ); s = scarto quadratico medio.	

#### **3.4.1.1) Controllo di tipo A**

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup>. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

#### **3.4.1.2) Controllo di tipo B**

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B).

Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m<sup>3</sup> di calcestruzzo. Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m<sup>3</sup>. Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo anche distribuzioni diverse dalla normale. Si deve individuare la legge di distribuzione più corretta e il valor medio unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore

medio). In questo caso la resistenza minima di prelievo R1 dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%.

Per calcestruzzi con coefficiente di variazione ( $s / R_m$ ) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari.

Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

#### ***3.4.1.3) Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo***

- Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede:
- alla redazione di apposito verbale di prelievo;
- a fornire indicazioni circa le corrette modalità di prelievo dei campioni;
- a fornire indicazioni circa le corrette modalità di conservazione dei campioni in cantiere, fino alla consegna al laboratorio incaricato delle prove;
- ad identificare i provini mediante sigle, etichettature indelebili, etc.;
- a sottoscrivere la domanda di prove al laboratorio, avendo cura di fornire, nella domanda, precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo, la data di prelievo, gli estremi dei relativi Verbali di prelievo;
- alla consegna dei campioni presso uno dei laboratori di prova di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

La certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2003.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;

- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori di resistenza misurati.

L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal costruttore, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori. Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si dovrà procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero soddisfacenti si può dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa.

I “controlli di accettazione” sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai “controlli di accettazione”.

### **3.5) Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera**

Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, oppure si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera, si può procedere ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.

Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale). È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si potrà fare utile riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504-4:2005 nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

#### ***3.5.1) Prove complementari***

Comprendono quei controlli utili al fine di stimare la resistenza del calcestruzzo in corrispondenza a particolari fasi di costruzione (precompressione, messa in opera) o condizioni particolari di utilizzo (temperature eccezionali, ecc.)

I Controlli complementari, come i controlli in corso d'opera sul calcestruzzo fresco, devono essere eseguiti dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

#### **3.6) Trasporto del conglomerato**

Se confezionato fuori opera il trasporto del conglomerato a piè d'opera dovrà essere effettuato con mezzi idonei atti ad evitare la separazione dei singoli elementi costituenti l'impasto. Il tempo intercorso tra l'inizio delle operazioni d'impasto ed il termine dello scarico in opera non dovrà comunque causare un aumento di consistenza superiore di 5 cm alla prova del cono.

In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento dell'impasto all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore a 60 minuti.

In caso di particolari condizioni operative, qualora sia stato eseguito uno specifico studio di qualifica del mix che ne attesti il mantenimento della lavorabilità nel tempo con controllo dell'abbassamento al cono di Abrams ogni 15' e qualora la temperatura esterna sia compresa nell'intervallo tra 5°C e 30°C, tale tempo potrà essere esteso fino a 90 minuti.

Nel caso in cui per il mantenimento della lavorabilità a lungo periodo occorresse una "ritempera" della miscela di calcestruzzo fresco, questa potrà avvenire solo mediante aggiunta di additivo superfluidificante secondo quanto specificato nei precedenti paragrafi.

Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare la diminuzione dell'efficacia dovuta sia ad accumulo di conglomerato indurito o legante che all'usura delle lame. L'autobetoniera dovrà essere dotata di apposito libretto che attesti le revisioni periodiche effettuate (ogni 4000 mc. o almeno una volta al mese).

Alla consegna del calcestruzzo, il produttore dovrà fornire all'utilizzatore un documento di consegna su cui siano riportate, a stampa o mediante timbratura o per iscritto, almeno le informazioni seguenti:

- nome dell'impianto di preconfezionamento;
- numero progressivo del documento;
- giorno e ora del carico, ovvero ora del primo contatto tra acqua e cemento;
- numero dell'autobetoniera o identificativo del veicolo di trasporto;
- nome dell'acquirente;
- nome e ubicazione del cantiere;
- dettagli o riferimenti alle specifiche d'ordine, per esempio codice, numero d'ordine;
- quantità di calcestruzzo in metro cubo;
- dichiarazione di conformità alle specifiche e alla EN 206-1;
- nome o marchio dell'ente di certificazione, se previsto;
- ora di arrivo del calcestruzzo in cantiere;
- ora di inizio scarico;
- ora di fine scarico.

Inoltre il documento di consegna deve fornire informazioni in merito a:

- a) per calcestruzzo a prestazione garantita:
  - classe di resistenza;
  - classi di esposizione ambientale;
  - classe di contenuto in cloruri;
  - classe di consistenza o valore di riferimento;
  - valori limite di composizione del calcestruzzo, se oggetto di specifica;
  - tipo e classe di resistenza del cemento, se oggetto di specifica;
  - tipo di additivo e aggiunte, se oggetto di specifica;
  - proprietà speciali, se richieste;
  - dimensione massima nominale dell'aggregato;
  - nel caso di calcestruzzo leggero o pesante: classe di massa volumica o massa volumica di riferimento.



b) Per calcestruzzi a composizione richiesta:

- dettagli sulla composizione, per esempio contenuto di cemento e, se richiesto, tipo di additivo;
- secondo la specifica, rapporto acqua/cemento oppure consistenza, espressa come classe o valore di riferimento;
- dimensione massima nominale dell'aggregato.

Nel caso di calcestruzzo a composizione prescritta normalizzata, l'informazione fornita deve essere conforme alle indicazioni della relativa norma di riferimento.

Nel caso di calcestruzzo preparato in cantiere, deve essere almeno indicato:

- la classe di resistenza caratteristica;
- i metri cubi trasportati.

L'Appaltatore sarà tenuto a custodire detta documentazione e ad esibirla, su richiesta, al personale della Direzione Lavori.

Se pompato, il conglomerato cementizio dovrà avere alla bocca di uscita della tubazione il valore dello slump di progetto.

All'atto dello scarico saranno controllate l'omogeneità e la lavorabilità dell'impasto.

### **3.7) Prescrizioni relative al calcestruzzo confezionato con processo industrializzato**

Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato si intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso. Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo dovranno essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e mantenere la qualità del prodotto.

Gli impianti dovranno essere dotati di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto risponda ai requisiti previsti dalle norme e che tale rispondenza sia costantemente mantenuta fino all'impiego.

Il sistema di controllo della produzione di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato in impianti di un fornitore, predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Detto sistema di controllo deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006, autorizzati dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. sulla base dei criteri di cui al DM 9/5/2003 n. 156.

I documenti che accompagnano ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi di tale certificazione.

Nel caso in cui l'impianto di produzione industrializzata appartenga al costruttore nell'ambito di uno specifico cantiere, il sistema di gestione della qualità del costruttore, predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000, certificato da un organismo accreditato, deve comprendere l'esistenza e l'applicazione di un sistema di controllo della produzione dell'impianto, conformemente alle specifiche indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Il Direttore dei Lavori, dovrà effettuare le prove di accettazione previste e ricevere, prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

Per produzioni di calcestruzzo inferiori a 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea, effettuate direttamente in cantiere, mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati, la stessa deve essere confezionata sotto la diretta responsabilità del costruttore. Il Direttore dei Lavori deve avere, prima dell'inizio delle forniture, evidenza documentata dei criteri e delle prove che hanno portato alla determinazione della resistenza caratteristica di ciascuna miscela omogenea di conglomerato, così come indicato in precedenza.

### **3.8) Posa in opera del conglomerato**

#### ***3.8.1) Programmazione dei getti***

L' Appaltatore è tenuto a presentare ogni settimana alla Direzione Lavori un modulo preventivamente concordato con la stessa riportante il dettagliato programma settimanale dei getti previsti per il piano successivo con indicati:

- il luogo, l'ora, l'opera e la struttura;
- i m3 di cls previsti, la classe di resistenza e i codici delle miscele utilizzate;
- i relativi impianti di confezionamento.

Ogni variazione al programma dovrà essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 24 ore.

### ***3.8.2) Controllo e pulizia dei casseri***

Prima che venga effettuato il getto di conglomerato dovranno controllarsi il perfetto posizionamento dei casseri, degli eventuali puntelli, le condizioni di stabilità, la posizione e la corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro, la posizione di eventuali guaine dei cavi di precompressione, la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.), l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante, nonché la pulizia delle pareti interne; per i pilastri in particolar modo, dovrà curarsi la assoluta pulizia del fondo. Nel caso di getti controterra è bene controllare che siano eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto, le seguenti operazioni:

- la pulizia del fondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante e/o di collegamento.

### ***3.8.3) Getto del conglomerato***

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. Il getto sarà eseguito a strati di limitato spessore e sarà convenientemente vibrato; il conglomerato inoltre dovrà essere posto in opera per strati disposti normalmente agli sforzi dai quali la struttura in esecuzione verrà sollecitata. La vibrazione sarà effettuata con la massima cura e proseguita fino alla eliminazione di ogni zona di vuoto e fino alla comparsa, in superfici del getto, di un velo di acqua. Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego di vibratori, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione.

### ***3.8.4) Getto del conglomerato in presenza d'acqua***

Nel caso di getti in presenza d'acqua è opportuno:

- adottare gli accorgimenti atti ad impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione;
- provvedere, con i mezzi più adeguati, alla deviazione dell'acqua e adottare miscele di calcestruzzo, coesive, con caratteristiche antidilavamento, preventivamente provate ed autorizzate dal Direttore dei Lavori;
- utilizzare una tecnica di messa in opera che permetta di gettare il calcestruzzo fresco dentro il calcestruzzo fresco precedentemente gettato, in modo da far rifluire il

calcestruzzo verso l'alto, limitando così il contatto diretto tra l'acqua ed il calcestruzzo fresco in movimento.

#### ***3.8.5) Ripresa del getto***

Affinché il getto sia considerato monolitico, il tempo intercorso tra la posa in opera di uno strato orizzontale ed il ricoprimento con lo strato successivo non dovrà superare mediamente 2 h nella stagione estiva e 4 h in quella invernale. Nel caso che l'interruzione superasse il tempo suddetto e non fosse stato impiegato un additivo ritardante, previa autorizzazione del Direttore dei lavori si dovrà stendere sulla superficie di ripresa uno strato di malta cementizia dosato a 600 kg di cemento, dello spessore di 1/2 cm, o altro sistema idoneo equivalente.

#### ***3.8.6) Vibrazione del conglomerato***

La vibrazione del conglomerato entro le casseforme sarà eseguita se o quando prescritta e comunque quando dovessero impiegarsi impasti con basso rapporto acqua-cemento o con elevata resistenza caratteristica. La vibrazione dovrà essere eseguita secondo le prescrizioni e con le modalità concordate con la Direzione.

I vibratori potranno essere inerti (pervibratori a lamiera o ad ago), ovvero esterni, da applicarsi alla superficie libera del getto o delle casseformi. Di norma comunque la vibrazione di quest'ultime sarà vietata; ove però fosse necessaria, le stesse dovranno convenientemente rinforzarsi curando altresì che il vibratore sia rigidamente fissato.

La vibrazione dovrà essere proseguita con uniformità fino ad interessare tutta la massa del getto; sarà sospesa all'apparizione, in superficie, di un lieve strato di malta umida. Qualora la vibrazione producesse nel conglomerato la separazione dei componenti, lo "slump" dello stesso dovrà essere convenientemente ridotto.

#### ***3.8.7) Temperatura del conglomerato***

La temperatura del conglomerato, in fase di confezione e di getto, dovrà il più possibile avvicinarsi al valore ottimale di 15,5° C. Ove pertanto la temperatura ambiente o degli aggregati risultasse diversa da tale valore, verranno prese opportune precauzioni secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori.

#### ***4.11.8) Protezione ed inumidimento***

Il conglomerato appena gettato dovrà essere sufficientemente protetto dalla pioggia, dal sole, dalla neve e da qualsiasi azione meccanica, per non meno di una settimana. Per lo stesso

periodo dovrà essere mantenuto umido a meno che non si impedisca all'acqua di evaporare proteggendo le superfici mediante fogli di plastica o con speciali pellicole antievaporanti date a spruzzo.

### **3.9) Disarmo dei getti di conglomerato**

#### **3.9.1) Generalità**

Il disarmo dovrà avvenire per gradi, in modo da evitare azioni dinamiche e non prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo; l'autorizzazione verrà data in ogni caso dal Direttore dei Lavori, che dovrà accertarsi nel procedere con le operazioni di disarmo che non si creino condizioni di lavoro delle strutture diverse da quelle risultanti esplicitamente dai disegni di progetto, dalla relazione di calcolo o dal presente capitolato, in particolare dovrà essere assicurato che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto nel rispetto dello schema di calcolo adottato risultante dalla documentazione allegata al progetto.

#### **3.9.2) Casseforme - Armature - Centinature**

Le casseforme e le relative armature di sostegno dovranno essere sufficientemente rigide per resistere, senza apprezzabili deformazioni, al peso proprio della costruzione, ai carichi accidentali di lavoro ed alla vibrazione o battitura del conglomerato. Le superfici interne delle casseforme dovranno presentarsi lisce, pulite e senza incrostazioni di sorta; il potere assorbente delle stesse dovrà essere uniforme e non superiore a 1 g/m<sup>2</sup>h (misurato sotto battente di acqua di 12 mm), salvo diversa prescrizione. Sarà ammesso l'uso di disarmanti; questi però non dovranno macchiare o danneggiare le superfici del conglomerato.

I giunti nelle casseforme saranno eseguiti in modo da evitare sbrodolamenti, non soltanto tra i singoli elementi che costituiscono i pannelli, ma anche attraverso le giunzioni verticali ed orizzontali dei pannelli stessi. Nei casseri dei pilastri si lascerà uno sportello al piede per consentire la pulizia alla base che assicuri un'efficace ripresa e continuità del getto. Quando la portata delle membrature principali oltrepassasse i 6 m verranno disposti opportuni apparecchi di disarmo; dovrà curarsi, in ogni caso, che i cedimenti elastici, in ogni punto della struttura, avvengano con simultaneità.

### **3.10) Durabilità del calcestruzzo**

La durabilità delle opere in conglomerato cementizio è definita dalla capacità di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione.

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati.

In particolare, ai fini di preservare le armature da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un valore del copriferro minimo, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice della barra più vicina, adeguato e comunque conforme a quanto stabilito dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. del 14 gennaio 2008 e dalla Circolare del 02/02/2009.

Quanto sopra vale anche per tutte le strutture prefabbricate e/o precomprese.

Particolarmente importante risulta a tal proposito il controllo del rapporto acqua/cemento, che dovrà tenere conto della classe di esposizione ambientale della singola opera in c.a.

Tale rapporto dovrà essere valutato tenendo conto sia dell'acqua contenuta negli inerti che di quella assorbita dagli stessi.

Per quanto attiene il calcestruzzo di Classe C28/35 ( $R_{ck} \geq 35$  N/mm<sup>2</sup>) il suddetto rapporto, non dovrà essere superiore a 0,5 , al fine di assicurare alle strutture una classe di esposizione XC4 (ambiente ciclicamente asciutto e bagnato).

Il rapporto a/c dovrà essere controllato anche in cantiere, almeno una volta alla settimana, tale rapporto non dovrà scostarsi più del  $\pm 0.02$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

### **3.11) Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio**

E' tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti a faccia vista secondo le linee rette continue o spezzate, e devono seguire le indicazioni di progetto.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa.

Nell'esecuzione dei manufatti contro terra si dovrà prevedere in numero sufficiente ed in posizione opportuna l'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

### **3.12) Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari**

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle di ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti di impianti.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

### **3.13) Impermeabilizzazione di manufatti in conglomerato cementizio**

Ove i disegni di progetto lo prevedano o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno si provvederà alla impermeabilizzazione dell'estradosso di manufatti in conglomerato cementizio, interrati e non, quali i volti delle gallerie artificiali, ponti e viadotti, sottovia ecc.

Tale impermeabilizzazione verrà effettuata mediante:

- a) guaine bituminose.
- b) guaine in PVC

- c) impermeabilizzanti cementizi elastoplastici
- d) pannelli in bentonite sodica e cartone Kraft

secondo le indicazioni riportate negli elaborati progettuali

I materiali da impiegare dovranno possedere le seguenti caratteristiche: gli strati impermeabilizzanti, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere progettati ed eseguiti in modo da avere:

- elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno alla stesa dello strato impermeabilizzante;
- deformabilità, nel senso che il materiale dovrà seguire le deformazioni della struttura senza fessurarsi o distaccarsi dal supporto, mantenendo praticamente inalterate tutte le caratteristiche di impermeabilità e di resistenza meccanica;
- resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione
- durabilità, nel senso che il materiale impermeabilizzante dovrà conservare le sue proprietà per una durata non inferiore a quella della pavimentazione, tenuto conto dell'eventuale effetto di fatica per la ripetizione dei carichi;
- compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (pavimentazione);
- altre caratteristiche che si richiedono sono quelle della facilità di posa in opera nelle più svariate condizioni climatiche e della possibilità di un'agevole riparazione locale.

Le suaccennate caratteristiche dell'impermeabilizzazione devono conservarsi inalterate:

- tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di  $-10^{\circ}$  e  $+60^{\circ}$  C;
- sotto l'azione degli sbalzi termici e sforzi meccanici che si possono verificare all'atto della stesa delle pavimentazioni o di altri strati superiori.

Dovranno prevedersi prove e controlli di qualità e possibili prove di efficienza.



SEZIONE 9

- DIAFRAMMI E PALANCOLATI -

... • OMISSIS ... •

**SEZIONE 10**

**- PALI -**

## INDICE

- 1.1 **Classificazione**
- 1.2 **Definizioni**
- 1.3 **Normative di riferimento**
- 1.4 **Preparazione del piano di lavoro**
- 2. **Pali di medio e grande diametro**
  - Prescrizioni di carattere generale**
  - Tolleranze geometriche**
  - Soggezioni geotecniche e ambientali**
  - Attrezzature**
  - Perforazione a secco senza rivestimento**
  - Perforazione con impiego di tubazione di rivestimento provvisoria**
  - Perforazione con l' ausilio di fanghi bentonitici**
  - Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose**
  - Controlli**
  - Armature metalliche**
  - Formazione del fusto del palo**
  - Preparazione e trasporto del calcestruzzo*
  - Posa in opera del calcestruzzo*
  - Controlli**
  - Documentazione dei lavori**
  - Prova di controllo della consistenza del calcestruzzo (slump-test)**
  - Prove di controllo sui pali di progetto**
  - Prove di carico*
  - Controlli non distruttivi*
  - Prove geofisiche*
  - Carotaggio continuo meccanico*
  - Scavi attorno al fusto del palo*
- 3 **Fanghi bentonitici**
  - 3.1 **Bentonite in polvere**
  - 3.2 **Preparazione fanghi bentonitici**
- 4 **Micropali di fondazione**
  - Generalità**
  - Tolleranze Geometriche**
  - Perforazioni**
  - Formazione del fusto del micropali**
  - Riempimento a gravità**
  - Riempimento a bassa pressione**
  - Iniezioni ripetute ad alta pressione**
  - Caratteristiche delle malte da impiegare per la formazione di micropali**
  - Controlli e misure**
  - Documentazione dei lavori**
  - Portata dei micropali**

## **1.1 Classificazione**

### *a) Pali di medio e grande diametro*

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie:

- Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)
- Pali trivellati
- Pali trivellati ad elica continui

### *b) Micropali*

Con tale denominazione devono essere intesi, i pali trivellati aventi diametro  $\leq 250$  mm costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie, a seconda delle modalità di connessione al terreno:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

## 1.2 Definizioni

### a) Pali infissi

#### *a.1) Pali infissi gettati in opera*

Con tale denominazione devono essere intesi i pali infissi realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- Pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo nel terreno il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e la eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato.
- Pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene gettato con calcestruzzo, con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma viene estratto dal terreno.

#### *a.2) Pali infissi prefabbricati*

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali infissi realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, eventualmente con l'ausilio di getti d'acqua in pressione alla punta.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento od in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- Pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica.
- Pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.
- Pali in legno: dovranno essere realizzati con legno di essenza forte (quercia, rovere, larice rosso, ontano, castagno), scortecciati, ben dritti, di taglio fresco, conguagliati alla superficie ed esenti da carie. Il loro diametro sarà misurato a metà della lunghezza. La parte inferiore del palo sarà sagomata a punta, e ove prescritto, munita di cuspidi di ferro, con o senza punta di acciaio, secondo campione approvato dalla DL. Per le modalità di posa in operati farà di seguito riferimento a quelle valide per i pali battuti prefabbricati ed alle quali si rimanda.

#### *b) Pali trivellati*

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali realizzati per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

*c) Pali trivellati ad elica continua*

Con tale denominazione si vengono ad identificare, i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

*d) Micropali*

Con tale denominazione vengono identificati pali trivellati ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro ( $d \leq 250$  mm) con tubi metallici, che possono anche essere dotati di valvole di non ritorno (a seconda delle modalità di solidarizzazione con il terreno), che sono connessi al terreno mediante:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità di connessione con il terreno, sono da applicare rispettivamente:

- per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformabilità a breve termine sia superiore ai 200 MPa, utilizzeremo il primo tipo di connessione;
- per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine inferiore a 200 MPa, utilizzeremo il secondo ed il terzo tipo di connessione.

L'armatura metallica può essere costituita da:

- tubo senza saldature, eventualmente dotato di valvole di non ritorno;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armature costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata, e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirali continue in tondo ad aderenza migliorata o liscio.

### **1.3 Normative di riferimento**

I lavori saranno eseguiti in accordo, alle seguenti normative

- “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008
- Circolare del 2 febbraio 2009 contenente le Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14 gennaio 2008

## **1.4 Preparazione del piano di lavoro**

L'Appaltatore dovrà aver cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici e/o telefonici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'esecuzione dei pali, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Prima dell'inizio delle perforazioni, si dovrà, a cura e spese dell'Appaltatore, individuare sul terreno la posizione dei pali (o dei micropali) mediante appositi picchetti collocati in corrispondenza dell'asse di ciascun micropalo.

Se considerato necessario dalla Direzione dei lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione plano-altimetrica della sommità del palo e di difesa dall'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Appaltatore, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi gli eventuali micropali di prova, contrassegnati con numero progressivo.

Per la realizzazione dei pali in alveo, in presenza di un battente di acqua fluente, l'Appaltatore predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere.

## **2. Pali di medio e grande diametro**

### **Prescrizioni di carattere generale**

Le tecniche di perforazione devono essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- a) la perforazione a secco senza rivestimento è ammessa solo in terreni uniformemente argillosi, dove può essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro;
- b) la perforazione a fango non è consigliabile in terreni molto aperti senza frazioni medio-fini;

Durante la perforazione occorre tenere conto dell'esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il palo; dovranno quindi essere minimizzati:

- a) il rammollimento degli strati coesivi;
- b) la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- c) la riduzione dell'aderenza palo-terreno causata da un improprio impiego di fanghi.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di perforazioni di prova, dietro richiesta della Direzione dei Lavori, prima della costruzione dei pali di progetto.

### **Tolleranze geometriche**

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della Direzione Lavori. La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.

Le tolleranze sul diametro nominale  $D$ , verificate in base ai volumi di calcestruzzo assorbito sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all' assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra  $-0.01 \times D$  e  $0.1 \times D$ .
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure di assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra  $-0.01 \times D$  e  $0.1 \times D$ .

L' impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutti i controlli e tutte le opere sostitutive e/o complementari che, a giudizio della Direzione Lavori, si rendessero necessarie per ovviare all' esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi e opere di collegamento.

### **Soggezioni geotecniche e ambientali**

#### *a) Pali infissi*

L'adozione di pali infissi (gettati in opera o prefabbricati), è condizionata da una serie di fattori geotecnici ed ambientali;

Quelli che meritano particolare attenzione sono:

- disturbi alle persone provocati dalle vibrazioni e dai rumori causati dall'infissione dei pali;
- danni che l'installazione dei pali può arrecare alle opere vicine a causa delle vibrazioni, degli spostamenti verticali e/o orizzontali del terreno provocati durante l'infissione;
- danni che l'infissione dei pali può causare ai pali adiacenti;

L'Appaltatore dovrà eseguire a sua cura e spese misure vibrazionali di controllo per accertare, se vengono superati i limiti di accettabilità imposti dalle norme vigenti, e nella eventualità di superamento di questi limiti, dovrà sottoporre alla DL i provvedimenti che intende adottare nel caso che tali limiti vengono ad essere superati, che si riserva la facoltà di approvazione.

L'esecuzione di prefiori per la riduzione delle vibrazioni è ammessa, con le limitazioni che vedremo in seguito.

I prefiori sono a cura e spese dell'Appaltatore.

#### *b) Pali trivellati*

### **Attrezzature**

La potenza e la capacità operativa delle attrezzature dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare ed alle dimensioni dei pali da eseguire nei tempi previsti. Marcature disposte ad intervalli regolari sugli organi di manovra degli utensili di scavo dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando. La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:



### **Perforazione a secco senza rivestimento**

E' ammessa esclusivamente nei terreni coesivi di media o elevata consistenza esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possano causare ingresso di acqua nel foro. Si possono utilizzare attrezzi ad elica in due versioni:

- elica continua cilindrica, gradualmente infissa nel terreno con moto rotatorio, fino alla profondità della base del palo. I detriti vengono in parte portati a giorno dalla rotazione dell' elica ed in parte vi aderiscono e sono estratti insieme all' elica stessa alla fine della perforazione.
- elica a poche spire, a profilo conico, infissa nel terreno tramite un' asta rigida che le imprime poche rotazioni e quindi la riporta in superficie per scaricare i detriti accumulatisi sulle spire.

### **Perforazione con impiego di tubazione di rivestimento provvisoria**

La tubazione sarà costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi 2-2.50 m, connessi fra di loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L' infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni più lunghi di 2.50 m o anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

L' infissione con vibratore sarà adottata in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi. E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni purché non risultino varchi nel tubo che possano dar luogo all' ingresso del terreno.

La perforazione all' interno dei tubi di rivestimento potrà essere eseguita mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata oleodinamicamente,
- secchione manovrato da un' asta rigida o telescopica.

Entrambi i casi consentiranno la disaggregazione del terreno e la estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso ad utensili disagregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento ad opera di una corrente ascendente d' acqua.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno d' acqua (o eventualmente di fango bentonitico) con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale, la perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della scarpa del tubo di rivestimento.

### **Perforazione con l' ausilio di fanghi bentonitici**

La perforazione sarà eseguita mediante secchione azionato da asta rigida o telescopica oppure mediante benna dotata di virola superiore di centramento e guida. In entrambi i casi il corpo dell' utensile dovrà lasciare uno spazio anulare tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare effetti "pistone" allorché l' utensile viene sollevato.

Gli utensili di perforazione dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato.

Il secchione dovrà essere provvisto delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto della estrazione. Il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore ad 1 m e non dovrà scendere al di sotto di 0.60 m all'atto della estrazione dell'utensile dal foro.

La distanza minima fra due perforazioni attigue, in corso, appena ultimate, o in corso di getto dovrà essere tale da impedire fenomeni di interazione e comunque non inferiore a 5 diametri.

Il materiale portato in superficie dovrà essere sistematicamente portato a scarica. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto, sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima e completarla solo nell'imminenza del getto.

### **Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose**

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei di strati rocciosi cementati e per conseguire un adeguato ammorsamento in substrati di roccia dura si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati alla natura dell'ostacolo. L'uso dello scalpello dovrà essere frequentemente alternato a quello della benna o del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i detriti man mano prodotti dallo scalpello.

Alla sommità dello scalpello dovrà essere disposto un anello di forma appropriata per la guida dell'utensile.

Salvo deroghe della Direzione dei lavori, l'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio, spinto sino al tetto della formazione lapidea, allo scopo di evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

Gli oneri relativi all'impiego dello scalpello, in presenza di trovanti o di strati rocciosi o cementati di qualsiasi spessore sono compresi nei prezzi d'elenco.

### **Controlli**

La Direzione dei Lavori controllerà, in fase di esecuzione del preforo, la rispondenza delle startigrafie di progetto con quelle effettive.

In presenza di eventuali discordanze, o nel caso che alla base del palo si rinvenga un terreno molto più compressibile e/o molto meno resistente del previsto, o comunque altre anomalie, la Direzione Lavori procederà al riesame delle condizioni progettuali ed adotterà gli opportuni provvedimenti.

Alla fine della perforazione si misurerà in contraddittorio con la Direzione dei lavori, rispetto alla quota del sottopinto, la profondità del preforo con uno scandaglio; l'operazione verrà effettuata anche all'inizio ed al termine di eventuali interruzioni prolungate della lavorazione in corrispondenza dei turni di riposo o per altri motivi.

### **Armature metalliche**

Le armature dovranno soddisfare le prescrizioni di cui all'articolo ad esse dedicato, essere conformi al progetto ed essere approvate dalla Direzione dei lavori.

Le armature verticali saranno costituite da barre ad aderenza migliorata, quelle trasversali da una spirale esterna alle barre verticali. Le armature verranno assemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica. Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori atti

a garantire la centratura dell' armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo coerente con le indicazioni degli specifici elaborati progettuali.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell' inizio del getto e mantenute in posto sostenendole dall' alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul calcestruzzo già in opera o sul fondo del foro.

## **Formazione del fusto del palo**

### ***Preparazione e trasporto del calcestruzzo***

Il calcestruzzo dovrà avere la resistenza caratteristica prevista in progetto. Il rapporto acqua-cemento non dovrà superare 0.5, comprendendo l'umidità degli inerti nel peso dell' acqua. La lavorabilità dovrà esser tale da dare uno "slump" al cono di Abrams compreso tra 16 e 18 cm. Per ottemperare congiuntamente questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un opportuno additivo fluidificante non areante.

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante. I prodotti commerciali che l'Impresa intende utilizzare dovranno essere sottoposti all'esame ed alla approvazione preventiva della Direzione dei lavori. I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare la segregazione dei componenti. Il calcestruzzo dovrà esser confezionato e trasportato ad un ritmo tale da consentire il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità nel più breve tempo possibile.

### ***Posa in opera del calcestruzzo***

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 2.50 m di un tubo in acciaio avente diametro interno 20-25 cm.

L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento del diametro non superiore a 2.0 cm. Sono escluse le giunzioni a flangia. Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di 0.4-0.6 mc e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto, sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro. Per pali trivellati in presenza di acqua di falda o nel caso in cui si impieghi fango bentonitico il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30-60 cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da una palla di malta plastica oppure da uno strato di 30 cm di spessore di vermiculite granulare o palline di polistirolo galleggianti sul liquido, oppure ancora da un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 m di palo.

Il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre osservando una immersione minima nel calcestruzzo di 2.5 m e massima di 6 m.

Per pali trivellati a secco non occorre alcun tappo alla sommità del tubo di getto.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei pali sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondano a quelle previste. In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottopinto.

## **Controlli**

L'Impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere alla esecuzione di:

- una analisi granulometrica ogni 500 mc di inerte impiegato;
- una serie di prove di carico a rottura su cubetti di calcestruzzo prelevati in numero e modalità conformi a quanto prescritto nel presente capitolato ed a quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- una prova con il cono Abrams per ogni betoniera o 10 mc di calcestruzzo impiegato;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo, il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta su almeno i primi dieci pali e sul 10% dei pali successivi.

In base a questo rilievo potrà essere ricostruito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).

## **Documentazione dei lavori**

L'esecuzione di ogni singolo palo dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione del palo;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- risultati dei controlli eseguiti sul fango eventualmente usato per la perforazione;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del fondo foro prima della posa del tubo getto;
- “slumps” del calcestruzzo;
- assorbimento totale effettivo del calcestruzzo e volume teorico del palo;
- “profilo di getto” ove richiesto;
- risultati delle prove di rottura a compressione semplice.

Nella documentazione generale dovrà inoltre comparire:

- una scheda con le caratteristiche delle polveri bentonitiche e relativi additivi eventualmente usati;
- una scheda con le caratteristiche dei componenti del calcestruzzo, compresi i risultati delle analisi granulometriche degli inerti come da descrizioni del presente capitolato.

## **Prova di controllo della consistenza del calcestruzzo (slump-test)**

L'apparecchiatura che dovrà essere a disposizione in cantiere per la misura della consistenza del calcestruzzo è costituita dal cono di Abrams e da un pestello di ferro. Il cono di Abrams è un fusto tronco-conico in lamiera, alto 30.48 cm. Le cui aperture di base hanno un diametro rispettivamente di 10.15 cm e 20.52 cm. Esso è inoltre provvisto di due maniglie e di due alette poste sulla base maggiore, di lunghezza pari a 7.62 cm.

Il pestello metallico ha un diametro di 16 mm, una lunghezza di 61 cm rastremato all'estremità inferiore per il tratto di 2.5 cm circa in modo da avere una testa sferica con raggio di circa 6 mm.

La determinazione della prova seguirà le seguenti fasi:

- si pone a terra su superficie dura, liscia, ben livellata e pulita, il cono di lamiera;
- lo si riempie, in successione, con tre strati di calcestruzzo; ogni strato verrà costipato con 25 colpi del pestello;

- dopo l'ultimo colpo di pestello (per il terzo strato), il calcestruzzo verrà rastremato, livellato e lisciato alla cima del cono;
- con ogni cura, si sfilerà il cono di lamiera dal calcestruzzo;
- si porrà il cono di lamiera a fianco del calcestruzzo e aiutandosi con un regolo metallico ed un metro, si determinerà l'abbassamento in centimetri.

## **Prove di controllo sui pali di progetto**

### ***Prove di carico***

Il numero dei pali da sottoporre alla prova di carico deve essere stabilito in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo; tale numero deve essere pari ad almeno il 2% del totale del numero dei pali, con un minimo di due. La scelta dei pali di prova sarà affidata alla Direzione Lavori e comunque dovrà tener presente la necessità di interessare le diverse situazioni del sottosuolo evitandone la concentrazione.

Il carico di prova sarà in genere pari a 1.5 volte il carico di esercizio; tale rapporto potrà essere incrementato, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, sino a 2.5; al momento della prova di calcestruzzo del palo dovrà avere almeno 28 giorni di stagionatura. Le modalità di applicazione e così pure la successione dei cicli di carico e di scarico saranno prescritti dalla Direzione Lavori anche in funzione della natura dei terreni di fondazione.

Il carico sarà applicato mediante un martinetto, che trova contrasto mediante un'adeguata zavorra o pali di reazione il cui manometro (o cella di carico) dovrà essere corredato da un certificato di taratura di data non anteriore ad un mese. Le misure dei cedimenti dovranno essere rilevate mediante tre micrometri centesimali disposti a 120° attorno al palo, interposti tra la testa del palo ed una struttura portamicrometri solidale al terreno in punti sufficientemente distanti dal palo di prova e dal sistema di contrasto, così da evitare l'influenza delle operazioni di carico e scarico.

Tale struttura deve distare non meno di 3.0 m e non meno di 3 diametri dal palo di prova, ed infine non meno di 2.0 m dall'impronta della zavorra o da eventuali pali di reazione. La struttura portamicrometri dovrà essere protetta da vibrazioni ed urti accidentali e schermata dai raggi solari per minimizzare le deformazioni di natura termica. Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione di carico, entità del carico, le letture ai micrometri ed il diagramma carichi-cedimenti. Al verbale saranno allegati i certificati di taratura del manometro (o cella di carico).

### ***Controlli non distruttivi***

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali, non compromettendone l'integrità strutturale. A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di :

- a) prove geofisiche;
- b) carotaggio continuo meccanico;
- c) scavo attorno al fusto del palo.

### ***Prove geofisiche***

Possono essere eseguite mediante l'emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti. Il primo tipo di controllo potrà essere

eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato ai soli pali trivellati di grande diametro ( $D > 700$  mm).

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione dei Lavori anche in relazione all'importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche dei terreni di fondazione ed alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione dei Lavori.

Sui pali prescelti per le prove lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possano scorrere le sonde di emissione e ricezione degli impulsi.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmettente e ricevente.

#### ***Carotaggio continuo meccanico***

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili ed attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e, se richiesto, del sedime d'impasto. Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione ed il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio e le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro. Il carotaggio si eseguirà a cura e spese dell'Impresa in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle norme tecniche d'appalto ed alle disposizioni della Direzione dei Lavori.

#### ***Scavi attorno al fusto del palo***

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4-5 m di palo. Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso visibile all'ispezione visiva. Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva. Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti norme tecniche ed alle disposizioni della Direzione dei Lavori.

### **3 Fanghi bentonitici**

I fanghi bentonitici da impiegare nella esecuzione di prefori per l'esecuzione di pali trivellati, saranno ottenuti miscelando fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua (chiara di cantiere);
- bentonite in polvere;
- eventuali additivi (disperdenti, sali tampone, etc.)

### 3.1 Bentonite in polvere

La bentonite che verrà impiegata per la realizzazione di fanghi dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

residui al setaccio 38 della serie UNI n° 2331-2332	< 1%
Tenore di umidità	< 15%
Limite di liquidità	> 400
Viscosità 1500-1000 Marsh della sospensione al 6% di acqua distillata	> 40 s
Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	< 2%
Acqua "libera" separata per pressofiltrazione di 450 cm <sup>3</sup> della sospensione al 6% in 30 min alla pressione di 0.7 MPa	< 18 cm <sup>3</sup>
PH dell'acqua filtrata	7 < pH < 9
Spessore del pannello di fango "cake" sul filtro della filtro-pressa	2,5 mm

La bentonite, certificata dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

### 3.2 Preparazione fanghi bentonitici

Il dosaggio di bentonite, espresso come percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare di norma compreso fra il 4,5 ed il 9%, salva la facoltà della DL di ordinare dosaggi diversi in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione.

Gli additivi dovranno essere prescelti tenendo conto della natura e dell'entità degli elettroliti presenti nell'acqua di falda in modo da evitare che essa provochi la flocculazione del fango.

La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza accoppiati a cicloni ed operanti a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti.

In ogni caso dovranno essere installate apposite vasche di adeguata capacità (>20m<sup>3</sup>) per la "maturazione" del fango, nelle quali esso dovrà rimanere per almeno 24 ore dopo la preparazione, prima di essere impiegato.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a  $1.08 \text{ t/m}^3$
- viscosità Marsh: compresa fra 38" e 55"

L'Appaltatore dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentono di contenere entro limiti ristretti la quantità di materiale trattenuto in sospensione.

Tali apparecchiature devono essere tali da mantenere le caratteristiche del fango presente nel foro entro i seguenti limiti:

- peso di volume nel corso dello scavo  $\leq 12.5 \text{ kN/m}^3$ ;
- contenuto percentuale volumetrico in sabbia del fango, prima dell'inizio delle operazioni di getto:  $< 6\%$

La determinazione dei valori sopraindicati saranno condotte su campioni di fango prelevati a mezzo di campionatore per fluidi in prossimità del fondo dello scavo.

Per riportare il fango entro i limiti indicati esso deve essere fatto circolare per il tempo necessario, attraverso separatori a ciclone (o di pari efficacia), con una condotta dal fondo dello scavo, prima di reimmetterlo all'interno del cavo.

In alternativa, il fango nel cavo dovrà essere sostituito in tutto o in parte con fango fresco.

Il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo, oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate, nel rispetto delle vigenti Norme di Legge.

#### **4 Micropali di fondazione**

##### **Generalità**

Vengono definiti micropali di fondazione i pali trivellati aventi diametro di perforazione non superiore a 250 mm con fusto costituito da malta di cemento gettata in opera e da idonea armatura in acciaio.

Per la formazione del fusto sono ammesse le seguenti modalità di esecuzione:

- a) riempimento a gravità,
- b) riempimento a bassa pressione,
- c) iniezioni ripetute ad alta pressione.

##### **Tolleranze Geometriche**

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- a) la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto per più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della Direzione dei Lavori;
- b) la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- c) la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- d) il diametro dell'utensile di perforazione non dovrà risultare inferiore al diametro della perforazione prevista in sede di progetto.

Ogni micropalo che risultasse non conforme alle tolleranze qui stabilite dovrà essere sostituito con altro eseguito correttamente, a cura e spese dell' Appaltatore.



## **Perforazioni**

La perforazione deve essere condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto; in particolare dovrà essere minimizzato il disturbo del terreno nell' intorno del foro; in particolare dovrà essere evitata la dispersione di acqua all'interno dei terreni interessati dalla perforazione.

La perforazione dovrà essere eseguita con l'inclinazione indicata negli elaborati grafici di progetto delle strutture; tale inclinazione potrà eventualmente subire modeste variazioni a seguito di prescrizioni della Direzione dei lavori.

Al termine della perforazione, il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti.

L'ordine di esecuzione dei pali nell' ambito di ciascun gruppo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorra si dovrà provvedere allo spostamento della macchina perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei micropali appartenenti al gruppo in lavorazione.

L'Appaltatore dovrà predisporre un programma relativo all' esecuzione dei micropali; tale programma dovrà essere sottoposto alla preventiva approvazione della D.L.

## **Confezione e posa delle armature**

Le armature metalliche dovranno corrispondere ai requisiti indicati negli elaborati grafici del progetto esecutivo delle strutture ed alle prescrizioni contenute nel presente capitolato speciale d' appalto per le opere strutturali; in ogni caso, le armature saranno estese a tutta la lunghezza dei micropali.

Verranno impiegati tubi d'acciaio senza saldatura longitudinale; le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati.

Nel caso in cui i tubi di armatura siano dotati di valvole per l' iniezione, essi dovranno essere accuratamente scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo pari a 3.5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posizione mediante anelli in fili di acciaio saldati al tubo in corrispondenza dei bordi dei manicotti.

La valvola più bassa sarà posta immediatamente al di sopra del fondello che occlude la base del tubo. Le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo pari a 15 mm; tali distanziatori saranno posizionati, di preferenza, sui manicotti di giunzione.

## **Formazione del fusto del micropali**

La formazione del fusto dovrà iniziare in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun palo. In caso contrario, la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvederà quindi alla pulizia del preforo immediatamente prima dell' inizio delle operazioni di posa delle armature tubolari e di getto della malta.

In ogni caso, non dovrà trascorrere più di un' ora tra il termine della perforazione ed il getto della malta.

## **Riempimento a gravità**

Il riempimento a gravità del preforo, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione calato fino a 10-15 cm dal fondo e dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico. Il riempimento verrà proseguito sino a che la malta immessa risalga in superficie priva di inclusioni; si dovrà attendere al fine di accertare la necessità o meno di

rabbocchi, si potrà quindi estrarre il tubo convogliatore quando il foro sarà perfettamente riempito.

Eventuali rabbocchi da eseguire prima di raggiungere tale situazione vanno praticati esclusivamente tramite il tubo convogliatore.

L'armatura tubolare potrà essere utilizzata come tubo convogliatore solo se il suo diametro interno non supera i 50 mm; in caso contrario si dovrà ricorrere ad un tubo convogliatore separato, dotato di otturatore posizionato alla base del tubo di armatura del palo.

### **Riempimento a bassa pressione**

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta avverrà, in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo convogliatore, così come descritto al punto precedente. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (5-6 kg/cm<sup>2</sup>) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione alla parte rimasta nel terreno, previo rabboccamento dall'alto al fine di riportare a livello la malta. Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

### **Iniezioni ripetute ad alta pressione**

Le fasi della posa in opera saranno le seguenti:

- a) riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo a valvole e le pareti del preforo, ottenuta alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più bassa finché la malta risale sino alla bocca del foro;
- b) lavaggio con acqua all'interno del tubo;
- c) avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno, valvola per valvola, volumi di malta non eccedenti le sei volte il volume del preforo;
- d) lavaggio con acqua all'interno del tubo;
- e) avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'operazione in pressione limitatamente a quelle valvole per le quali: il volume iniettato non abbia raggiunto il valore predetto, le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non superino i 7 kg/cm<sup>2</sup>.

Al termine dell'iniezioni si riempirà a gravità l'interno del tubo.

### **Caratteristiche delle malte da impiegare per la formazione di micropali**

Le malte dovranno essere caratterizzate da:

- rapporto acqua/cemento < 0.5;
- resistenza caratteristica cubica  $\geq 300$  kg/cm<sup>2</sup>.

Per garantire la resistenza richiesta e la necessaria lavorabilità e stabilità dell'impasto, dovrà essere adottato il dosaggio minimo di 600 kg di cemento per m<sup>3</sup> di impasto.

Per una corretta posa in opera si potranno anche aggiungere all'impasto additivi fluidificanti.

### **Controlli e misure**

La profondità delle perforazioni, da valutare rispetto alla quota del sottopinto, verrà misurata come segue:

- a) in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione medesima, con l' utensile appoggiato sul fondo;
- b) in base alla lunghezza dell' armatura.

Nel caso in cui la differenza delle due misure dovesse risultare maggiore di 0.10 m, si dovrà provvedere alla pulizia del fondo del foro, asportandone i detriti accumulatisi, dopo avere estratto l' armatura.

Nel corso dell' esecuzione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo; su tale campione si determinerà il peso specifico ed il bleeding.

Il peso specifico dovrà risultare pari almeno al 90% di quello teorico; nelle prove di decantazione, l' acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume.

Con il campione di miscela verranno altresì preparati cubetti di 7 o 10 cm di lato, da sottoporre a prove di schiacciamento per compressione, nella misura di almeno una prova per ogni micropalo.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative ed alle preventive richieste della Direzione dei Lavori.

### **Documentazione dei lavori**

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

- identificazione del micropalo,
- data di inizio della perforazione e termine del (o iniezione),
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione,
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione,
- per i micropali formati mediante iniezioni ripetute ad alta pressione, le pressioni residue minime e le quantità complessive iniettate per ogni fase di iniezione ad alta pressione,
- risultati delle misure di peso specifico, di decantazione e di resistenza caratteristica cubica a compressione.

### **Portata dei micropali**

I micropali dovranno garantire la portata in esercizio indicata negli elaborati del progetto esecutivo delle strutture. La portata dovrà essere verificata mediante le prove di carico da eseguire nel numero e con le modalità stabilite dalle normative, dalle specifiche del progetto esecutivo delle strutture e da quelle della Direzione dei Lavori.

SEZIONE 11

- POZZI -

... • OMISSIS ... •

SEZIONE 12

- CASSONI -

... • OMISSIS ... •

**SEZIONE 13**

**- GALLERIE -**

## INDICE

1.0	GENERALITA'
1.1	Prescrizioni tecniche particolari
1.1.0	Scavi
1.1.1	Scavi a cielo aperto
1.1.2	Scavi a foro cieco
1.1.2.1	Classificazione dello scavo
1.1.2.2	Scavo di cunicolo con fresa integrale a testa rotante
1.1.2.3	Rilievo geologico-strutturale, geomeccanico e geotecnico in cunicolo pilota
1.1.2.4	Scavo di galleria in presenza di cunicolo
1.1.2.5	Scavo di gallerie a doppio fornice
1.1.2.6	Scavo di pozzi di aerazione
1.1.3	Armature provvisionali
1.1.3.1	Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate, scalette di rinforzo
1.1.3.2	Ancoraggi
1.1.3.2.1	Prove di carico su ancoraggi
1.1.3.3	Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato
1.1.3.4	Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato
1.1.3.5	Rivestimento di seconda fase in conglomerato cementizio gettato in opera
1.1.3.6	Casseforme
1.1.4	Drenaggi
1.1.4.1	Canalette di raccolta
1.1.4.2	Tubi drenanti microfessurati
1.1.4.3	Impermeabilizzazione di gallerie
1.1.4.3.1	Impermeabilizzazione con guaina in PVC
1.1.5	Interventi di consolidamento
1.1.5.1	Consolidamento del fronte di scavo con tubi in vetroresina

1.1.5.2	Consolidamento del terreno al contorno dello scavo mediante iniezione di miscele cementizie
1.1.5.3	Presostegno mediante infilaggi
1.1.5.4	Consolidamento del terreno mediante trattamenti colonnari (jet-grouting)
1.1.5.4.1	Armatura delle colonne
1.1.5.5	Precontenimento mediante volta continua in elementi tronco-conici (pretaglio)
1.1.5.5.1	Conglomerato cementizio proiettato per la realizzazione di elementi tronco-conici (pretaglio)
1.1.6	Gallerie con scavo eseguito completamente a cielo aperto
1.1.7	Gallerie con scavo eseguito solo parzialmente a cielo aperto
2.0	SPECIFICHE DI CONTROLLO
2.1	Disposizioni generali
2.2	Scavi a cielo aperto
2.3	Scavi a foro cieco
2.4	Controlli tenso-deformativi
2.4.1	Monitoraggio in corso d'opera
2.4.1.1	Interpretazione e verifica in corso d'opera
2.4.2	Monitoraggio in fase di esercizio
2.5	Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate e scalette di rinforzo
2.6	Ancoraggi
2.7	Conglomerato cementizio proiettato
2.8	Conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato
2.9	Conglomerato cementizio gettato in opera
2.10	Drenaggi
2.11	Impermeabilizzazioni
2.12	Consolidamento del fronte di scavo con barre in vetroresina
2.13	Iniezioni
2.14	Infilaggi
2.15	Jet-grouting
2.16	Precontenimento mediante volta continua in elementi tronco-conici (pretaglio)



## **1.0 Generalità**

Si intendono comprese in questa categoria di lavoro le gallerie naturali e quelle artificiali.

Le gallerie naturali sono quelle definite come manufatti eseguiti a "foro cieco", mentre quelle artificiali sono definite come manufatti realizzati totalmente o parzialmente dall'esterno e successivamente ritombati.

Le tipologie di intervento comuni ad entrambe le categorie sono:

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

Le prescrizioni della presente sezione si applicano a tutte le opere in sotterraneo quali: gallerie ed opere connesse (intervallazioni, nicchie, nicchioni; etc.) cameroni, cunicoli, pozzi di areazione, etc.

Il progetto esecutivo, sulla base di ampia campagna di accertamenti tecnici, dovrà individuare "tratte omogenee" di galleria per caratteristiche geologico-tecnico ed idrauliche, e per ogni tratta, riportati in "sezioni tipo", gli schemi di intervento.

La descrizione delle Sezioni Tipo, deve essere esauriente, univoca, ed individuata nelle tipologie e nella quantità di applicazione, e non deve lasciare indeterminazione per la immediata applicabilità esecutiva.

In fase esecutiva la Direzione Lavori provvederà, in contraddittorio con l'Impresa, alla verifica delle "classi di scavo", sulla base dell'effettivo comportamento tenso-deformativo del cavo.

L'Impresa è tenuta ad adottare a propria cura e spese tutti gli accorgimenti e le cautele necessarie per garantire la sicurezza dei lavori e l'incolumità delle persone.

Sarà tenuta alla scrupolosa osservanza di tutte le Norme di sicurezza e l'igiene del lavoro in sotterraneo, vigenti.

L'Impresa pertanto, dovrà perseguire a sua cura e spese, nella misura adeguata alle singole circostanze, secondo propri criteri e sotto la propria diretta responsabilità tutti quei provvedimenti necessari al rispetto delle Norme vigenti, inclusi tra essi in particolare la ventilazione, l'illuminazione dei cantieri di lavoro, etc.

## **1.1 Prescrizioni tecniche particolari**

### **1.1.0 Scavi**

Con il termine "scavi" si intendono tutte le tecnologie esecutive finalizzate alla effettuazione di scavi a cielo aperto o a foro cieco in terreni, rocce o materiali di qualsiasi natura.

Gli scavi si suddividono in:

- scavi a cielo aperto
- scavi a “foro cieco”

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

#### **1.1.1. Scavi a cielo aperto**

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

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

Dopo la realizzazione dei manufatti, dovrà essere ricostituito il profilo preesistente del piano campagna.

Nel caso in cui il livello di ricoprimento da eseguire sia incompatibile con la tipologia dei manufatti realizzati, si provvederà ad un rinterro che modifichi il piano di campagna preesistente od, in alternativa, si realizzeranno delle solette intermedie in maniera da ridurre il livello di ricoprimento dell'impalcato.

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

Ove l'Impresa ravvisasse l'opportunità di modificare le soluzioni indicate dal Progettista, dovrà sottoporre le modifiche che intende realizzare all'approvazione della DL e dello stesso Progettista.

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

##### **a) Scavo completamente a cielo aperto**

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

Il tutto dovrà essere compatibile con la situazione ambientale e le caratteristiche geotecniche dei materiali interessati.

b) Scavo parzialmente a cielo aperto

L'impiego di tale soluzione è subordinata alla possibilità di non poter realizzare lo scavo completo sino al piano di posa della fondazione del manufatto da realizzare, sia in relazione della particolare situazione ambientale, sia in relazione alle caratteristiche geotecniche dei materiali interessati.

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

Il completamento dello scavo, verrà realizzato asportando il terreno al di sotto della soletta.

In tutti gli scavi che verranno eseguiti con l'impiego di esplosivo, dovrà essere adottato il sistema di sparo a profilatura controllata, così da ottenere profili di scavo regolari e ridurre il disturbo dei materiali circostanti.

Dopo la volata, le pareti dovranno essere disaggiate con la massima cura.

#### **1.1.2. Scavi a foro cieco**

Con tale denominazione vengono racchiusi gli scavi eseguiti per la costruzione di gallerie naturali.

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

Gli scavi potranno essere effettuati in terreni di qualsiasi natura, durezza e consistenza, costituiti anche da materiali eterogenei e comunque sciolti.

La scelta della tecnica di scavo dovrà essere basata su una corretta ed esaustiva valutazione di tutti gli aspetti tecnici, economici e temporali, connessi con le operazioni di avanzamento.

La metodologia di scavo, così come la tipologia dei rivestimenti di prima fase e degli eventuali consolidamenti, etc., dovranno essere definiti in sede progettuale.

In sede progettuale si dovrà inoltre definire una tavola dove dovrà essere riportato il profilo geotecnico longitudinale della galleria, in cui dovranno essere indicate le seguenti specifiche tecniche:

- le classi di scavo;
- il modello geotecnico e le relative leggi costitutive a cui fare riferimento, nonché l'eventuale comportamento reologico;
- i parametri geotecnici, pertinenti a ciascuna zona o tratta geotecnicamente omogenea;
- stato tensionale originario in sito;

- la circolazione idrica sotterranea in condizioni stazionarie e dinamiche, ed eventualmente superficiale;
- la previsione sul comportamento della galleria in termini di stabilità e la risposta deformativa, in presenza dei rivestimenti e degli eventuali interventi di miglioramento, rinforzo e di stabilizzazione, in corrispondenza delle sezioni tipo individuate lungo il tracciato per zone o tratti geotecnicamente omogenei, quantificando i seguenti parametri:

1. luce libera dello scavo, intesa come massima lunghezza di scavo non sostenuta;
2. convergenza totale del cavo, ed in particolare del rapporto tra la stessa convergenza e la dimensione equivalente della galleria;
3. gradiente di deformazione, inteso come convergenza della galleria nell'unità di tempo;
4. condizione di stabilità del fronte di scavo, in relazione allo sviluppo dei possibili fenomeni di instabilità per estrusione o scivolamento lungo superfici di geometria più o meno complessa.

Con il termine “convergenza totale del cavo” si intende la convergenza diametrale valutata considerando come zero la misura effettuata su capisaldi (installati in modo solidale con il terreno o posti sul rivestimento di prima fase, previsto dalla classe di appartenenza), che si trovano ad una distanza dal fronte non superiore a 100 cm, fino al momento del getto del rivestimento definitivo.

Con il termine “diametro della sezione di scavo”, viene ad intendersi il diametro di una sezione circolare di area pari all'area della sezione totale di scavo, compreso l'eventuale arco-rovescio.

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

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

Le risultanze di tali determinazioni dovranno essere verbalizzate e documentate.

Il piano di monitoraggio così come previsto in progetto, sarà predisposto a cura dell'Impresa e verrà compensato con i relativi prezzi di Elenco.

Gli scavi in sotterraneo dovranno rispettare il programma dei lavori, approvato dalla Direzione Lavori, dove l'Impresa dovrà tenere conto anche delle interruzioni dei cicli di lavoro e dei fermi di cantiere.

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

L'Impresa resta comunque responsabile di ogni eventuale danno che dovesse derivare a persone o a cose anche di terzi in dipendenza dell'inosservanza delle precauzioni e cautele di cui sopra e in nessun caso potrà addurre, a diminuzione della propria responsabilità, il fatto di non aver ricevuto ordine dalla Direzione Lavori.

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

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

Dovrà essere predisposto a cura dell'Impresa un apposito monitoraggio per salvaguardare l'integrità dei manufatti esistenti in prossimità del cavo o di limitare le vibrazioni in manufatti adiacenti e/o sovrastanti il cavo stesso, l'Impresa, dovrà attuare, coordinandole con la DL, specifiche limitazioni nell'impiego di esplosivi.

Tali limitazioni possono essere così riassunte:

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

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

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

Il fuori-sagoma massimo consentito non dovrà comunque eccedere quello indicato nello schema di figura, valido nel caso di metodo di scavo tradizionale con esplosivo o con mezzi meccanici, anche in presenza di materiale sciolto.

La distanza  $D$  tra il perimetro teorico di uno scavo definito in progetto e la linea limite  $G$  oltre la quale non può estendersi il perimetro effettivo dello scavo sarà definita dalle seguenti formule:

### Avanzamento con esplosivo

$D = 0.07 \sqrt{A}$ , con valore limite Dmax non superiore a 0.4 m

### Avanzamento con fresa meccanica ad attacco puntuale

$D = 0.05 \sqrt{A}$ , con valore limite Dmax non superiore a 0.4 m

### Avanzamento con materiale sciolto

$D = 0.07 \sqrt{A}$ , con valore limite Dmax non superiore a 0.4 m

essendo A la superficie teorica dello scavo individuata dall'intero perimetro teorico.

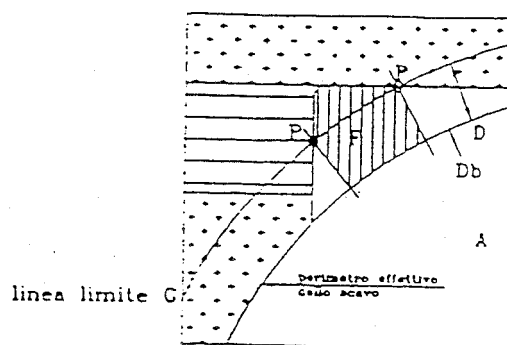
A: superficie teorica dello scavo dell'intero profilo.

D: distanza tra il perimetro teorico Dello scavo e la linea limite G.

Db: diametro di perforazione utensili usurati.

F: superficie considerata per la remunerazione del sovraprofilo geologico.

P: punto d'intersezione della linea limite G con il perimetro effettivo dello scavo



Fuori sagoma massimo consentito.  
(SLA, 1993, modificato)

s  
a  
g  
o

Nella eventualità che gli scavi procedano a sezione parzializzata, la successione operativa dello scavo (strozzo, piedritti, arco-rovescio), dovrà essere tale da evitare fenomeni di instabilità o deformazioni inammissibili del cavo.

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

L'arco-rovescio, nelle classi di scavo che lo impongono, dovrà essere realizzato preferibilmente ad una distanza dal fronte non superiore a 3 diametri, e comunque si dovranno rispettare le indicazioni

fornite dal progetto esecutivo, dove con diametro della sezione di scavo si intende quanto già riportato in precedenza.

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

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

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

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

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

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

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

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

L'Impresa è tenuta a segnalare tempestivamente ogni venuta d'acqua di qualsiasi portata, che si manifestasse in galleria o nel cunicolo preforato, ed a prelevarne i campioni su cui verranno, a cura e spesa dell'Impresa, e sotto il controllo della DL, eseguite le analisi del caso.

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

#### **1.1.2.0 Classificazione dello scavo**

Le gallerie a foro cieco, saranno classificate in funzione della risposta deformativa della cavità, facendo riferimento anche a quelle che sono le condizioni di stabilità al fronte di scavo.

Per completezza di documentazione, si dovrà comunque provvedere al rilevamento geologico-geomeccanico del fronte di scavo, come utile elemento di supporto per la definizione delle classi.

## Classi di scavo

Ove si intenda ricorrere al metodo di scavo tradizionale (intendendo per tradizionale il metodo di scavo con esplosivo o con mezzo meccanico ed attacco puntuale/escavatore, martellone, fresa puntuale), senza l'impiego di macchine di scavo continuo ed integrale, la previsione progettuale potrà essere esposta convenzionalmente con riferimento alle seguenti classi di scavo:

**CLASSE I:** ammasso roccioso continuo, a comportamento prevalentemente elastico, con lievi o nulli fenomeni di instabilità locale di blocchi.

Lo scavo avviene con esplosivo o con mezzi meccanici, con luce libera di scavo (sfondo) considerevole (maggiore o uguale a 3 m), ricorrendo a interventi di tipo precauzionale quali bullonatura puntuale, betoncino proiettato di spessore dell'ordine di 5 cm, eventuali centine leggere. In tali condizioni la convergenza totale del cavo rimane di ordine millimetrico ed il gradiente di deformazione, entro la prima settimana dallo scavo, è inferiore a 0.5 mm/giorno, e il fronte di scavo è stabile.

Il rivestimento definitivo può essere gettato ad una distanza dal fronte sino a 100 m..

**CLASSE II:** ammasso roccioso discontinuo, da debolmente a mediamente fratturato, in presenza di coperture medio-basse, per cui lo stato di sforzo indotto è di entità limitata e la roccia intorno allo scavo rimane in condizioni pressoché elastiche.

Lo scavo avviene con esplosivo o con mezzi meccanici, con luce libera di scavo (sfondo) non inferiore a 2 m; gli interventi necessari, da porre in opera immediatamente dopo l'apertura del cavo, consistono in bullonatura puntuale, betoncino proiettato di spessore dell'ordine di 5-10 cm, eventuali centine leggere.

In tali condizioni, la convergenza totale del cavo rimane di ordine millimetrico, il gradiente di deformazione, entro la prima settimana dallo scavo, è inferiore a 0.5 mm/giorno, e il fronte di scavo si presenta stabile.

Il rivestimento definitivo può essere gettato ad una distanza dal fronte sino a 100 m.

**CLASSE III:** ammasso roccioso discontinuo, in presenza di alte coperture, per cui lo stato di sforzo indotto nell'intorno del cavo è tale da creare una fascia plastica significativa, comunque di estensione non superiore al raggio di scavo.

Lo scavo avviene principalmente con mezzi meccanici o con esplosivo, con luce libera di scavo (sfondo) inferiore a 2 m; risulta necessario ricorrere a centinatura medio-pesante, anche di tipo deformabile, ed alla posa di betoncino proiettato armato; gli interventi di confinamento sul contorno, in genere necessari, consistono in chiodatura sistematica mediante barre cementate od elementi ad attrito.

In tali condizioni i valori massimi di convergenza, prima del getto del rivestimento definitivo (equivalente alla convergenza totale o quasi del cavo), sono compresi tra 1/100 e 1/200 del diametro equivalente del cavo ed il gradiente di deformazione rimane inferiore a 0.5 mm/giorno dopo 4 settimane dallo scavo. Il fronte rimane globalmente stabile e comunque non determinante sulla scelta del metodo di scavo.

Il getto del rivestimento definitivo avviene quando si sia raggiunto un gradiente di deformazione non superiore a 0.5 mm/giorno e comunque decrescente nell'ultima settimana prima del getto.



**CLASSE IV:** ammasso continuo o assimilabile (per lo stato di fratturazione) ad un nizzo continuo. Lo stato di sforzo indotto nell'intorno del cavo, dopo l'apertura della sezione di scavo, è tale da creare una fascia plastica di estensione superiore al raggio della galleria. Lo scavo avviene principalmente con mezzi meccanici (principalmente escavatore) ricorrendo, nelle zone maggiormente lapidee, a martellone od a locali cariche di esplosivo; lo sfondo risulta compreso tra 1 e 2 m; è necessario ricorrere a centinatura medio-pesante ed a betoncino proiettato armato.

In tali condizioni la convergenza totale del cavo è generalmente compresa tra 1/100 e 1/50 il diametro equivalente dello scavo ed il gradiente di deformazione, inferiore a 0,5 mm/giorno, che viene generalmente raggiunto in tempi più lunghi rispetto a quelli indicati per la classe III. In presenza di ammassi lapidei il fronte è mediamente stabile; in terreni argillosi i fenomeni di estrusione al fronte hanno entità limitata.

Il getto del rivestimento definitivo avviene ove si sia raggiunto un gradiente di deformazione non superiore a 0.5 mm/giorno nell'ultima settimana prima del getto.

**CLASSE Va:** condizioni difficili, caratterizzate dalla presenza di terreni e ammassi rocciosi spingenti e/o rigonfianti. il comportamento spingente si manifesta con grandi deformazioni (convergenza) dipendenti dal tempo e concomitante sviluppo di zone plastiche intorno al cavo aventi estensione superiore al diametro dello scavo;

la convergenza totale del cavo diventa superiore a 1/50 il diametro equivalente della galleria. Il comportamento rigonfiante si manifesta in rocce il cui contenuto mineralogico è tale da causare cambiamenti fisico-chimici in presenza d'acqua, che avvengono con aumento di volume. Nel caso più frequente in cui si abbia la presenza di minerali argillosi espansivi (smectite, illite, montmorillonite) il rigonfiamento risulta associato ad una percentuale di questi minerali superiore al 25% sul totale o superiore al 50% sulla frazione minore di 2 µm.

Lo scavo avviene con mezzi meccanici e luce libera molto limitata; sono necessari interventi preventivi di confinamento del fronte e delle pareti di scavo; a seguito dell'apertura del cavo si rende necessario ricorrere alla posa in opera di centinatura medio-pesante, eventualmente del tipo deformabile ed estesa all'arco rovescio, con bentoncino proiettato armato. Qualora si adotti lo scavo a piena sezione, la posa del rivestimento definitivo avviene iniziando dall'arco rovescio, a ridosso del fronte e possibilmente in unica fase con la muretta. Entrambi questi elementi strutturali sono armati e l'arco rovescio è in particolare dotato di accentuata curvatura. Il completamento del rivestimento definitivo (piedritti e calotta) avviene a distanza dal fronte tale da riscontrare un gradiente di convergenza non superiore a 1 mm/giorno misurato alle reni.

**CLASSE Vb:** condizioni difficili, caratterizzate dalla presenza di terreni sciolti (sabbie, cataclasi totalmente incoerenti, terreni sciolti in presenza di forte battente idraulico, ecc), non coesivi, instabili a breve termine. E' necessario il ricorso a interventi preventivi di miglioramento, che comportano la modificazione della costituzione e delle caratteristiche meccaniche del terreno. In ragione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni raggiunte a seguito degli stessi interventi dovrà essere indicata la nuova classe di appartenenza, comunque compresa tra la classe I e la classe IV.

Si ricorda che:

D = diametro equivalente dello scavo.

I valori della luce libera di scavo, e del gradiente di deformazione sono valori riferiti ad una galleria scavata a piena sezione avente sezione di scavo dell'ordine di 90-110 m<sup>2</sup>.

#### **1.1.2.2 Scavo di cunicolo con fresa integrale a testa rotante**

Il posizionamento del cunicolo nell'ambito della sezione di scavo della galleria e relativo diametro dovranno essere conformi alle previsioni di progetto.

Il cunicolo dovrà essere atto al transito di mezzi e macchine operatrici aventi sagoma inscritta nella sua area e dovrà poter essere utilizzato per la ventilazione in sede di allargamento della sezione di scavo.

Quando le formazioni attraversate dal cunicolo presentano problemi di instabilità, si devono eseguire a cura e spese dell'Impresa opportuni interventi di consolidamento, quali:

- ancoraggi;
- calcestruzzo cementizio spruzzato o malta a base cementizia o sintetica spruzzata;
- centine;
- impiego di armature di sostegno provvisorie in pannelli metallici (Liner plates).

Lo scavo sarà eseguito con fresa integrale a testa rotante potrà essere preceduto da uno o più fori esplorativi del diametro non inferiore a 10 cm, in avanzamento per la profondità ritenuta necessaria rispetto alla testa della fresa, per individuare anomalie eventualmente presenti nell'ammasso roccioso, sacche di gas tossici o metano, acqua, ecc..

La fresa dovrà avere caratteristiche antideflagranti ed essere corredata di attrezzature e presidi atti a garantire l'incolumità delle persone e la sicurezza dei lavori in qualsiasi condizione, anche in presenza di esalazione di gas tossici o metano, ricorrendo tra l'altro a sistemi di iperventilazione.

Dovrà essere corredata inoltre di idonea strumentazione per l'acquisizione e l'analisi dei parametri di avanzamento e funzionamento della macchina di scavo installata a bordo della fresa.

Per la definizione delle prestazioni della fresa verranno di norma considerati i seguenti parametri principali:

- la velocità di avanzamento netta, ottenuta dal rapporto tra la lunghezza del passo di avanzamento ed il tempo corrispondente (m/h);
- l'energia assorbita (kWh);
- l'energia specifica, calcolata attraverso la potenza impegnata alla testa durante l'avanzamento e la produzione oraria (velocità netta moltiplicata per la sezione del cunicolo)(kWh/m<sup>3</sup>);
- la spinta sulla testa (o, che è lo stesso, sugli utensili); di norma si misura la pressione sui martinetti di spinta, la quale viene moltiplicata per un idoneo coefficiente di conversione pressione-forza di spinta;
- il numero dei taglianti sostituiti per metro di avanzamento con indicazioni delle cause;
- i tempi morti per messa in opera dei sostegni/interventi stabilizzanti; manutenzione ordinaria e straordinaria, per cause operative (smarino), pause varie.
- progressiva (km);
- data (giorno, mese, anno).

I dati di cui sopra possono essere raccolti attraverso la scrittura su diari di cantiere, dove essi vengono registrati quali valori medi giornalieri a cura del capo-fresa o mediante registrazione continua, in forma analogica o digitale.

### **1.1.2.3 Rilievo geologico-strutturale, geomeccanico e geotecnico in cunicolo pilota**

Quando la progettazione esecutiva della galleria è preceduta dallo scavo con fresa a piena sezione di un cunicolo passante (cunicolo pilota), si procederà all'esplorazione preventiva delle formazioni rocciose che saranno attraversate dalla futura galleria, acquisendo nel contempo, le indicazioni che concorrono alla caratterizzazione geologica e geotecnica dell'ammasso roccioso.

L'esplorazione dovrà avvenire con continuità e dovranno essere indagate nel dettaglio tutte le zone di omogeneità geologica e geotecnica individuate durante lo scavo e le zone che siano comunque ritenute significative in relazione alle problematiche esecutive della futura galleria.

Saranno ancora utilizzati, con opportune variazioni ed integrazioni, gli stessi mezzi di indagine (rilievi geostrutturali, perforazioni di sondaggio, rilievi di tipo geofisico) e le prove geotecniche in laboratorio ed in sito, descritti nei capitoli “sondaggi e prove in sito” e “prove di laboratorio” del presente Capitolato.

Dovranno inoltre essere acquisite ulteriori informazioni sull'ammasso roccioso mediante osservazioni e misure in corso di scavo.

I rilievi geostrutturali sono in questo caso finalizzati a dare una rappresentazione visiva, in termini qualitativi e per quanto possibile quantitativi, dell'ammasso roccioso attraversato dal cunicolo pilota e delle discontinuità via via incontrate (discontinuità principali e famiglie di discontinuità).

Il rilievo geostrutturale sarà eseguito con continuità e dovrà riguardare la totalità della superficie esposta, ivi compreso il piede del cunicolo, ove questo sia importante per acquisire informazioni utili nei riguardi del comportamento dell'ammasso roccioso.

Poiché le informazioni raccolte possono subire variazioni nel tempo, in funzione soprattutto della natura e delle condizioni dell'ammasso roccioso attraversato, il rilievo dovrà essere eseguito durante l'avanzamento della fresa. Non è escluso che, al fine di rendere più agevole e completo il rilievo, si debba ricorrere a pulitura con acqua e/o aria della superficie di scavo.

Tra i diversi metodi di rappresentazione grafica dei dati raccolti durante il rilievo, può essere utilizzato quello che comporta lo sviluppo dell'intera superficie di scavo su una vista piana.

A tale riguardo, anche per facilitare una corretta ricostruzione grafica in termini geometrici, sarà opportuno individuare ogni 10 m la progressiva del cunicolo pilota.

Durante l'esecuzione dei rilievi, i cui dati saranno raccolti su apposite tabelle e/o diagrammi, si dovranno in particolare riportare:

- la data di esecuzione del rilievo (per il tratto interessato);
- l'ubicazione di punti di prelievo di campioni rappresentativi, di fotografie illustrative e di zone oggetto di esame di dettaglio (eventuali schemi aggiuntivi);
- le caratteristiche delle discontinuità rilevate ed in particolare per ciascuna famiglia o sistema:

a) tipo

- b) giacitura (direzione di immersione ed angolo di inclinazione)
- c) spaziatura
- d) continuità
- e) planarità
- f) scabrezza
- g) alterazione delle pareti
- h) copertura
- i) riempimento

In concomitanza con gli stessi rilievi si procederà alla determinazione degli indici di classificazione dell'ammasso roccioso per zone omogenee, attraverso la determinazione dell'indice RMR (Bieniawski, 1974) e dell'indice Q (Barton et al., 1974).

Nell'uso delle classificazioni di cui sopra, basate principalmente sulla determinazione dei caratteri strutturali dell'ammasso roccioso, si dovrà tenere conto delle seguenti avvertenze:

- devono essere usate con cautela in formazioni rocciose "tenere" e comunque non sono applicabili in tutti i casi in cui i litotipi costituenti sono più prossimi alle terre che alle rocce, non possono essere applicate nei terreni;
- devono essere usate con cautela in formazioni rocciose spiccatamente anisotrope, caratterizzate da una marcata eterogeneità a scala locale;
- in zone di eterogeneità chiaramente delimitabili (è il caso del rilievo del fronte di scavo) si potrà classificare l'ammasso roccioso sulla base di valori pesati degli indici.

Si dovrà inoltre tenere conto sui rilievi da cunicolo:

- della necessità di utilizzare stendimenti orientati;
- delle difficoltà di scegliere, una volta evidenziati e caratterizzati i sistemi di discontinuità presenti, quelli che concorrono in modo più significativo alla valutazione degli indici RMR, Q.

Con particolare riguardo al comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo, il rilievo dovrà inoltre evidenziare:

- fuorisagoma e volumi rocciosi allentati o caduti (definendone ubicazione, profondità, cause; fornendo anche sezioni trasversali significative); zone allentate e soggette a fenomeni di rilascio tensionale (colpi di tensione);
- terreno spingente e/o rigonfiante;
- rilievi tenso-deformativi;
- tipo e numero di sostegni/interventi stabilizzanti adottati, ecc.

con riferimento alle eventuali venute d'acqua (o di altri liquidi o gas) si definiranno:

- tipo ed ubicazione (si dovranno eseguire analisi chimiche, batteriologiche, ecc.);
- portata (in termini qualitativi e quantitativi, ricorrendo a misure);
- temperatura;

- ecc.

Le perforazioni di sondaggio potranno avvenire in avanzamento rispetto al fronte, per scopi preventivi (è il caso di particolari condizioni geologico-strutturali e/o idrogeologiche, anticipate sulla base degli studi geologico-geotecnici preliminari che hanno preceduto lo scavo del cunicolo pilota) e per prelievo di campioni in asse galleria, o dietro il fronte, quando si tratterà di determinare i parametri geotecnici dell'ammasso roccioso.

Nel primo caso la macchina di scavo dovrà essere opportunamente attrezzata e sarà stata progettata tenendo conto di questo specifico scopo; nel secondo caso sarà necessario disporre di una sonda idonea ad operare in cunicolo.

Rilievi di tipo geofisico dovranno essere condotti ove possano risultare utili per la individuazione di zone di interesse ai fini dello scavo della futura galleria (zone di minore resistenza, zone di faglia particolarmente estese, zone di fratturazione, zone di carsismo, ecc.) e per prevedere il relativo comportamento tensio-deformativo.

In casi particolari, e dove siano giustificate, tali prove potranno essere eseguite in avanzamento rispetto al fronte, più frequentemente esse saranno eseguite dietro il fronte, in zone che saranno di volta in volta individuate.

Le prove geotecniche da eseguire in laboratorio, al fine di determinare i parametri geotecnici e/o geomeccanici, che concorrono alla caratterizzazione dell'ammasso roccioso, comportano il campionamento del terreno e/o della roccia mediante perforazioni di sondaggio, prelevando di norma campioni davanti al fronte o in parete, tenendo conto che si dovrà essere in zone non influenzate dall'allentamento dell'ammasso roccioso dovuto allo scavo.

I campioni saranno sottoposti ad almeno tutte le metodologie di prove già condotte nel corso degli studi che hanno preceduto lo scavo del cunicolo, in modo che si possano fare opportuni confronti tra i valori dei parametri determinati nei due casi.

Sarà così possibile valutare l'esigenza di eseguire altri tipi di prove di tipo specialistico, che siano significative ai fini progettuali.

In previsione di ricorrere per lo scavo della futura galleria a mezzi di tipo meccanico (frese a piena sezione, frese ad attacco puntuale, demolitori idraulici ad alta energia d'urto), in aggiunta alle prove necessarie per determinare i parametri relativi al comportamento meccanico della roccia, si ricorrerà a prove aventi lo scopo di determinare le principali caratteristiche che consentono di prevedere l'usura degli utensili di abbattimento dei vari tipi di macchine:

- (a) prove di durezza
- (b) prove di perforabilità
- (c) prove di abrasività.

Le prove geotecniche in sito saranno eseguite al contorno del foro pilota in zone preventivamente individuate e di interesse per la futura progettazione esecutiva, si procederà di norma all'esecuzione di:

- (a) prove di carico su piastra
- (b) prove con martinetti piatti

(c) prove dilatometriche.

In casi particolari ed ove ritenuto indispensabile ai fini progettuali, si ricorrerà alla determinazione dello stato di sollecitazione originario nell'ammasso roccioso. La scelta del metodo verrà fatta in ragione delle caratteristiche geologico-strutturali dello stesso ammasso roccioso e del tipo di comportamento tensio-deformativo prevedibile.

Inoltre, ove durante l'avanzamento della fresa siano state individuate particolari condizioni idrogeologiche, si ricorrerà a prove specialistiche per la determinazione delle caratteristiche di permeabilità dell'ammasso roccioso.

L'affinamento dei valori dei parametri geotecnici individuati, potrà essere effettuato ricorrendo a tecniche di analisi a ritroso ("back analysis").

Mentre si richiamano tutte le prescrizioni e gli oneri, precedentemente riportati per lo scavo di gallerie a foro cieco, si prescrive inoltre che lo scavo dovrà essere eseguito adottando attrezzature idonee ad ottenere una sezione regolare, qualunque siano natura e condizioni delle formazioni attraversate, anche in presenza di acqua e di gas, così da evitare fornelli, frane e rilasci.

Gli oneri relativi allo scavo del cunicolo mediante fresa comprendono anche quelli per il fermo delle attrezzature di scavo dovuto a rotture, manutenzione, sostituzioni di parti, mancanza di energia, costruzione di opere provvisorie per il sostentamento delle pareti del cunicolo o per qualsiasi altra causa, gli oneri per lo smontaggio della fresa all'interno del cunicolo incluse le opere provvisorie (realizzazione di camerone, ecc.).

La Direzione Lavori, quando le formazioni attraversate dal cunicolo presentano problemi di stabilità, potrà ordinare, in accordo con il Progettista, interventi di consolidamento ed in particolare:

- armatura di sostegno costituita da pannelli metallici (liner-plates), composti da lamiere nervate preformate e curvate o da profilati NP120 calandrati in acciaio S235;
- esecuzione di bulloni di ancoraggio con aste in poliestere armato con fibre di vetro del diametro e lunghezza da concordare con il Progettista, completi di piastre di ripartizione e teste di bloccaggio; opportunamente ancorate nel terreno, in qualsiasi ambiente anche in presenza di acqua;
- rivestimento strutturale delle pareti di scavo eseguito con calcestruzzo proiettato armato con rete metallica, dello spessore non inferiore a 5 cm in qualsiasi ambiente, anche in presenza di venute d'acqua;

#### **1.1.2.4 Scavo in galleria in presenza di cunicolo**

Le modalità di scavo saranno scelte dall'Impresa in funzione della propria organizzazione e con le attrezzature idonee al rispetto di tutte le specifiche tecniche richieste ed indicate nel progetto.

Lo scavo potrà essere eseguito a sezione piena o parzializzata secondo le previsioni di progetto, e con le prescrizioni e gli oneri del punto riguardante gli scavi a foro cieco.

Sarà onere dell'Impresa il recupero delle armature di sostegno per lo scavo del cunicolo.

#### **1.1.2.5 Scavo di gallerie a doppio fornice**

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

Se la galleria è parietale, il fronte più avanzato deve essere quello di monte.

#### **1.1.2.6 Scavo di pozzi di aerazione**

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

Lo scavo dovrà essere eseguito in tre fasi:

- le prime due con l'uso di una speciale attrezzatura operante dalla sommità del pozzo, per l'esecuzione di un primo foro pilota del diametro di circa 30 cm, attraverso il quale viene azionata una testa fresante che risalendo esegue un preforo del diametro di 2.00 – 2.50 m.

Quest'ultimo assicura la ventilazione della zona di lavoro durante lo scavo di terza fase ed inoltre convoglia in basso il materiale di risulta per essere trasportato a rifiuto o a deposito.

- La terza fase, con l'adozione di qualsiasi mezzo di scavo, per l'esecuzione dell'allargo del preforo fino al diametro definitivo del pozzo, secondo le previsioni di progetto.

In questa fase l'Impresa dovrà impiegare tutte le attrezzature occorrenti per la esecuzione degli scavi e per la sicurezza degli addetti ai lavori, compreso una apposita struttura a chiusura del vano del preforo durante le fasi di scavo, di eventuale consolidamento e di rivestimento di prima fase delle pareti dello scavo.

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

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

Pertanto l'Impresa in particolare dovrà:

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

#### **1.1.3 Armature provvisori**

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

##### **1.1.3.1 Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate, scalette di rinforzo**

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

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

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

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

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

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

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

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

Le variazioni in altezza dovranno essere assorbite posizionando i piedi delle centine a quote diverse quando in sezione di calotta e dotandole di gambe di diversa lunghezza quando si passa a piena sezione.

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

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

I profilati costituenti le centine metalliche dovranno essere in acciaio S235 o superiore, i bulloni dovranno essere di classe non inferiore alla 8.8 e la lamiera sarà in acciaio di qualità non inferiore al tipo S235.

### **1.1.3.2 Ancoraggi**

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



Indipendentemente dal tipo di ancoraggio, che può essere di tipo provvisorio o permanente, si distinguono le seguenti tipologie principali di ancoraggio:

#### *Tiranti d'ancoraggio presollecitati*

Sono caratterizzati dalla presenza di una o più guaine per la protezione dell'armatura dalla corrosione.

#### *Bulloni d'ancoraggio:*

Sono caratterizzati dall'assenza di guaine, da una lunghezza generalmente non superiore a 12 m, e possono essere convenzionalmente suddivisi in:

- bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio;
- bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad "omega";
- bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile;
- bulloni costituiti da lamiere, barre o profilati infissi a pressione senza perforazione preventiva.

Le perforazioni per gli ancoraggi, comunque inclinate ed in materiali di qualsiasi natura, durezza e consistenza, anche in presenza d'acqua di qualsiasi entità e pressione, saranno eseguite all'esterno ovvero all'interno di gallerie e cunicoli tramite sonde a rotazione o rotopercolazione.

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

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

Indipendentemente dal tipo di ancoraggio, il tipo di miscela da iniettare in ciascun foro sarà definito dall'Impresa e concordato con la Direzione Lavori. La miscela dovrà essere preparata mediante adatto mescolatore meccanico.

Le iniezioni saranno eseguite alla pressione predeterminata in fase di progetto o qualificazione e concordata con la Direzione Lavori, tramite l'impiego di macchinari atti a raggiungere gradualmente una pressione di almeno 800 kPa.

In ogni caso durante l'iniezione si dovrà aumentare gradualmente il valore della pressione fino a raggiungere il valore predeterminato.

Qualora gli ancoraggi operino in terreni interessati dalla presenza di acque aggressive nei confronti dei cementi o dell'acciaio, gli ancoraggi saranno costituiti da materiali mutualmente compatibili, da un punto di vista elettrochimico, con le parti meccaniche dell'ancoraggio.

In particolare, sarà curata la protezione delle testate di ancoraggio e saranno utilizzate idonee iniezioni di intasamento dei fori a base di cementi ad alta resistenza chimica.

Le seguenti attività sono da considerare comprese nella realizzazione degli ancoraggi:

- le guaine, i tubi di iniezione e di sfiato, i dispositivi di bloccaggio e di fissaggio, i distanziatori, e piastre ripartitrici e di ancoraggio con i relativi accessori quali bulloni e rosette;
- il serraggio, la tesatura ed il collaudo, nonché quant'altro occorrente per la perfetta messa in esercizio degli ancoraggi;

#### *Tiranti ancoraggio presollecitati*

I tiranti presollecitati saranno costituiti da trefoli, trecce, fili o barre di acciaio armonico, e saranno atti a supportare una forza di utilizzazione in esercizio non inferiore a 300 KN.

Tutti i tiranti saranno posti in opera completi di tubi di iniezione e sfiato, guaine, tamponi, giunzioni, distanziatori e dispositivi di bloccaggio, e di tutti gli accessori occorrenti per la perfetta messa in esercizio del tirante.

La tesatura ed i controlli dei tiranti avverranno secondo le modalità e le fasi proposte dall'Impresa e concordate con la Direzione Lavori.

I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

- L'acciaio armonico stabilizzato possiederà le caratteristiche fissate per i corrispondenti acciai da impiegare per le strutture in cemento armato precompresso.
- Le caratteristiche del cemento saranno determinate in conformità al D.M 14.01.2008 e successivi aggiornamenti.

Saranno utilizzati solo cementi con contenuto totale di cloro inferiore allo 0.05% del peso del cemento e contenuto totale di zolfo (da solfuri S--) inferiore allo 0.15% del peso del cemento, al fine di evitare pericolo di corrosione sotto tensione.

#### *Bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio*

I bulloni ad aderenza continua saranno realizzati mediante barre in acciaio aventi diametro non inferiore a 24 mm.

La cementazione del bullone sarà effettuata mediante iniezioni di boiaccia di cemento antiritiro ovvero con fialoidi di resina epossidica, con tutti gli accorgimenti e i materiali necessari per assicurare il completo riempimento dei fori e l'aderenza del bullone al terreno per tutta la sua lunghezza.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150x150x8 mm.

I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

- Le barre in acciaio saranno del tipo B450C controllato in stabilimento.
- Le composizioni della miscela saranno definite dall'Impresa e concordate con la Direzione Lavori.

Nel caso di impiego di cementi speciali o resine sintetiche, dovrà essere garantita l'assenza di ioni aggressivi e l'impiegabilità nel caso specifico.

### *Bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad omega*

I bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio espandibile, preresinato e sagomato ad omega, saranno atti a sopportare una forza di utilizzazione in esercizio non inferiore a 10 ton.

La preresinatura sarà eseguita mediante immersione, dopo opportuna pulizia e sgrassatura, in una vernice gommosa monocomponente a base di bitume modificato (ciclizzato) e componenti attivi allo zinco.

Il foro di alloggiamento del tubo avrà diametro opportuno per ottenere la massima resistenza allo sfilamento, e l'espansione del tubo avverrà tramite acqua iniettata ad una pressione pari ad almeno 30 MPa.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150x150x10 mm.

I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

- I tubi espandibili presagomati ad omega dovranno avere caratteristiche minime:
- spessore non inferiore a 2 mm;
- diametro esterno in posizione ripiegata non inferiore a 25 mm, espandibile fino a 41 mm.
- L'acciaio del tubo avrà una tensione di snervamento non inferiore a  $380\text{N/mm}^2$  e un allungamento a rottura non inferiore al 35%.

### *Bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile*

I bulloni ad espansione meccanica con testa di ancoraggio espandibile saranno realizzati con barre di acciaio aventi diametro non inferiore a 16 mm.

La piastra di ancoraggio in acciaio avrà dimensioni non inferiori a 150x150x6 mm.

Qualora fosse ritenuto necessario, l'intasamento del foro dovrà essere fatto con iniezioni di malte cementizie o altre miscele idonee.

L'acciaio dovrà avere una tensione di snervamento non inferiore a  $380\text{ N/mm}^2$  e allungamento a rottura non inferiore al 14%.

### *Bulloni costituiti da lamiera, barre o profilati infissi a pressione*

Le lamiere, barre o profilati, di acciaio o di vetroresina, saranno infisse a pressione senza perforazione preventiva mediante spinta con macchinario idoneo.

In particolare, il macchinario dovrà applicare una spinta continua all'elemento ed impedire lo svergolamento dello stesso, e sarà dotato di un sistema per la registrazione continua della spinta applicata per l'infissione.

I materiali avranno le seguenti caratteristiche:

- L'acciaio per barre sarà del tipo B450C controllato in stabilimento o superiore, quello per lamiera e profilati del tipo S235 o superiore.
- I tubi in vetroresina avranno superficie esterna liscia o corrugata, diametro esterno non inferiore a 60 mm e spessore non inferiore a 10 mm.

La vetroresina dei tubi e dei profilati dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- peso dell'unità di volume non inferiore a  $1.8 \text{ g/cm}^3$ ;
- contenuto in fibre di vetro non inferiore al 50% del peso;
- resistenza a trazione non inferiore a  $450 \text{ N/mm}^2$ ;
- resistenza a taglio non inferiore a  $95 \text{ N/mm}^2$ ;

prima di procedere all'esecuzione degli ancoraggi, l'Impresa dovrà eseguire a sua cura una serie di "ancoraggi di prova" atti a dimostrare l'idoneità e la fattibilità delle modalità prescelte, nonché a verificare ed eventualmente modificare, il dimensionamento degli ancoraggi previsto dal progetto esecutivo.

Tali ancoraggi non saranno utilizzabili per l'impiego successivo.

#### *Miscele cementizie*

Si dovrà aver cura di realizzare uno studio preliminare della miscela cementizia di iniezione che avverrà a cura dell'Impresa.

Dovrà essere effettuato con debito anticipo rispetto alla data di inizio dei lavori di consolidamento.

#### *Preparazione dei provini e prove sulle miscele cementizie*

Si dovranno eseguire, eventualmente in presenza della DL gli impasti di prova della miscela cementizia, secondo le indicazioni previste in progetto.

I risultati delle prove eseguite verranno riportati su una apposita relazione, dove verrà definita la composizione della miscela da utilizzare in fase esecutiva.

Su tale relazione si dovrà riportare:

- Elenco dei materiali impiegati, indicante provenienza, tipo, e qualità dei medesimi;
- Certificati dei materiali costituenti la miscela di impasto;
- Tipo e dosaggio del cemento;
- Rapporti acqua/cemento;
- Tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- Risultati delle prove preliminari di resistenza a compressione;
- Caratteristiche dell'impianto di confezionamento.

La documentazione dovrà essere fornita alla DL, che procederà all'eventuale approvazione.  
L'approvazione tuttavia, non solleva l'Impresa dalle sue responsabilità in base alle Norme vigenti.

In sede di posa in opera si dovranno effettuare le seguenti attività:

- prelievo dei campioni, per l'esecuzione di prove di compressione a rottura, che a 7 giorni e 20 °C  $\pm 1$ , dovrà risultare  $\geq 15$  MPa e del peso specifico.
- Verifica della fluidità ad ogni impasto, che mediante il cono di Marsh dovrà essere compresa tra 10 – 30 sec.
- Essudazione, dovrà essere al massimo essere pari al 2% in volume.

#### *Resine*

Le resine da impiegare negli ancoraggi con chiodi dovranno essere di marca conosciuta.  
Il produttore dovrà fornire la seguente documentazione:

- Le istruzioni di dosaggio per le resine epossidiche,
- I tempi di polimerizzazione, con il campo di tolleranza, per le resine poliesteri,
- La certificazione di assenza di emissioni gassose durante i processi di polimerizzazione,

Dovrà inoltre fornire le certificazioni delle seguenti prove sul materiale:

- Misura di viscosità, da effettuarsi con il metodo ASTM D2393/72, con limite di accettabilità compreso tra 300 e 3000 cP a 20°C
- Misura del tempo di gel, secondo prova ASTM D2471/71, da eseguirsi nelle condizioni ambientali di impiego della resina. In altre condizioni il tempo di gel potrà essere anche fornito dal produttore in altre condizioni operative, purché determinato secondo le modalità di cui sopra.
- Misura della differenza di peso tra miscela fluida iniziale e miscela indurita, con il valore limite  $\geq 5\%$  del peso iniziale.
- Prove di resistenza a trazione delle resine indurite in aria ed in acqua su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819/66 (con spessore di 10 mm.).

Tutta la documentazione precedentemente riportata dovrà essere fornita alla DL.

La DL si riserva la facoltà di far eseguire ulteriori prove di controllo dei materiali in esame.

Tali prove sono a cura dell'Impresa.

#### **1.1.3.2.1 Prove di carico su ancoraggi**

Le prove di carico sugli ancoraggi si distinguono in:

- prove di carico a rottura

- prove di carico di collaudo.

Le prove a rottura dovranno essere eseguite su ancoraggi non appartenenti alla struttura da ancorare, ma eseguiti nello stesso sito e con lo stesso sistema di perforazione e di iniezione.

Le prove di carico di collaudo dovranno, di norma essere effettuate su tutti gli ancoraggi attivi realizzati.

Ove previsto dal progetto o richiesto dalla Direzione Lavori, le prove a rottura potranno essere realizzate su "ancoraggi preliminari di prova".

Tali ancoraggi sono definiti preliminari in quanto in base al loro comportamento si procede al dimensionamento definitivo degli ancoraggi da eseguire e si determina la forza di esercizio  $N^{\text{es}}$ ; le prove eseguite saranno a base del progetto degli ancoraggi.

Gli ancoraggi preliminari di prova debbono essere in ogni caso realizzati dopo l'esecuzione di quelle operazioni (scavi, riporti, mutamenti nel regime idraulico del terreno) che possono influire sulla resistenza della fondazione dell'ancoraggio.

Le prove dovranno essere eseguite da personale specializzato e nel rispetto delle norme di sicurezza. Le apparecchiature da impiegare nella esecuzione delle prove dovranno essere tarate presso un Laboratorio Ufficiale.

Gli allungamenti degli ancoraggi sottoposti a prova dovranno essere misurati con riferimento ad un punto fisso esterno alla zona in cui si risentono significativamente le azioni trasmesse dall'ancoraggio stesso. Si richiedono le seguenti precisioni minime:

- per gli allungamenti: 2% dell'allungamento teorico,
- per le forze applicate: 2% della forza limite ultima dell'ancoraggio con riferimento alla prevista aderenza limite bulbo-terreno.

Per ciascun ancoraggio sottoposto a prova di carico l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la relativa documentazione completa di tabelle e grafici.

In accordo con le raccomandazioni AICAP, si adotteranno le seguenti definizioni:

## **SIMBOLI**

$A_s$  = area della sezione trasversale dell'armatura

$D$  = diametro convenzionale della fondazione

$E_s$  = modulo di elasticità dell'acciaio

$N$  = forza nell'ancoraggio

$N_i$  = forza di tesatura

$N_{es}$	= forza di esercizio
$N_{au}$ fondazione	= forza limite ultima dell'ancoraggio singolo con riferimento alla fondazione
$N_{su}$	= forza ultima dell'ancoraggio singolo con riferimento all'armatura
$N'_{su}$ prova	= forza limite ultima, con riferimento all'armatura, del primo tirante di prova
$N_o$	= forza di allineamento
$N_r$	= forza al termine della fase di prova ad "allungamento costante"
$N_c$	= forza di collaudo

#### *Prove di carico a rottura*

Le prove di carico a rottura, sono da realizzare su ancoraggi preliminari di prova, per ogni tipo di ancoraggio e per ogni tipo di terreno o sito.

#### *Prove di rottura sui tiranti*

Le prove di carico sui tiranti saranno di tre tipi, per ciascuno dei quali, sono previste differenti modalità.

La prova sul primo tirante ha lo scopo di determinare la tensione tangenziale limite convenzionale di aderenza tra la fondazione ed il terreno, per cui si prevede una armatura sovradimensionata, ove possibile, oppure una lunghezza di fondazione ridotta, rispetto ai tiranti da eseguire, in modo da raggiungere la forza limite ultima del bulbo, senza superare il limite convenzionale elastico dell'armatura.

Il secondo tirante, dimensionato sulla scorta dei dati ricavati dal primo, ha lo scopo di determinare la forza limite ultima della fondazione  $N_{au}$ , ed è, pertanto, uguale ai tiranti da eseguire, ma è dotato della massima armatura compatibile con il diametro di perforazione previsto.

Il terzo tirante ha lo scopo, oltre che di confermare i risultati del secondo, di verificare la forza teorica di utilizzazione  $N_{es}$ , di controllare il comportamento nel tempo e di stabilire i criteri di accettazione per il collaudo dei tiranti da eseguire.

Qualora i risultati ottenuti con il terzo tirante non confermassero le valutazioni tratte dal secondo, dovranno essere realizzati altri tiranti di prova; questi ulteriori tiranti sono da considerare in soprannumero rispetto al numero totale dei tiranti di prova stabilito precedentemente.

Per qualsiasi altra indicazione si farà riferimento alle Raccomandazioni AICAP.

#### *Esecuzione e prova del primo tirante*

L'armatura del primo tirante deve essere di sezione maggiore (o l'acciaio di migliore qualità) rispetto a quella di progetto, in modo tale che la forza limite ultima della fondazione  $N_{au}$  valutata con un primo dimensionamento, possa essere prevedibilmente raggiunta senza superare lo 0,9 del

limite convenzionale elastico dell'armatura cementata, operando in modo da non aumentare il diametro della perforazione.

Qualora ciò non risultasse possibile, la prova verrà invece effettuata su un tirante di armatura sempre maggiorata, ove possibile, ma con fondazione di lunghezza ridotta rispetto a quella prevista nel primo dimensionamento in modo da poter raggiungere lo stesso valore di  $N_{au}$  senza superare lo 0.9 del limite convenzionale elastico o di snervamento dell'armatura cementata, con un eventuale aumento della lunghezza libera pari alla riduzione della lunghezza della fondazione onde sperimentare il terreno alla stessa profondità della fondazione del tirante definitivo.

Solo in questo caso la forza limite per i tiranti da realizzare verrà assunta convenzionalmente pari alla forza limite ultima misurata sul tirante di prova, moltiplicata per il rapporto delle lunghezze ( $L_{prog} / L_{prova}$ ).

#### *Esecuzione, prova e valutazione del secondo tirante*

Il secondo tirante di prova avrà le stesse caratteristiche dei tiranti da eseguire (diametro di perforazione, lunghezza di fondazione, ecc.) con la sola maggiorazione, ove possibile, dell'armatura, che sarà la massima compatibile con il diametro previsto per la perforazione o un'armatura di caratteristiche meccaniche superiori a quelle dei tiranti definitivi.

La prova del secondo tirante comprende le seguenti fasi:

1) tesatura fino ad una forza di allineamento  $N_0$  pari a 0.1  $N'su$  (dove  $N'su$  è la forza al limite caratteristico convenzionale elastico o di snervamento dell'armatura cementata); le misure degli allungamenti hanno inizio dal termine di questa fase.

2) tesatura per incrementi di carico pari a 0,15 di  $N'su$  (ultimo incremento pari a 0.05  $N'su$ ) fino ad una forza massima uguale a 0,9  $N'su$  (Fig.1); per ciascun livello di carico la forza dovrà essere mantenuta costante per un periodo di tempo pari a:

- 5 minuti per ancoraggi in roccia e terreni non coesivi, con misura dell'allungamento all'inizio ed alla fine di ciascun intervallo;
- 30 minuti per ancoraggi in terreni coesivi con misura dell'allungamento a 0-2-4-8-15-30 minuti;
- scarico fino alla forza  $N_0$  in tre stadi, con sosta di 1 minuto per ogni gradino e con misura dell'allungamento residuo.

Al termine della prova dovrà essere tracciato il diagramma forze-allungamenti.

Per terreni coesivi dovranno essere anche tracciate, in scala semilogaritmica, le curve dell'allungamento in funzione del logaritmo del tempo per tutte le soste a forza costante (Fig. 2a) e l'andamento della pendenza finale  $tg\alpha$  delle predette curve in funzione della forza applicata (Fig. 2b).

Si assume come forza limite ultima del tirante  $N_{au}$ :

- nel caso di roccia o terreno non coesivo: il massimo valore della forza applicata durante la prova anche se non si è raggiunto lo sfilamento del tirante;



- nel caso di terreno coesivo, il valore della forza per cui il diagramma di Fig. 2b presenta una evidente variazione di pendenza; o il massimo valore della forza applicata qualora non sia raggiunta, nel corso della prova, tale situazione.

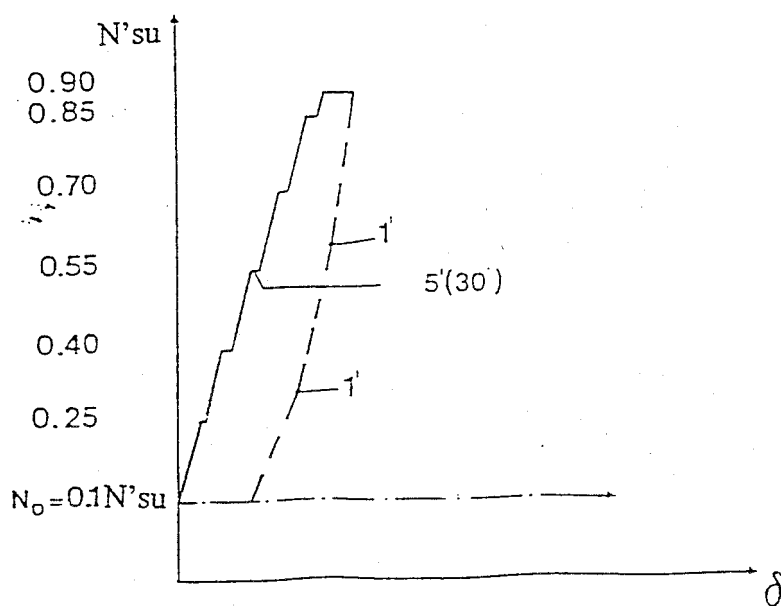


Fig.1

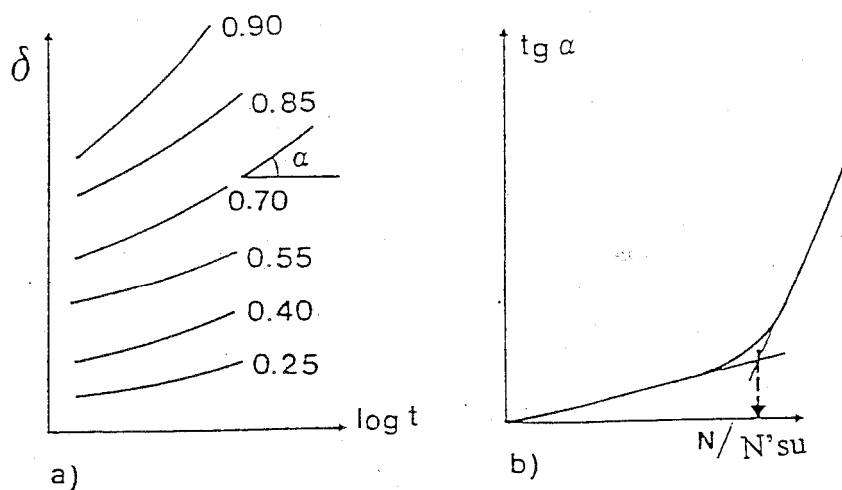


Fig.2

#### Esecuzione, prova e valutazione del terzo tirante

Il terzo tirante di prova deve avere armatura ed ogni altra caratteristica uguale a quelle del tirante da realizzare e lunghezza di fondazione o forza teorica di utilizzazione stabilita in base ai risultati della prova sul secondo tirante.

La prova sul terzo tirante comprende le seguenti fasi (Fig.3):

a) tesatura fino alla forza di allineamento  $N_0 = 0.1 N_{es}$ ; le misure degli allungamenti hanno inizio dal termine di questa fase;

b) tesatura fino alla forza di collaudo  $N_c$  pari ad 1,2 volte la forza teorica di utilizzazione  $N_{es}$  per incrementi di  $0,1 N_{es}$  con sosta di 1 minuto ad ogni incremento di carico e misura dell'allungamento finale;

c) sosta a forza costante per 5 minuti in roccia o terreni non coesivi e 15 minuti per terreni coesivi, con misura dell'allungamento alla fine della sosta;

d) scarico fino alla forza  $N_0$  in tre stadi, con sosta di 1 minuto per ogni gradino, con misura dello allungamento residuo;

e) tesatura per incrementi di carico pari a  $0,15 N_{su}$  fino ad una forza massima uguale a  $N_{es}$ ; per ciascun livello di carico la forza dovrà essere mantenuta costante per un periodo di tempo minimo pari a:

- 5 minuti per ancoraggi in roccia e terreni non coesivi, con misura dell'allungamento all'inizio ed alla fine di ciascun intervallo;

- 30 minuti per ancoraggi in terreni coesivi con misura dell'allungamento a 0-2-4-8-15-30 minuti;

f) bloccaggio e sosta alla forza pari a  $N_{es}$  per una durata pari a quella prevista in progetto, comunque non inferiore a 24 ore per rocce o terreni non coesivi e di 72 ore per i terreni coesivi, ad allungamento costante con misura della forza residua.

Qualora il sistema di bloccaggio non consenta tale tipo di misura o gli spostamenti della testata siano tali da falsare le misure stesse, la sosta andrà effettuata mantenendo costante la forza al valore sopra indicato e misurando l'allungamento finale;

g) scarico fino a  $N_0$  come al punto d).

Al termine di questa fase viene tracciato il diagramma forze-allungamenti.

Per terreni coesivi vengono anche tracciate, in scala semilogaritmica, le curve dell'allungamento in funzione del logaritmo del tempo per tutte le soste a forza costante (Fig. 4a) e l'andamento della pendenza finale  $tg\alpha$  delle predette curve in funzione della forza applicata (Fig. 4b);

h) esecuzione di un numero arbitrario di cicli di carico e scarico; aventi come base la forza  $N_0$ , con incremento del carico ad ogni ciclo fino ad un valore pari a  $0,9 N_{su}$  sosta per ciascun ciclo pari a 5 minuti in terreni non coesivi o rocce e di 15 minuti in terreni coesivi.

Per ciascun ciclo vengono misurati gli allungamenti corrispondenti a ogni tappa del percorso di carico.

Al termine di questa fase viene costruito il relativo diagramma forze-deformazioni.

(tale prova può essere condotta a forza costante o ad allungamento costante).

La lunghezza della fondazione e la forza teorica di utilizzazione assunte sono comunque valide se:

1) i risultati sono congruenti con quelli ricavati nella prova del secondo tirante;

2) la lunghezza libera teorica  $l_l$  e la lunghezza libera effettiva  $l_L$  del tirante verificano le seguenti

condizioni:

$$0.9 I_f \leq I_L \leq I_l + 0.5 I_f$$

La lunghezza  $I_L$  si calcola in prima approssimazione con la relazione:

$$I_L = \frac{\Delta l A_s E_s}{N - N_0}$$

dove:

$A_s$  = area della sezione di armatura;

$E_s$  = modulo di elasticità dell'acciaio di armatura;

$\Delta l$  = allungamento elastico misurato.

3) la variazione dell'allungamento registrata nella fase f) sia inferiore (nei primi 30 minuti) al 5% dell'allungamento teorico relativo allo stesso valore di forza;

4) l'andamento dei valori degli allungamenti nel tempo, durante la fase f), deve tendere rapidamente ad un asintoto orizzontale.

Se anche una sola delle predette condizioni non risulta soddisfatta, occorre procedere alla realizzazione di un nuovo tirante di prova con lunghezza di fondazione maggiore o con forza teorica di utilizzazione minore, da sottoporre alle stesse modalità di prova del terzo tirante.

La procedura va ripetuta finché non risultano soddisfatte tutte le predette condizioni.

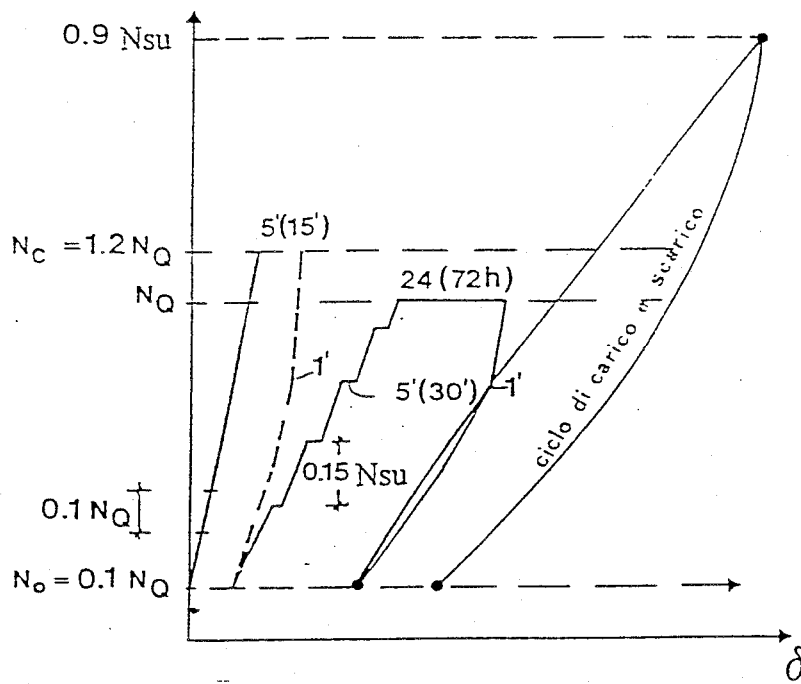


Fig.3

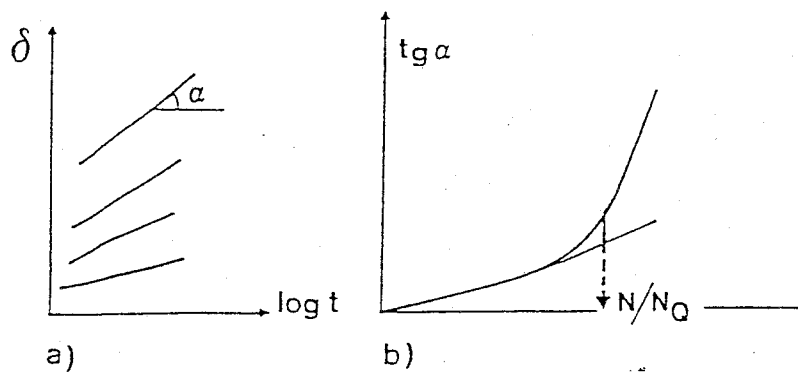


Fig.4

### Prove di rottura su barre e bulloni

Per bulloni con ancoraggio ad espansione meccanica, la prova dovrà essere eseguita tesando il bullone con velocità costante, pari a quella prevista per la tesatura dei bulloni da realizzare, e

rilevando la forza corrispondente alla rottura della fondazione e, nel caso che tale rottura non si verifichi, spingendo la prova fino a raggiungere lo snervamento dell'armatura (limite allo 0.2%).

Quale forza ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione o, nel caso tale rottura non si verifichi, il valore della forza corrispondente al limite allo 0.2% dell'acciaio della barra impiegata.

Nel caso di bulloni con ancoraggio con cementazione, le prove dovranno essere eseguite su bulloni con lunghezza di fondazione pari a 0.85 volte la lunghezza prevista nel primo dimensionamento. La prova si effettuerà con le stesse modalità previste nel caso precedente.

Quale forza limite ultima del bullone si assumerà il valore della forza corrispondente alla rottura della fondazione diviso per 0.85 o, nel caso tale rottura non si determini, il valore della forza corrispondente al limite allo 0.2% dell'acciaio della barra impiegata.

Il carico limite viene definito nel caso di rottura della fondazione, come il valore medio delle forze limiti di rottura di almeno 5 prove di ancoraggio, nell'ambito dello stessa tratta omogenea di ammasso roccioso.

#### *Prove di collaudo*

Salvo diverse prescrizioni da concordare comunque con la Direzione Lavori, le prove di collaudo saranno eseguite di norma su tutti gli ancoraggi attivi.

La forza di collaudo  $N_c$  è definita pari a 1.2 volte la forza di esercizio.

Le prove di collaudo costituiscono una fase delle procedure di messa in tensione degli ancoraggi attivi.

Per ancoraggi temporanei in barre e bulloni a lunghezza libera con una forza di esercizio non superiore ai 200 kN, la verifica della messa in opera, è sufficiente la messa in tensione, e verificare che dopo un tempo di attesa di 5 minuti, l'allungamento non deve superare il 2% della lunghezza libera dell'ancoraggio e la perdita di tensione non deve superare il 2% della tensione di prova.

Nel caso di ancoraggi sigillati su tutta la lunghezza, la loro corretta messa in opera è controllata mediante le prove a rottura, con le stesse modalità e frequenza precedentemente riportate.

#### **1.1.3.3 Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato**

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

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

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

Nel caso invece di caverne naturali non previste negli elaborati progettuali o di cavità causate da cedimenti o frammenti non imputabili, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, a negligenza dell'Impresa, si potrà proporre alla Committente la contabilizzazione dei riempimenti di conglomerato o di murature di bloccaggio o di iniezione d'intasamento.

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

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

Gli acceleranti non dovranno influire negativamente:

- sulla sicurezza dell'ambiente di lavoro e non essere inquinanti per l'ambiente naturale;
- sull'intasamento dei dreni.

Per ciascun additivo dovrà essere disponibile una scheda tecnica e una scheda di sicurezza, quest'ultima redatta in conformità alle prescrizioni della direttiva CEE 91/155.

La distanza fra la lancia e la superficie da trattare è funzione della velocità di uscita della miscela da proiettare; in generale questa distanza dovrà essere compresa tra 0,50 e 1,50 m.

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

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

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

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

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

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

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

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

Il dosaggio dei componenti dovrà essere fatto a peso in idonei impianti.

La qualifica preliminare del conglomerato cementizio, i controlli della resistenza- del conglomerato, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno essere effettuati con l'osservanza di quanto disposto alla sezione “calcestruzzi” del presente Capitolato.

Il calcestruzzo proiettato sarà confezionato con impiego di aggregati di appropriata granulometria continua e di dimensioni non superiori a 10 mm, tali da poter essere proiettati a umido con le normali attrezzature da “spritzz”; il rapporto acqua/cemento non dovrà essere superiore a 0,5.

La curva granulometrica dovrà presentare un andamento continuo, senza picchi né salti.

Per applicazioni sulla volta, le miscele dovranno essere scelte verso la parte fine della curva granulometrica, verso il centro per la parte verticale e verso la parte più grossa per i lavori nella controvolta.

Per conseguire fluidità, coesione e rapidità di presa, senza compromettere le caratteristiche di resistenza del conglomerato, dovrà essere impiegato cemento ad alta resistenza dosato in ragione di almeno 500 kg/m<sup>3</sup> di impasto, con l'adozione di additivi ad azione fluidificante ed accelerante di presa, compatibili con il cemento impiegato.

Trattasi in particolare di:

- additivo superfluidificante dosato all'1-1,5% sul peso del cemento;
- microsilicati dosati a 20-25 kg/m<sup>3</sup> di conglomerato;
- additivo accelerante di presa che potrà essere a base di silicato, dosato in ragione del 12-15t sul peso del cemento o, in alternativa a base di alluminato dosato in ragione del 3-4 kg sul peso del cemento.

Gli acceleranti di presa dovranno essere compatibili con il cemento impiegato e non essere nocivi alle armature, né alle reazioni di idratazione del cemento e dovrà essere data dimostrazione della loro efficacia ai fini della durabilità del conglomerato proiettato.

L'impiego di acceleranti a base silicatica potrà essere autorizzato solamente dopo che siano state condotte prove di campo per determinarne il dosaggio ottimale massimo ai fini del raggiungimento delle resistenze minime richieste dopo 180 giorni dalla posa in opera.

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

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

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

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

Tali pannelli dovranno fornire 6 - 8 provini di conglomerato con rapporto altezza/diametro pari a  $h/d = 2$  ed altezza pari a 10 cm.

Oltre alle prove suddette in ogni caso dovranno essere prelevate direttamente dalla parete carote di conglomerato cementizio proiettato in opera sulle quali determinare il peso specifico e la resistenza a compressione monoassiale.

La media dei valori del peso specifico, ricavati in sito non dovrà essere inferiore al 98% dei valori dichiarati nello studio preliminare di qualificazione.

Lo sfrido complessivo del calcestruzzo proiettato non dovrà essere superiore al 10 % del volume posto in opera.

In caso contrario, l'Impresa non è tenuta a chiedere indennizzo alcuno per sfridi superiori. Il rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio spruzzato, in relazione alle previsioni di progetto, potrà essere armato con rete in barre di acciaio a maglie elettrosaldate.

La rete di armatura, posta in opera preliminarmente ed inglobata nel conglomerato in fase di proiezione, dovrà essere conforme alle prescrizioni di cui al presente Capitolato.

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

Dovrà essere particolarmente curato il fissaggio delle armature, con almeno 2 chiodi/m<sup>2</sup>, su un primo strato di conglomerato proiettato dello spessore di almeno 2~3 centimetri, per evitare movimenti o distacchi durante la successiva proiezione.

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

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

#### **1.1.3.4 Rivestimento di prima fase in conglomerato cementizio proiettato fibrorinforzato**

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

Per fibre di acciaio per la confezione di conglomerato, deve intendersi fibre provenienti da filo liscio o deformato e trafilato a freddo, o da lamiera tagliata liscia o deformata, o da fibre estratte da fusione, comunque costituite di acciaio a basso contenuto di carbonio, di diametro equivalente ( $D_{eq} = 2 \sqrt{A \cdot \Pi}$ ) dove A area della sezione della fibra) di 0,5 mm circa, avente  $f_p (0,2) K \geq 800$  MPa ed allungamento minimo 1,0 %; le fibre dovranno essere lunghe tra 20 e 40 mm, "rapporto d'aspetto" L/D compreso tra 50 e 80, dove L = lunghezza della fibra, e D = diametro della fibra, ed avere le estremità sagomate per garantire l'ancoraggio meccaniche delle fibre stesse al conglomerato.

La quantità di fibre di acciaio da impiegare per l'armatura del conglomerato cementizio spruzzato dovrà essere definita negli elaborati di progetto; le fibre dovranno essere fornite sciolte, dovranno essere incorporate nel conglomerato in fase di impasto, avendo cura che la loro immissione effettuata direttamente con gli inerti, garantisca una dispersione omogenea con l'ulteriore miscelazione durante l'impasto.



Le fibre dovranno essere stoccate in appositi contenitori e protette dall'umidità.

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

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

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

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

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

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

Per quanto riguarda le prove di compressione monoassiale si ritiene valido quanto già riportato nel punto 1.1.3.3 del presente Capitolato ed al quale si rimanda, valido per il conglomerato cementizio non armato.

La prova di assorbimento di energia dovrà essere condotta in fase preliminare e nella fase di controllo, su una piastra quadrata di dimensioni 60\*60\*10 cm, ricavata da un pannello di conglomerato cementizio proiettato messo in opera su una parete verticale.

Dopo una maturazione di 28 giorni la suddetta piastra viene poggiata su di un supporto metallico quadrato tale da avere una luce libera di 50\*50 cm, con la superficie di proiezione rivolta verso il basso, e caricata centralmente da un punzone avente superficie di impronta quadrata pari 100 cm<sup>2</sup>, con una velocità di deformazione pari a 1,5 mm/min.

Durante la fase di carico verranno registrate le coppie dei valori sforzo-deformazione fino al raggiungimento di una deformazione di 25 mm.

A tale deformazione arrestare la prova, asportare il provino e fotografarlo.

L'energia assorbita in quel momento dovrà risultare non inferiore a 500 Joule (Nmm).

La prova di assorbimento di energia oltre che nella fase preliminare di studio della miscela, dovrà essere eseguita anche per il calcestruzzo proiettato posto in opera.

L'impiego del calcestruzzo proiettato fibrorinforzato è preferibile in corrispondenza di quelle classi di scavo dove il comportamento dell'ammasso allo scavo è da considerarsi "non-spingente".

### **1.1.3.5 Rivestimento di seconda fase in conglomerato cementizio gettato in opera**

Il rivestimento di seconda fase dovrà essere eseguito alla distanza dal fronte di scavo indicata in progetto, e comunque secondo le prescrizioni fissate per le classi di scavo.

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

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

Il conglomerato cementizio impiegato per il rivestimento di seconda fase dovrà essere almeno di classe  $R_{ck} = 25 \text{ Mpa}$ , lo spessore del rivestimento dovrà essere conforme alle previsioni di progetto, restando a carico dell'Impresa i maggiori spessori realizzati.

Per i rivestimenti in calcestruzzo non armato, le analisi tenso-deformative a breve ed a lungo termine, dovranno dare tensioni circonferenziali compressive non superiori a  $7 \text{ Mpa}$ , per calcestruzzi con classe  $R_{ck} = 25 \text{ Mpa}$ , ovvero  $R_{ck} / 4$  per calcestruzzi di classe superiore.

Nel caso in cui l'ottimizzazione geometrica della sezione non consenta l'impiego di strutture non armate, si dovrà ricorrere all'uso di armatura nel solo arco rovescio e nelle murette di base, ovvero sulla completa sezione di rivestimento.

Nel caso di rivestimenti di calcestruzzo armato, si dovranno seguire le indicazioni fornite dalla normativa vigente.

L'Impresa ha l'obbligo di non eseguire alcun getto prima che l'incaricato della Direzione Lavori abbia effettuato i controlli e le verifiche del caso.

La Direzione Lavori si riserva comunque la facoltà di procedere in qualsiasi momento, anche ad opera ultimata ed anche con metodi non distruttivi, alla verifica, a cura dell'Impresa, dei prescritti spessori di rivestimento e della eventuale presenza di vuoti all'estradosso delle murature.

In caso di presenza di vuoti a tergo dell'estradosso del rivestimento di seconda fase, l'impresa, a sua cura e spese, dovrà colmare detti vuoti mediante iniezioni a pressione di malte di cemento e sabbia addittivate con espansivo, previa esecuzione di fori di diametro e passo appropriato sul rivestimento.

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

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

Il getto dell'arco rovescio deve essere eseguito su rocce in posto e non su materiale smosso, ove le particolari condizioni idrogeologiche lo richiedessero, previo apposito studio, di eventuale posa di un telo di geotessile, con impregnazione eseguita con legante bituminoso tipo 180 - 200 spruzzato a caldo in ragione di almeno  $2 \text{ kg/m}^2$ .

Dovrà essere posto in opera sovrapponendo i teli longitudinalmente e trasversalmente per almeno 30 cm.

Il getto dell'arco rovescio dovrà essere eseguito per campioni alla distanza dal fronte indicata in progetto, e comunque non superiore ad una distanza pari a 3 volte il diametro di scavo.

In presenza di particolari fenomeni deformativi la lunghezza dei campioni dovrà essere opportunamente ridotta, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

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

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

Se la particolare situazione geotecnica-geomeccanica lo richieda, può essere consigliabile, terminato lo scavo, mettere in opera dei puntoni di contrasto di curvatura pari a quella di estradosso, collegati alle centine mediante bullonatura e/o saldatura, nonché messi a contrasto con le eventuali murette, in modo da chiudere il rivestimento, prima ancora della presa e dell'indurimento del calcestruzzo.

E' preferibile l'impiego di arco-rovescio senza armatura, eventualmente modificandone la curvatura.

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

#### **1.1.3.6 Casseforme**

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

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

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

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

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

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

#### **1.1.4 Drenaggi**

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

Si distinguono le seguenti tipologie principali di drenaggio:

- canalette al piede dell'impermeabilizzazione collegate mediante raccordi alle cunette centrali di raccolta della galleria;
- tubi drenati microfessurati che si estendono nei terreni a tergo del rivestimento.

Le prescrizioni di cui ai successivi punti sono riferite alle gallerie naturali, ma sono comunque applicabili, con le precisazioni di cui in appresso, anche alle gallerie artificiali.

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

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

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

##### **1.1.4.1 Canalette di raccolta**

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

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

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

I tubi di cloruro di polivinile non plastificato dovranno corrispondere per generalità tipi, caratteristiche e metodi di prova alle norme UNI N° 4464 e 4465; la Direzione Lavori potrà richiedere di far sottoporre a prove, presso laboratori qualificati e riconosciuti, dei campioni di tubo per accertare o meno la loro rispondenza alle citate norme.

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

#### **1.1.4.2 Tubi drenanti microfessurati**

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

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

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

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

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

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

Esse avranno diametro adeguato alla lunghezza e tale da consentire l'infilaggio dei tubi microfessurati, e comunque non inferiore a 90 mm. Qualora le caratteristiche dei terreni o la presenza dell'acqua lo richiedesse, le pareti del foro dovranno essere sostenute mediante idonee tubazioni durante la perforazione e nelle fasi successive.

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

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

Nel caso in cui vengono realizzati per l'allontanamento dell'acqua dal fronte di scavo, la loro disposizione e la loro orientazione dovranno essere tali da operare effettivamente tale allontanamento.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### **1.1.4.3 Impermeabilizzazione di gallerie**

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

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

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

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

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

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

- captazione di eventuali forti venute d'acqua tali che possano intralciare la regolare stesa dell'impermeabilizzazione, mediante impiego di tubi e/o canalette in materiale termoplastico, protetti da uno strato in geotessile e fissati con malta di cemento additivata con accelerante;

- eventuali tubi e/o canalette saranno protetti con uno strato di conglomerato cementizio e saranno raccordati al drenaggio posto al piede dell'impermeabilizzazione;

- regolazione della superficie del rivestimento di prima fase con malta fina per raccordare eventuali asperità e per ricoprire eventuali parti metalliche sporgenti.

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

#### **1.1.4.3.1 Impermeabilizzazione con guaina in PVC**

Tale impermeabilizzazione dovrà essere posta in opera su uno strato di compensazione di geotessile con caratteristiche analoghe a quelle riportate al punto 2.4.7.4 della sezione "Movimenti di Terra" del presente Capitolato.

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

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

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

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

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

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

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

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego.

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

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8202/Parte 1.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i requisiti elencati nella Tabella 1.

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

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

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

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

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

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

Il controllo delle saldature dovrà essere sistematico; l'osservazione attraverso il PVC trasparente permetterà di verificare che non vi siano difetti quali eccessi di residui carboniosi o bolle che potrebbero far cedere la saldatura in un secondo tempo.

Tabella 1

spessore	(UNI 8202/6)	2 mm $\pm 5\%$	è ammesso un valore singolo con tolleranza $-10\%$ - $+15\%$ come da UNI 8898/4
peso specifico	(UNI 7092)	1,3 g/cm <sup>3</sup> $\pm 2\%$	Tolleranze come da UNI 8898/4
resistenza a pressione	(DIN 16938)	10 atm	
resistenza a trazione	(DIN 16938E)	$> 1700 \text{ N/cm}^2$	
Allungamento a rottura	(DIN 16938E)	300 %	
resistenza a compressione		$> 300 \text{ N/cm}^2$	
durezza A-shore	(DIN 53505)	75	
Piegatura a freddo	(DIN 16938)	- 20 ° C	
resistenza al calore	(DIN 53372)	+ 70 ° C	
resistenza al freddo		- 40 ° C	
imputrescibilità		illimitata	



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

In galleria la guaina in PVC dovrà essere risvoltata alla base dei piedritti per almeno 40 cm; i lembi estremi dovranno essere fissati alla parete mediante listelli metallici, previa applicazione di idoneo mastice sigillante; all'interno dei due risvolti dovranno essere forniti e posti in opera tubi in PVC rigido serie pesante tipo 302 del diametro nominale di 150 mm, aventi pareti corrugate e forate e suola di base liscia e stagna; i tubi dovranno essere collegati ai pozzetti di raccolta mediante pezzi speciali a T e relative tubazioni di raccordo in PVC ed i fori praticati nelle guaine per il passaggio di queste ultime dovranno essere sigillati mediante appositi elementi in PVC termosaldati alla guaina ed ai tubi di raccordo.

#### **1.1.4.3.2 Impermeabilizzazione con pannelli di bentonite sodica**

I pannelli di impermeabilizzazione saranno in cartone ondulato biodegradabile riempiti con bentonite di sodio naturale granulare.

Le superfici da impermeabilizzare potranno essere umide e non necessariamente pulite.

In alcun caso non dovranno presentare protuberanze e cavità, né presenza d'acqua sia stagnante che in scorrimento.

Il taglio dei pannelli o la loro piegatura si dovrà necessariamente eseguire nel senso della lunghezza delle ondulazioni del cartone. Eventuali tagli in senso trasversale alle ondulazioni dovranno prestamente essere sigillati bagnando i bordi del pannello con acqua.

*Posa su superfici orizzontali:* Si dovrà procedere ad uno spianamento e regolarizzazione del terreno su cui dovranno essere posati i pannelli, compattandolo se necessario ed eventualmente riportando del terreno in misto natura. I pannelli dovranno essere posati a giunti sfalsati sovrapponendo i bordi per 10 cm.

Qualora la posa avvenga su un getto di calcestruzzo magro i pannelli dovranno essere fissati con chiodi posti ad una distanza massima di 70 cm.

*Posa su superfici verticali:* Si dovrà procedere al taglio, se presenti, dei distanziali dei casseri a filo muro e alla stuccatura e sigillatura, con prodotti simili, di fessure, cavità e nidi di ghiaia eliminando eventuali asperità del calcestruzzo.

I pannelli dovranno essere posati a giunti sfalsati sovrapponendo i bordi per 10 cm. Qualora la posa avvenga su un getto di calcestruzzo magro i pannelli dovranno essere fissati con chiodi a sparo muniti di rondelle e posti ad una distanza massima di 30 cm.

L'angolo di contatto tra la superficie orizzontale e quella verticale dovrà essere rinforzato con sezioni di pannello larghe almeno 30 cm.

La posa dovrà iniziare partendo dal basso, sovrapponendo la prima fila verticale al risvolto dei pannelli applicati sotto la platea.

Le successive linee di sovrapposizione dovranno essere posate sfalsate curando bene i sormonti.

I pannelli dovranno, particolarmente, essere fissati sugli angoli e in corrispondenza dei sormonti utilizzando, come già citato, chiodi a sparo muniti di rondelle.

Si procederà quindi al rinterro con terreno sciolto omogeneo a strati successivi di spessore 40-50 cm. e al compattamento, oppure, se interventi interni, alla posa dei casseri di armatura e ai successivi getti del calcestruzzo.

#### **1.1.5 Interventi di consolidamento**

##### **1.1.5.1 Consolidamento del fronte di scavo con tubi in vetroresina**

Il consolidamento del fronte di scavo verrà effettuato in gallerie, scavate in terreni coesivi, semicoesivi ed in genere di natura argillosa soggetti ad alterazione chimico-fisiche e a fenomeni di

estrusione del nucleo di scavo, tendente a muoversi verso la parte già scavata, tali da compromettere la stabilità dell'opera e/o la sicurezza delle lavorazioni.

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

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

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

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

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

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

La perforazione dovrà essere eseguita a secco con idonea attrezzatura, impiegando preferibilmente utensili ad elica; avrà andamento orizzontale, sub-orizzontale o comunque inclinato; il diametro sarà di 100-120 mm e dovrà essere spinta a qualsiasi profondità oltre il fronte di avanzamento in galleria; compreso l'attraversamento dello strato di conglomerato cementizio spruzzato sul fronte di scavo e degli eventuali strati rocciosi, nonché l'allontanamento dei materiali di risulta ed il trattamento dei fanghi secondo quanto disposto dalle Leggi vigenti.

Il tubo in vetroresina dovrà essere prodotto con resina poliestere termoindurente rinforzata con fibre di vetro; il contenuto in peso della fibra di vetro non dovrà essere inferiore al 50%.

Il tubo dovrà avere diametro esterno non inferiore a 60 mm e spessore non inferiore a 5 mm; l'aderenza della superficie esterna del tubo dovrà essere migliorata mediante fresatura elicoidale della profondità di almeno 1 mm od altro procedimento equivalente che conferisca al tubo elevata resistenza allo sfilamento.

La lunghezza del tubo dovrà essere, conforme a quella di progetto, ottenuto preferibilmente con una unica barra.

Ove si dovessero effettuare giunzioni, resta a carico dell'Impresa la fornitura dei necessari manicotti e collanti che dovranno garantire, anche in corrispondenza del giunto, la medesima resistenza a trazione e taglio. Tra due successivi ranghi di avanzamento la sovrapposizione minima dei tubi in vetroresina dovrà essere minimo di almeno 5 m.

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche del tubo:

- |                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| - densità (UNI 7092)               | $\geq 1,7 \text{ g/cm}^3$ |
| - resistenza a trazione (UNI 5819) | $\geq 400 \text{ MPa}$    |
| -allungamento a rottura            | 2%                        |

-resistenza a flessione (UNI 7219)	$\geq 350 \text{ MPa}$
-resistenza al taglio (ASTM D 732)	$\geq 85 \text{ MPa}$

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

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

L'introduzione dell'armatura e l'esecuzione delle iniezioni devono essere effettuate in una fase immediatamente successiva a quella di perforazione.

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

La miscela dovrà essere additivata con idonei acceleranti di presa e dovrà avere la seguente composizione:

- cemento ad alta resistenza	500 kg
- acqua	170 kg
- additivo accelerante la presa del cemento, a base di sostanze inorganiche e privo di cloruri	40 kg

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

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

#### **1.1.5.2 consolidamento del terreno al contorno dello scavo mediante iniezioni di miscele cementizie**

E' un intervento che modifica le caratteristiche meccaniche (resistenza) ed idrauliche (permeabilità) del terreno attraverso l'immissione a bassa pressione di adeguate miscele.

I trattamenti possono definirsi di "impregnazione", quando riempiono i vuoti esistenti nel terreno senza alterare le loro dimensioni, mediante iniezioni di miscele cementizie atossiche molto fluide e stabili, ad alta capacità di permeazione, a base di cementi microfini che presentano superficie specifica Blaine fino a  $12.000 \text{ cm}^2/\text{g}$ , con granuli di dimensioni comprese fra  $1-25 \text{ }\mu\text{m}$ .

Sono iniettabili, oltre le grandi cavità (carsiche, etc.), tutti i tipi di terreno dalle ghiaie ai limi sabbiosi sino ad un certo limite inferiore di permeabilità e le fessure delle rocce.

Le iniezioni potranno essere eseguite in avanzamento, in anticipo sugli scavi, sul contorno della sezione di scavo, per l'intera sezione o parte di essa, secondo le previsioni di progetto e/o le prescrizioni della Direzione Lavori.

I materiali iniettati, dovranno soddisfare ai requisiti di carattere ambientale ed ecologico, così come indicato nella attuale Legislazione in materia e successive modifiche.

Le iniezioni saranno effettuate impiegando tubi valvolati in PVC rigido di diametro non inferiore ai 40 mm o metallici in acciaio Fe 510,  $\Phi 1\frac{1}{2}'' \div 2''$ , eventualmente giuntato tramite manicotti o quanto altro occorra per la perfetta efficienza del tubo, corredato del tappo di fondo, del tubo di sfogo dell'aria e delle valvole per l'iniezione, costituite da manicotti in gomma di spessore 3,5 mm, i quali verranno introdotti in appositi prefori all'interno del terreno da consolidare.

La canna valvolata dovrà essere prolungata fino a fuoriuscire a boccaforo per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

I prefori, eseguiti sul contorno della sezione di scavo della galleria e/o in avanzamento rispetto al fronte di scavo, potranno essere orizzontali, sub-orizzontali o comunque inclinati, con diametro di 100-120 mm, e se necessario eventualmente rivestiti.

Preliminarmente verranno eseguite iniezioni di guaina tra le pareti del perforo ed il tubo e successivamente quelle di consolidamento, iniettando in pressione attraverso le valvole.

Tali iniezioni verranno eseguite in più fasi con miscele cementizie additivate eseguite a bassa pressione tra tubo e preforo e tale da funzionare da valvola di tenuta sino ad una pressione non inferiore a 50 kPa, e ripetute ad alta pressione, attraverso le valvole per il preconsolidamento.

Per ogni valvola di iniezione, in sede progettuale dovranno essere assegnati i seguenti parametri:

- volume massimo  $V_{max}$  (litri);
- portata (litri/min);
- eventuale pressione massima  $p_{max}$ .

I quantitativi della miscela da iniettare attraverso una valvola sono stabiliti tenendo conto di:

- riempimento effettivo di almeno il 50% dei vuoti;
- dispersione oltre il limite previsto;
- probabile drenaggio delle sospensioni.

Il terreno consolidato dovrà presentare le caratteristiche meccaniche esposte nella tabella che segue, uniformemente distribuite nell'ambito dei volumi interessati.

Nella eventualità che le prove preliminari non garantissero il raggiungimento delle seguenti caratteristiche meccaniche il trattamento dovrà essere abbandonato.

**caratteristiche meccaniche del  
terreno consolidato**

**intervallo della prova**

	dopo 48 h dalla iniezione	dopo 7 giorni dalla iniezione
resistenza a compressione semplice	> 1 MPa	> 1,5 Mpa

R.D.Q. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza  $\geq 100$  mm

50 %.

70%

Qualora dalle prove riportate nel punto 2.14 anche uno solo dei sotto elencati valori relativi al terreno consolidato:

- spessore dello strato;
- resistenza a compressione semplice;
- R.Q.D.;

sono variati rispetto a quanto stabilito in progetto, con scostamenti in negativo superiori al 10%, senza che peraltro si siano verificati rilasci o franamenti, verrà applicata una penale.

Nel caso dovessero verificarsi rilasci o frammenti, tutti gli oneri conseguenti, in essi compresi a titolo esemplificativo i trattamenti Provvisori di consolidamento di qualsiasi genere ed entità, lo sgombero dei materiali franati ed il ripristino della sezione di scavo, sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

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

L'Impresa, a sua totale cura e spese e sotto il controllo della Direzione Lavori, provvederà alla messa a punto della tecnologia d'intervento procedendo preliminarmente, mediante prove e sondaggi, alla determinazione delle caratteristiche geotecniche-geomeccaniche, livello di falda e permeabilità del terreno da consolidare; in base ai risultati ottenuti definirà:

- la quantità e distribuzione dei tubi di iniezione;
- il passo delle valvole;
- la composizione delle miscele con specifico riferimento alla viscosità, che dovrà essere bassa per poter eseguire le iniezioni in tempi brevi, il rapporto acqua cemento ed l'impiego di additivi adeguati;
- la finezza del cemento;
- la pressione di iniezione, (che di norma dovrà essere inferiore a quella di cedimento del sistema (clacque)).

L'Impresa dovrà inoltre eseguire, sempre a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, la verifica degli effetti indotti nel terreno ed infine l'accertamento dell'uniformità e delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato mediante prove in sito ed in laboratorio su campioni prelevati con carotaggi.

L'Impresa avrà la responsabilità circa il raggiungimento delle prescrizioni progettuali in termini di spessore e resistenza del terreno consolidato.

Nella eventualità che queste non vengano raggiunte, l'Impresa dovrà a sua cura e spese procedere all'integrazione dei trattamenti per il raggiungimento delle prescrizioni progettuali.

Le attrezzature impiegate dovranno essere in grado di eseguire le lavorazioni richieste con la necessaria continuità per assicurare la uniformità dei trattamenti; i tubi di Iniezione dovranno essere atti a resistere a pressioni non inferiori a 12 MPa; l'impianto di miscelazione dovrà essere munito di dispositivo di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contacicli di miscelazione progressivo; la centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione munite di manometri posti a bocca foro, con certificato ufficiale di taratura.

Lo scavo della galleria in corrispondenza delle tratte consolidate dovrà essere condotto dall'Impresa con le dovute cautele, verificando in avanzamento l'efficacia dei trattamenti effettuati.

Qualora si dovessero riscontrare variazioni sensibili nelle caratteristiche dei terreni attraversati rispetto a quelle assunte inizialmente per la messa a punto del sistema, l'impresa, a sua cura e spese, dovrà verificare puntualmente l'idoneità dei parametri adottati provvedendo eventualmente ad una loro ritaratura in corso d'opera.

L'Impresa in ogni caso dovrà procedere a continui sondaggi nei trattamenti effettuati per verificare la rispondenza alle prescrizioni progettuali relativamente a resistenze e spessori.

A cura dell'Impresa si considerano tutte le operazioni preliminari di sondaggio, prove, progettazione e campo prove; le verifiche in avanzamento; la documentazione dei lavori; l'ubicazione dei punti di trattamento; le operazioni di perforazione ed infissione dei tubi valvolati; l'esecuzione delle iniezioni di guaina e di quelle di consolidamento, compreso la fornitura di tutti i materiali ed in particolare:

- il cemento da impiegare nelle iniezioni di guaina e di consolidamento in terreni molto aperti, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità fino a  $10^{-2}$  m/s, sarà cemento del tipo normale;
- per le iniezioni di consolidamento in terreni con coefficiente di permeabilità minori di  $10^{-2}$  si useranno cementi microfini, con superficie specifica Blaine fino a 12.000  $\text{cm}^2/\text{g}$  ; acqua; additivi fluidificanti, ecc.;

sono altresì a carico dell'Impresa eventuali superfici di parete consolidata eccedenti le dimensioni teoriche di progetto.

### **1.1.5.3 Presostegno mediante infilaggi**

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

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

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

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

Prima di iniziare ciascun setto di perforazione l'Impresa, dovrà a sua cura e spese, individuare sul fronte di avanzamento le posizioni degli infilaggi da contrassegnare opportunamente, in modo da renderle facilmente individuabili.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le perforazioni dovranno essere eseguite senza impiego di acqua.

L'ordine di esecuzione degli infilaggi nell'ambito di ciascun setto, dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni e delle iniezioni con perfori in corso o in attesa di iniezione.

Le armature metalliche dovranno essere costituite da tubi in acciaio tipo S355 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche.

Dovranno avere estensione, diametro e spessore come previsto in progetto.

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

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

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

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

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

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

Potranno essere usate, qualora si rendessero necessarie, armature in vetroresina le cui caratteristiche sono riportate al punto 1.1.5.1 del presente Capitolato.

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

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

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

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



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

1) *tubi valvolati*:

- riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo e le pareti del perforo, ottenuto alimentando con apposito condotto di iniezione ed otturatore semplice la valvola più lontana. Trattandosi di prefori posti di norma in posizione orizzontale o inclinati verso l'alto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti (tubetti di sfiato, otturatore sulla bocca del perforo, ecc.) per evitare che la miscela cementizia riempia solo parzialmente la cavità o ne fuoriesca;
- lavaggio con acqua dell'interno del tubo;
- avvenuta la presa della miscela precedentemente iniettata, si inietteranno in pressione valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti il sestuplo del volume del perforo avendo cura di non superare durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage") ;
- avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione, previo lavaggio con acqua all'interno del tubo, limitatamente alle valvole per le quali il volume di miscela iniettato non abbia raggiunto il limite di cui al punto 3 a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione, misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico, non superino 0,7 MPa.

2) *tubi non valvolati (tubi ciechi)*:

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

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

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

Le malte cementizie utilizzate per la iniezione dovranno avere al seguente composizione:

- cemento tipo 4,25: 100 kg;
- acqua: 50-70 kg;
- bentonite: 0-2 kg;
- eventuale additivo antiritiro

Durante la posa in opera dovranno prelevare campioni della miscela di iniezione, sulla miscela cementizia impiegata, dovranno essere effettuati i medesimi accertamenti riportati nel punto 1.1.3.2 del presente Capitolato.

#### **1.1.5.4 Consolidamento mediante trattamenti colonnari (colonne consolidate jet-grouting)**

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

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

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

Le colonne del terreno consolidato dovranno presentare diametro non inferiore a quello previsto in progetto, quelle eseguite in avanzamento dal fronte di scavo, con andamento tronco conico, dovranno presentare una divergenza rispetto all'asse della galleria non superiore di norma a 5°.

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione della miscela stabilizzante dovranno essere messe a punto, in relazione alla natura dei materiali da trattare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali, mediante esecuzione di colonne di prova nelle posizioni e quantità prescritte dal Progettista.

Le attrezzature di perforazione dovranno essere tali da garantire la continuità della colonna.

La parte inferiore dell'antenna dovrà essere dotata di evidenti contrassegni posti ad interasse di 10 cm (in prossimità delle aste per una lunghezza totale di almeno 100 cm) allo scopo di poter effettuare un controllo visivo della velocità di risalita.

Il controllo della velocità di rotazione delle aste durante l'iniezione dovrà essere effettuato preferibilmente tramite un'apposita strumentazione di iniezione.

Dovranno inoltre essere eseguite tutte le prove elencate nel punto 2.6 del presente Capitolato, ed inoltre l'esecuzione di un carotaggio continuo per tutta la lunghezza della lunghezza delle colonne, posizionato all'intersezione di due colonne contigue compenstrate.

Se dalle prove di cui sopra risulterà che non sono stati raggiunti i limiti di resistenza e continuità previsti, la Direzione Lavori verificherà il sistema ed eventualmente proporrà al Progettista la revisione del progetto.

Le attrezzature di perforazione dovranno essere idonee a garantire deviazioni non superiori all' 1% rispetto all'asse teorico.

Dovranno essere muniti di dispositivi di comando e di contagiri per il controllo della velocità di rotazione delle aste ed inoltre di dispositivo per la regolazione della velocità di estrazione delle aste stesse (temporizzatore a scatti o simili).

L'impianto di miscelazione dovrà essere del tipo a cicli ripetitivi con polmone di accumulo ed agitatore di miscela e munito di dispositivo di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contacicli di miscelazione progressivo.

La centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione,  $\geq 30$  MPa, dotate di manometri posti a bocca foro, muniti di certificato ufficiale di taratura.

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico delle colonne di terreno consolidato sono le seguenti:

- la posizione dell'asse di ciascun punto di trattamento non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse della colonna rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 1%;
- la lunghezza non dovrà differire di  $\pm 15$  cm da quella di progetto;
- il diametro delle colonne non dovrà in nessun caso risultare inferiore a quello nominale indicato in progetto.

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

Eventualmente si potrà inoltre predisporre, sempre a cura e spese dell'Impresa, delle dime di guida a tergo delle macchine esecutrici le perforazioni.

Le fasi di lavorazione comprendono:

- la perforazione a rotazione o rotopercolazione di diametro adeguato, eseguita, se necessario con impiego di rivestimento provvisorio;
- l'iniezione di una miscela di acqua e cemento tipo 4,25, nel rapporto in peso  $1 \leq a/c \leq 2$ , con l'eventuale impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori;
- la sigillatura del foro, ad iniezione ultimata, per impedire la fuoriuscita della miscela.

La miscela fuoriesce dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene impresso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata.

Tali parametri, così come tutti gli altri parametri di iniezione, dovranno essere scelti in modo tale da far sì che questi garantiscano la realizzazione delle colonne con le volute caratteristiche.

I valori tipici di questi parametri sono riportati nel corrispondente del punto della sezione "Consolidamenti" del presente Capitolato.

In particolare, nel caso che le colonne debbano essere realizzate a breve distanza l'una dall'altra, o tra loro compenstrate, la successione spaziale a temporale di esecuzione delle colonne deve essere stabilito tenendo conto del tempo di maturazione delle miscele iniettate, in modo che la realizzazione delle perforazioni e delle iniezioni non danneggino le colonne già eseguite.

In caso di interruzione (accidentale o meno) dell'iniezione sarà necessario, eliminato l'inconveniente, far ripartire l'iniezione almeno 50 cm al di sotto della quota di interruzione.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare  $\geq 5$  MPa a 28 giorni nei materiali incoerenti, con limite minimo di 1.5 – 2 MPa a 40 giorni negli interstrati di terreni coesivi, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, a seguito dei risultati ottenuti sulle colonne di prova.

Il valore R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

Qualora dalle prove riportate nel punto 2.6, risultasse che anche uno solo dei parametri sottoelencati:

- tolleranze geometriche;
  - posizione dell'asse;
  - deviazione dell'asse;
  - diametro;
  - lunghezza;
- resistenza a compressione semplice;
- valore R.Q.D;

è variato rispetto a quanto stabilito in precedenza, con scostamenti negativi superiori al 10%, senza che peraltro si siano verificati rilasci o frammenti, verrà applicata una penale.

Nel caso di franamenti o rilasci, dipendenti per cause dipendenti da carenze esecutive dei trattamenti colonnari, tutti gli oneri conseguenti, in essi compresi a titolo esemplificativo i trattamenti provvisori di consolidamento di qualsiasi genere ed entità, lo sgombero di materiali franati ed il ripristino della sezione di scavo, sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

L'Impresa dovrà porre particolare cura alla raccolta e al trattamento dei fanghi di spurgo secondo le Leggi vigenti ed al loro allontanamento.

#### **1.1.1.4.1 Armatura delle colonne**

Quando previsto in progetto le colonne dovranno essere armate con tubi di acciaio tipo S355 senza saldatura longitudinale, del tipo per costruzioni meccaniche, del diametro previsto e collegati tra di loro tramite manicotti saldati o filettati di dimensioni tali da garantire nella giunzione le stesse caratteristiche meccaniche del tubo, le colonne potranno essere armate anche utilizzando barre di vetroresina, le quali potranno essere giuntate tramite manicotti filettati o con altri sistemi analoghi, che devono essere in grado di garantire la medesima resistenza della barra.

### **1.1.5.5 Precontenimento mediante volta continua in elementi tronco-conici (pretaglio)**

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

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

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

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

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

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

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

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

Il pretaglio della volta dovrà essere eseguito per conci successivi.

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

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

#### **1.1.5.5.1 Conglomerato cementizio spruzzato per la realizzazione di una volta continua in elementi tronco-conici (Pretaglio)**

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

L'eventuale armatura con fibre di acciaio, rispondenti alle prescrizioni di cui al punto 1.1.3.4 del presente Capitolato, dovrà essere definita in sede di progetto, e comunque in ragione di 30 kg di fibre per metro cubo di impasto.

La resistenza caratteristica del conglomerato dovrà risultare come indicato nei punti 1.1.3.3 e 1.1.3.4 del presente Capitolato.

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

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

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

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

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

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

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

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

La qualifica preliminare del conglomerato, le prove sui materiali e sul conglomerato fresco, dovranno essere effettuate con l'osservanza di come indicato nei punti 1.1.3.3 e 1.1.3.4 del presente Capitolato.

Relativamente al controllo della quantità di fibre in acciaio ammesse nel conglomerato si richiama integralmente quanto è stato previsto a tale riguardo nel punto 1.1.3.4 del presente Capitolato.

### **1.1.6 Gallerie con scavo eseguito completamente a cielo aperto.**

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

Per quanto riguarda il conglomerato cementizio gettato in opera valgono le prescrizioni riportate al punto della sezione "calcestruzzi" del presente Capitolato.

Si individuano tre sezioni tipiche.

#### **a) Sezione policentrica**

Tale sezione, di norma, sarà utilizzata nei tratti iniziale e finale di gallerie naturali e comunque, in tutti quei tratti in cui lo spessore del terreno di copertura è superiore a 6 m.

La geometria della sezione sarà quella utilizzata per le gallerie naturali, dal punto di vista strutturale la sezione sarà sempre anulare e dotata di arco rovescio.

#### **b) Sezione scatolare**

Tale tipologia, di norma, sarà utilizzata lungo gallerie realizzate esclusivamente "in artificiale". E' escluso l'uso di questa soluzione quando lo spessore del terreno di copertura supera i metri 6.

Tale spessore deve intendersi misurato tra l'estradosso dell'impalcato di copertura e la quota di sistemazione del piano di campagna previsto in progetto.

Nel caso in cui la quota di sistemazione del piano di campagna sia diversa dalla quota esistente prima della realizzazione della linea dovrà essere fornita una dettagliata giustificazione sulla possibilità di modificare la quota e sulla sua convenienza.

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

#### **c) Sezione con spalle e impalcato separati tra loro**

Tale tipologia sarà utilizzata nei limiti già indicati per l'uso di sezioni scatolari.

Per quanto riguarda l'impalcato si esclude l'uso di travi in C.A.P. quando al di sopra di esso è previsto il rinterro.

### **1.1.7 Gallerie con scavo eseguito solo parzialmente a cielo aperto**

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

In questo caso si procederà alla definizione di sezioni alternative che prevedano l'esecuzione delle spalle mediante paratie realizzate dall'alto.

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

Anche in questo caso, lo spessore massimo ammissibile per il terreno di copertura è di 6 m. Nel caso in cui la distanza tra l'estradosso dell'impalcato di copertura e il piano di campagna sia maggiore di 6 m si procederà alla variazione della quota del piano di campagna o alla realizzazione di solette intermedie che realizzino una galleria artificiale a doppia altezza. In entrambi i casi dovrà essere dettagliatamente motivata la scelta tipologica effettuata.

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

Per quanto riguarda il conglomerato cementizio gettato in opera valgono le prescrizioni riportate nella sezione “calcestruzzi” del presente Capitolato.

## ***2.0. SPECIFICA DI CONTROLLO***

### **2.1 Disposizioni generali**

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

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

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

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

### **2.2 Scavi a cielo aperto**



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

#### a) Prove di laboratorio

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

##### Terre:

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

##### Rocce:

- resistenza a compressione monoassiale;

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

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue :

- ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni qualvolta richiesto dalla DL.

#### b) Prove in sito

##### Terre :

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

##### Rocce :

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

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

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

### **2.3 Scavi a foro cieco**

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

#### a) Prove di laboratorio

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

##### Terre:

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

##### Rocce:

- resistenza a compressione monoassiale;

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

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

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

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

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

La frequenza delle prove e dei rilievi dovrà essere la seguente :

- all'inizio dei lavori da ciascun imbocco;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni 10 m di avanzamento dello scavo;
- ogni qualvolta richiesto dalla DL.

## **2.4 Controlli tenso-deformativi**

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

- verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto sistematico, in corso d'opera, tra le stesse previsioni e le prestazioni/comportamento del terreno nell'intorno della galleria e delle strutture di rivestimento, nonché di definire le classi di scavo;
- assicurare che l'opera espliciti le sue funzioni, risultando idonea all'esercizio, resistente e stabile senza riduzioni significative della sua integrità o manutenzioni non previste.

Nel progetto esecutivo sarà compreso un Piano di Monitoraggio per il controllo del comportamento del terreno e delle strutture sia durante i lavori che in fase di esercizio.

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

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

Dovrà infine essere indicato in progetto il periodo di tempo nel quale devono essere proseguite le misure durante l'esercizio.

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

La lettura e la interpretazione delle misurazioni durante la costruzione e sino alla data di emissione del certificato di collaudo finale, saranno eseguite a cura dell'Impresa. A cura dell'amministrazione appaltante dalla data del collaudo finale.

Le misure sono tra l'altro volte a determinare:

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

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

La rapidità e la correttezza delle misure assumono fondamentale importanza ed impongono la presenza costante in cantiere di personale qualificato. La decisione circa le eventuali variazioni da introdurre rispetto a quanto previsto in progetto ed in particolare circa gli eventuali interventi integrativi da adottare, dovranno essere assunte rapidamente sentito il Progettista, e dovranno derivare dall'accurata interpretazione dei dati ottenuti.

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

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

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

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

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

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

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

#### Misure dall'interno del cavo (in corso d'opera)

##### *Misure di convergenza tradizionali*

Consistono nel determinare la variazione di distanza tra due punti sulle pareti (opposte) del cavo.

Lo strumento comparatore è costituito da un nastro centimetrato in invar montato su telaio, un sistema meccanico di tensionamento, un comparatore a lettura centesimale ed un telaio di calibrazione.

La misura si effettua stendendo il nastro, agganciandone l'estremità sui bulloni a testa filettata sigillati nei punti di misura e tensionando il nastro stesso: la misura viene effettuata sul comparatore.

I chiodi a testa filettata devono essere di lunghezza almeno pari a 1 m ed essere solidali con il terreno ai contorni. La precisione della misura è 0.1 mm.

##### *Misure di convergenza con mire ottiche*

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

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

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

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

#### *Misure estensimetriche con estensimetri monobase o multibase*

Consistono nel determinare la distribuzione delle deformazioni nel terreno.

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

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

La precisione dello strumento di misura è 0.01 mm.

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

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

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

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

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

La precisione è 0.25% del fondo scala.

#### *Misure di estrusione del fronte di scavo*

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

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

Le misure delle variazioni di distanza tra le coppie di ancoraggi adiacenti vengono effettuate mediante una sonda munita di due teste sferiche che, durante il passaggio nel foro, vanno in battuta contro gli ancoraggi conici.

La precisione è 0.003-.0.02 mm/m.

#### Misure dall'interno del cavo (in esercizio)

##### *Misure di deformazione (estensimetri da calcestruzzo)*

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

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

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

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

La precisione è 0.5% del fondo scala.

##### *Determinazione della sollecitazione in parete (martinetto piatto)*

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

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

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

Le misure di spostamento vengono eseguite su diverse basi mediante estensimetro meccanico rimovibile oppure trasduttori elettrici di spostamento. La precisione della lettura è 0. 1 % del fondo scala.

##### *Misure dall'esterno del cavo (in corso d'opera e in esercizio)*

##### *Misure assestometriche*

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

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

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

La precisione è 0.25% del fondo scala.

### *Misure topografiche*

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

Le misure sono effettuate attraverso una livellazione topografica e triangolazione di precisione. La precisione è 1 mm.

### *Misure inclinometriche*

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

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

La precisione è 0.2 mm/m.

### *Misure estenso-inclinometriche*

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

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

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

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

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

### *Misure della pressione interstiziale e del livello di falda*

Consistono nella determinazione della pressione interstiziale nel terreno.

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

La precisione è 0.2 - 0.5% del fondo scala.

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

## **2.4.1 Monitoraggio in corso d'opera**

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

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

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

In linea generale le stazioni di misura sono:

- Stazioni per gli imbocchi e per le gallerie superficiali (urbane ed extraurbane);
- Stazioni fondamentali;
- Stazioni principali;
- Stazioni secondarie;
- Stazioni al fronte di scavo.

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

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

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

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

Tale stazione sarà composta, di norma, nel seguente modo (Le misure di convergenza in galleria, in queste stazioni ed in quelle descritte nel seguito, saranno di norma eseguite ricorrendo alla tecnica delle mire ottiche removibili; sarà tuttavia individuata in ciascuna tratta almeno una stazione in cui, per motivi di confronto e validazione dei dati, si ricorrerà alle misure di tipo tradizionale con nastro di convergenza):

all'interno del cavo:

n. 6 mire ottiche removibili, sul profilo della galleria, tali da consentire la lettura mediante strumento topografico di Precisione le letture dovranno essere condotte immediatamente prima dell'esecuzione degli eventuali interventi e ad ogni sfondo;



n. 2 celle di carico idrauliche, installate al di sotto del piede delle centine e finalizzate a valutare il carico sul rivestimento di prima fase durante gli avanzamenti.

La lettura di 'zero' andrà effettuata quando la centina stessa sarà collegata con tutte le catene alla centina adiacente e subito dopo la posa dello spritz beton;

n. 5 celle di pressione radiali, poste a contatto tra il terreno ed il rivestimento di prima fase: le celle saranno messe in opera nello spazio compreso tra due centine; la lettura di "zero" andrà effettuata non prima di 8 ore dalla posa in opera dello spritz beton; le successive letture andranno effettuate ad ogni sfondo completo.

#### All'esterno del cavo:

do n. 3 assestimetri multibase: la quota assoluta della testa degli assestimetri deve essere rilevata mediante livellazione di precisione; la lettura di "zero" dovrà essere eseguita non prima di 10 giorni dalla cementazione dei tubi di misura; prima di ogni serie di misure ed al termine di esse dovrà essere effettuata una misura di calibrazione con l'apposito dispositivo di taratura;

n.1 inclinometro: la quota assoluta della testa del tubo inclinometrico deve essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza minima ad ogni sfondo e, una volta passato il fronte, che avrà raggiunto una distanza almeno pari a 5 volte il diametro della galleria, con frequenza maggiore, da definire in base al comportamento emerso; n. 1 piezometro: la quota della falda deve essere misurata tutti i giorni per tutta la durata del cantiere.

#### Stazioni fondamentali

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

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

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

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

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

#### all'esterno del cavo:

come per la stazione per gli imbocchi

#### all'interno del cavo:

- n. 6 mire ottiche removibili;
- n. 3 estensimetri multibase (se del tipo cementato in foro, la lettura di "zero" dovrà essere eseguita non prima di 10 giorni dalla cementazione);

- n. 2 celle di carico idrauliche installate al di sotto del piede delle centine;
- n. 4 celle di pressione radiali;
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo in avanzamento (eventuale), di lunghezza almeno pari a 60 m

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

#### Stazioni principali

La stazione sarà di norma così composta:

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

#### Stazioni secondarie

La stazione sarà di norma così composta:

n. 6 mire ottiche removibili

#### Stazioni al fronte di scavo

La stazione dovrà essere, di norma, così composta:

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

#### **2.4.1.1 Interpretazione e verifica in corso d'opera**

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

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

A tal fine i monitoraggi dovranno consentire di:

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

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

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

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

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

Tabella 1 - Caratteristiche delle Stazioni

<b>tazione</b>	<b>Posizione</b>	<b>Letture</b>	<b>Durata</b>
Imbocchi	Per ogni imbocco	Giornaliera	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali urbane	Ogni 100 m o meno	Giornaliera o inferiore	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali extraurbane	Ogni 250 m o meno	Giornaliera o inferiore	Per tutta la durata del cantiere
Fondamentali	Ogni 1000 m o meno	Giornaliera (se significativa) o superiore	Fino al collaudo (Strumentazione esterna)
Principali	500 m o meno	Giornaliera o inferiore	Oltre il passaggio del fronte ( $\geq 5$ diametri) o fino al getto del rivestimento definitivo
Secondarie	Ogni 50 m o meno	Ogni fase lavorativa o	Oltre il passaggio del

		inferiore	fronte (3 diametri) o fino al getto del rivestimento definitivo
Monitoraggio al fronte	Ogni campo di lavoro	Ogni 10 m	Fino al getto del rivestimento definitivo
Rilievo del fronte di scavo (in terreni sciolti e lapidei)	Ogni 10 m	Ogni 10 m	-----

#### **2.4.2 Monitoraggio in fase di esercizio**

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

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

Le stazioni di misura dovranno essere articolate come segue:

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

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

La stazione dovrà essere, di norma, così composta:

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

##### Stazioni fondamentali

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

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

Analogamente nel caso di coperture maggiori.

##### Stazioni principali

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

### Interpretazione e verifica in esercizio

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

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

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

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

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

Tabella 2 - Caratteristiche delle Stazioni

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

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

### **2.5 Centine metalliche, reti di acciaio a maglie elettrosaldate e scalette di rinforzo**

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

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

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

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

Tali prove sono a cura e spese dell'Impresa.

## **2.6 Ancoraggi**

Nella realizzazione degli ancoraggi si potranno impiegare i seguenti materiali:

a) Armature metalliche:

- Trefoli tipo c.a.p.
- Barre in acciaio ad aderenza migliorata o tipo Dywidag (o simile)

b) Apparecchi di testata

- Dispositivi di bloccaggio dei trefoli
- Bulloni
- Piastre di ripartizione

c) Miscele di iniezione

- Cemento
- Inerti
- Acqua d'impasto
- Additivi

d) Dispositivi di protezione

- Guaine in materiali plastici
- Centratori e distanziatori
- Dispositivi per l'iniezione
- Resine
- Vetoresine

*Trefoli tipo c.a.p. e barre in acciaio ad aderenza migliorata o tipo Dywidag (o simili)*

I trefoli e le barre, che dovranno provenire da fornitore qualificato, dovranno risultare conformi alle specifiche riportate nel presente Capitolato.

Il fornitore dovrà allegare per ogni lotto di fornitura la documentazione prescritta per i trefoli e per la qualificazione degli acciai di armatura.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera.

La DL potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati, il tutto a cura dell'Impresa.

### *Apparecchi di testata: Dispositivi di bloccaggio e bulloni*

Il fornitore, dovrà emettere per ogni lotto di fornitura le necessarie certificazioni attestanti la conformità alla normativa vigente.

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

La DL potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati, il tutto a cura dell'Impresa.

### *Prove sull'aggressività dell'ambiente*

Allo scopo di poter definire le caratteristiche del cemento, costituente le miscele, si dovrà accertare della reale aggressività fisico-chimica del terreno sul quale si eseguiranno gli ancoraggi.

Le prove, che saranno condotte da un laboratorio di cantiere consisteranno nella misura dei seguenti valori:

- |   |            |
|---|------------|
| - valore di pH  | < 6        |
| - grado idrotimetrico dell'acqua del terreno o di falda | < 3 ° F    |
| - contenuto in CO <sub>2</sub> disciolta                | > 30 mg/l  |
| - contenuto in NH <sub>4</sub>                          | > 30 mg/l  |
| - contenuto in Mg <sup>++</sup>                         | > 300 mg/l |
| - contenuto in SO <sup>--</sup>                         | > 600 mg/l |
- (oppure > di 6000 mg/kg di terreno sciolto)

Gli esiti delle prove saranno comunque comunicati alla DL per conoscenza.

L'ambiente verrà considerato aggressivo nei riguardi del cemento, se è verificata una sola delle condizioni precedentemente riportate.

### *Miscele cementizie*

#### *Preparazione dei provini e prove sulle miscele cementizie*

Si dovranno eseguire, eventualmente in presenza della DL gli impasti di prova della miscela cementizia, secondo le indicazioni previste in progetto.

Verranno effettuati 3 impasti di prova consecutivi, dai quali verranno confezionati n.8 cubetti, per ognuno di essi, da sottoporre alle seguenti prove:

- n. 1 per determinazione del peso specifico
  - n. 1 per determinazione della viscosità Marsch
  - n. 1 per prova di decantazione a 24 ore
  - n. 1 per misurazione del tempo di presa
  - n. 2 per prova di resistenza a compressione a rottura
  - n. 1 di riserva
- Resistenza a compressione a 7 giorni e 20 °C ± 1 ≥ 15 MPa

- Peso specifico  $p \geq 90\%$  del peso spec. Teorico
- Acqua separata per decantazione: max 2% in volume, dopo che la miscela è mantenuta a riposo per tre ore e deve essere completamente riassorbita nelle 24 ore successive. La prova viene eseguita versando 300 ml di miscela in un cilindro di 56 mm di diametro e 140 mm di altezza.
- Fluidità: si controlla mediante il cono di Marsh (diametro ugello: 13 mm) dove il tempo di percolamento deve essere compreso tra 10 – 30 sec.
- Tempo di presa: il tempo di inizio presa, misurato secondo le indicazioni del D.M. 03/06/68, a 20 °C, deve essere superiore a tre ore. Mentre il tempo di fine presa a 5 °C deve essere inferiore a 24 ore.

I risultati delle prove eseguite verranno riportati su una apposita relazione, dove verrà definita la composizione della miscela da utilizzare in fase esecutiva.

Su tale relazione si dovrà riportare:

- Elenco dei materiali impiegati, indicante provenienza, tipo, e qualità dei medesimi;
- Certificati dei materiali costituenti la miscela di impasto;
- Tipo e dosaggio del cemento;
- Rapporti acqua/cemento;
- Tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- Risultati delle prove preliminari di resistenza a compressione;
- Caratteristiche dell'impianto di confezionamento.

La documentazione dovrà essere fornita alla DL, che procederà all'eventuale approvazione.

L'approvazione tuttavia, non solleva l'Impresa dalle sue responsabilità in base alle Norme vigenti.

#### *Guaine in materiale plastico*

Le guaine dovranno provenire da fornitori qualificati, i quali dovranno allegare ad ogni lotto di fornitura la certificazione, del materiale fornito.

Si dovrà verificare che i diametri di guaina ordinati siano congruenti con i diametri dei trefoli da impiegare.

I materiali sprovvisti di tale documentazione non potranno essere posti in opera.

La DL potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati, il tutto a cura dell'Impresa.



### *Dispositivi di iniezione*

La fornitura dovrà essere certificata dal fornitore come conforme alle specifiche riportate nel presente Capitolato.

Egli inoltre deve allegare alla fornitura una dichiarazione sull'effettuato controllo di perfetta efficienza delle valvole, per ogni dispositivo fornito.

I materiali sprovvisti di tale documentazione non potranno essere posti in opera.

La DL potrà effettuare saggi e prove a sua discrezione sui materiali impiegati, il tutto a cura e spese dell'Impresa.

### *Resine*

Le resine da impiegare negli ancoraggi con chiodi dovranno essere di marca conosciuta.

Il produttore dovrà fornire la seguente documentazione:

- Le istruzioni di dosaggio per le resine epossidiche,
- I tempi di polimerizzazione, con il campo di tolleranza, per le resine poliesteri,
- La certificazione di assenza di emissioni gassose durante i processi di polimerizzazione,

Dovrà inoltre fornire le certificazioni delle seguenti prove sul materiale:

- Misura di viscosità, da effettuarsi con il metodo ASTM D2393/72, con limite di accettabilità compreso tra 300 e 3000 cP a 20°C
- Misura del tempo di gel, secondo prova ASTM D2471/71, da eseguirsi nelle condizioni ambientali di impiego della resina. In altre condizioni il tempo di gel potrà essere anche fornito dal produttore in altre condizioni operative, purché determinato secondo le modalità di cui sopra.
- Misura della differenza di peso tra miscela fluida iniziale e miscela indurita, con il valore limite  $\geq$  5% del peso iniziale.
- Prove di resistenza a trazione delle resine indurite in aria ed in acqua su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819/66 (con spessore di 10 mm.)  
La riduzione di resistenza dovrà essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita in aria.

Tutta la documentazione precedentemente riportata dovrà essere fornita alla DL, i materiali sprovvisti di tale documentazione non potranno essere posti in opera.

La DL si riserva la facoltà di far eseguire ulteriori prove di controllo dei materiali in esame.

Tali prove sono a cura dell'Impresa.

### *Vetroresine*

Il produttore di manufatti deve fornire la documentazione delle vetroresine che saranno impiegate per la realizzazione degli elementi di rinforzo, così come previsto nel presente Capitolato.

In accordo alla tabella riportata nel punto precedentemente richiamato, il produttore dei manufatti in vetroresina deve fornire le certificazioni delle seguenti prove sulla vetroresina impiegata:

- peso specifico;
- resistenza a trazione;
- resistenza a flessione;
- resistenza a compressione;
- Modulo di elasticità.

Il produttore dovrà inoltre certificare che:

- il contenuto in vetro sia conforme ai limiti richiesti;
- i profilati a sezione cava prodotti abbiano uno spessore interno non inferiore a 5 mm.

Tutta la documentazione prodotta dovrà essere consegnata alla DL.

La DL potrà richiedere ulteriori prove per accertare le volute caratteristiche dei materiali.

Tali prove sono a cura e spese dell'Impresa.

### *Controlli in corso d'opera*

Prima dell'inizio dei lavori di iniezione di cementazione degli ancoraggi, si dovrà comunicare per iscritto alla DL la data prevista per i lavori.

### *Predisposizione degli ancoraggi per prove di carico a rottura*

Si dovrà predisporre la realizzazione di ancoraggi supplementari da destinare alle prove di carico a rottura.

Gli ancoraggi per le suddette prove distruttive non dovranno appartenere alla struttura da consolidare, ma eseguiti nello stesso sito e nella stessa situazione geologico-geotecnica (geomeccanica) con le stesse modalità costruttive di quelli di esercizio.

Gli ancoraggi per le prove a rottura dovranno essere realizzati nei casi e nelle quantità prescritte e riportate nel presente Capitolato.

### *Prove di carico a rottura*

Le prove di carico a rottura, eventualmente da realizzare su ancoraggi preliminari di prova, saranno obbligatorie ogni qualvolta il numero totale di ancoraggi da realizzare sia:

- $n > 30$  nel caso di tirante
- $n > 50$  nel caso di barre o bulloni.

Per ogni tipo di ancoraggio e per ogni tipo di terreno o sito, si eseguiranno prove di rottura in numero:

- di 3 tiranti ogni 100, o frazione di 100,
- di 2 barre o bulloni ogni 100, o frazione di 100, e comunque non meno di 5 unità per zone omogenee di ammasso
- pari almeno al 4% dei chiodi, e comunque non meno di 5 unità per zone omogenee di ammasso.

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

Tali controlli sono a cura dell'Impresa.

### *Perforazioni*

Si dovrà verificare che per ogni tirante, barra o bullone posto in opera, l'Impresa dovrà fornire una scheda contenente, le seguenti informazioni:

modalità di perforazione (utensili, fluido, rivestimenti)  
tipo e caratteristiche dell'armatura  
tipo e modalità dell'iniezione  
valori di tensionamento

### *Predisposizione ed inserimento degli ancoraggi*

Si dovrà verificare che:

- tutti gli equipaggiamenti da immettere nel foro, siano essi tiranti, barre o chiodi, siano dotati delle attrezzature di corredo necessarie e prescritte dal progetto (ad esempio per i tiranti: testata, guaina di isolamento, sacco otturatore).
- Le dimensioni dei trefoli, delle barre o dei chiodi siano pari a quelli previsti in progetto.

Nel caso di allestimento di ancoraggi con tiranti o barre, da assoggettare a prova di carico a rottura, si dovrà verificare che gli ancoraggi sia stati realizzati secondo le caratteristiche della prova.

- Siano presenti le certificazioni previste, per ogni parte costituente l'equipaggiamento di ancoraggio.
- L'ancoraggio sia stato approntato nella maniera prescritta, come ad esempio sia stata adeguatamente ingrassata la superficie di contatto tra guaina e tratto libero di un tirante o di una barra.

### *Controlli sulle miscele cementizie*

In sede di posa in opera si dovranno effettuare le seguenti attività:

- Prelievo dei campioni, per ogni lotto di miscela preparata per le prove di compressione monoassiale.

- Correlazione tra il lotto, identificato dalla sua certificazione accompagnatoria e dai provini prelevati per le prove, e il numero identificativo degli ancoraggi per cui è impiegato.
- Verifica della fluidità ad ogni impasto, tale valore si potrà scostare al massimo di  $\pm 5$  secondi da quello misurato sulla miscela iniziale.
- Essudazione, all'inizio di ogni giornata lavorativa e comunque ogni 50 ancoraggi.

#### *Iniezione di miscele cementizie per cementazione di 1<sup>a</sup> fase*

Si dovrà verificare che avvenga il riempimento del foro, dell'eventuale sacco otturatore e del bulbo interno per tiranti definitivi.

#### *Iniezione selettive a pressioni e volume controllati di miscele cementizie*

Verificare che la pressione di apertura della valvola del tubo iniettore non superi i 60 bar.

Controllare che venga raggiunta in ogni iniezione la pressione di rifiuto.

Controllare che la pressione sia tale da non superare quella di "claquage" del terreno.

#### *Iniezioni di resine*

Si dovrà controllare:

L'esistenza in cantiere delle prescrizioni del produttore sui dosaggi dei componenti delle resine.

Che sia stato predisposto il tubo di sfiato.

Al termine dell'iniezione verificare che lo sfiato sia opportunamente occluso.

#### *Tensionamento degli ancoraggi e collaudi*

La DL dovrà essere presente a tutte le fasi di messa in tensione e di collaudo di ogni singolo ancoraggio.

Ai sensi della procedura di messa in tensione si farà riferimento ai seguenti carichi:

No	= 0.1 Nes	= forza di allineamento
Nes		= forza di esercizio
Nc	= 1.2 Nes	= forza di collaudo
Nt		= forza di tesatura.

il tensionamento avverrà attraverso le seguenti fasi:

- Viene applicato il carico di allineamento No; la corrispondente deformazione farà da riferimento per la misura dei successivi allungamenti.
- Il campo Nc - No viene diviso in  $n \geq 6$  gradini,  $\delta N$ ; ad ogni gradino si misureranno le corrispondenti deformazioni a carico costante mantenuto per un tempo:

$\delta t \geq 5$  minuti                      per ancoraggi in roccia o in terreni incoerenti;  
 $\delta t \geq 15$  minuti                      per ancoraggi nei terreni coesivi

- c) Raggiunto il carico  $N_c$ , il tirante viene scaricato sino al valore  $N_o$ , misurando il relativo allungamento residuo.
- d) Vengono inseriti i dispositivi per il bloccaggio e si provvede ad applicare il carico  $N_t$ .

Qualora non sia prevista l'esecuzione della prova di collaudo il carico di tensionamento viene applicato durante la fase "b", avendo suddiviso il campo  $N_t - N_o$  in  $n \geq 3$  gradini  $\delta N$ .

Per ciascun ancoraggio collaudato e/lo messo in tensione, l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la relativa documentazione, completa di tabelle e grafici.

Si dovrà verificare che le apparecchiature utilizzate per i tensionamenti di prova di collaudo siano provviste di certificato di taratura emesso da un Laboratorio Ufficiale;

Si dovrà verificare che l'entità dei carichi applicati, le modalità e i tempi di applicazione, sia in conformità con quanto sopra indicato

Si dovrà verificare che le letture strumentali vengano fatte correttamente e con il grado di precisione richiesto.

Si dovrà verificare che vengano applicati i dispositivi di bloccaggio.

Per ogni tirante eseguito l'Impresa dovrà fornire una scheda contenente le seguenti Indicazioni:

- n. del tirante e data di esecuzione
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione:
  - utensile
  - fluido
  - rivestimenti
- caratteristiche del tirante (armatura, lunghezza della fondazione) volume dell'iniezione di 1<sup>a</sup> fase
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
  - data
  - pressioni di apertura
  - volumi di assorbimento
  - pressioni raggiunte
- caratteristiche della miscela utilizzata:
  - composizione
  - peso specifico
  - viscosità Marsh
  - rendimento volumetrico o decantazione

dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di compressione a rottura

- allungamento sotto il carico di collaudo
- valore della forza di tensionamento.

#### *Controlli durante le prove a rottura*

La DL dovrà essere presente a tutte le fasi di prova a rottura di ogni singolo ancoraggio e dovrà verificare che:

- le apparecchiature utilizzate per l'applicazione dei carichi siano provviste di certificato di taratura emesso da un Laboratorio Ufficiale, con data non superiore ai 6 mesi;
- controllare che vengano rispettate le fasi, le modalità e le propedeuticità prescritte;
- verificare l'entità dei carichi applicati, le modalità ed i tempi di applicazione;

Verificare che le letture strumentali vengano fatte correttamente e con il grado di precisione voluto.

Tracciare i diagrammi forze-allungamenti.

### **2.7 Conglomerato cementizio spruzzato**

Il conglomerato cementizio, da applicare a spruzzo per il rivestimento di prima fase, dovrà essere confezionato nel rispetto delle prescrizioni di cui al presente Capitolato, dovrà presentare una  $R_{ck} \geq 30$  Mpa dopo 28 giorni, con una resistenza media a compressione monoassiale, dopo 48 ore dalla posa in opera, determinata su quattro campioni, che dovrà risultare non inferiore ai 13 Mpa.

Tali resistenze saranno determinate mediante l'uso di appositi pannelli confezionati con apposite casseforme tali da realizzare dei pannelli di dimensioni 60 cm \* 60 cm, e di 15 cm di spessore, collocati su una parete inclinata di  $10^\circ - 20^\circ$  ottenuti proiettando ortogonalmente a questa il conglomerato.

Tali pannelli dovranno fornire 6 - 8 provini di conglomerato con rapporto altezza/diametro pari a  $h/d = 2$  ed altezza pari a 10 cm.

Tali prelievi dovranno essere condotti ogni 200 mc di materiale posto in opera.

Oltre alle prove suddette in ogni caso dovranno essere prelevate direttamente dalla parete almeno 10 carote ogni 1000 metri cubi di conglomerato cementizio proiettato in opera sulle quali determinare la massa volumica e la resistenza a compressione monoassiale.

La media dei valori della massa volumica ricavati in sito non dovrà essere inferiore al 98% dei valori dichiarati nello studio preliminare di qualificazione.

Si dovranno accertare gli spessori dei rivestimenti posti in opera.

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

Tali controlli sono a cura dell'Impresa.

### **2.8 Conglomerato cementizio spruzzato fibrorinforzato**

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

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

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

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

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

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

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

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

La prova di assorbimento di energia dovrà essere condotta in fase preliminare e nella fase di controllo, su una piastra quadrata di dimensioni 60\*60\*10 cm, ricavata da un pannello di conglomerato cementizio proiettato messo in opera su una parete verticale.

Dopo una maturazione di 28 giorni la suddetta piastra viene poggiata su di un supporto metallico quadrato tale da avere una luce libera di 50\*50 cm, con la superficie di proiezione rivolta verso il basso, e caricata centralmente da un punzone avente superficie di impronta quadrata pari 100 cm<sup>2</sup>, con una velocità di deformazione pari a 1,5 mm/min.

Durante la fase di carico verranno registrate le coppie dei valori sforzo-deformazione fino al raggiungimento di una deformazione di 25 mm.

A tale deformazione arrestare la prova, asportare il provino e fotografarlo.

L'energia assorbita in quel momento dovrà risultare non inferiore a 500 Joule (Nmm).

La prova di assorbimento di energia oltre, dovrà essere eseguita ogni 1000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo proiettato posto in opera.

Si dovranno accertare gli spessori dei rivestimenti posti in opera.

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

Tali controlli sono a cura dell'Impresa.

## **2.9 Conglomerato cementizio gettato in opera**

Il conglomerato cementizio gettato in opera dovrà soddisfare le prescrizioni ed i controlli previsti per le opere di conglomerato cementizio.

Oltre alle prove richieste in tale punto in ogni caso dovranno essere prelevate direttamente dalla parete almeno 10 carote ogni 2500 metri cubi di conglomerato cementizio gettato in opera sulle quali determinare la massa volumica e la resistenza a compressione monoassiale.

Prima dell'esecuzione dei getti, si dovrà verificare che il calcestruzzo sia posto in opera su superfici e riprese di getto opportunamente preparate e pulite secondo le indicazioni di progetto.

Si dovrà verificare che le modalità di getto siano conformi alle indicazioni del presente Capitolato.

Si dovrà verificare che la cassaforma e l'armatura eventualmente presente siano opportunamente collocate e che lo spessore del rivestimento sia quello di progetto.

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

## **2.10 Drenaggi**

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

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

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

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

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

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

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

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

Tali controlli sono a cura dell'Impresa.



## **2.11 Impermeabilizzazione**

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

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

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

Il tutto a cura e spese dell'Impresa.

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

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

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

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

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

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

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

## **2.12 Preconsolidamento del fronte di scavo**

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

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

Il tutto a cura e spese dell'Impresa.

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

- identificazione di ciascun tubo, con riferimento alla sezione tipo di progetto;

- data di esecuzione delle perforazioni e delle relative iniezioni;
- lunghezza di ciascun tubo;
- assorbimento di miscela nell'iniezione di ciascun tubo;
- eventuale additivo impiegato.

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

Nel corso delle operazioni di iniezione, si dovranno prelevare campioni della miscela di iniezione, almeno ogni 50 tubi posti in opera, e comunque con frequenza giornaliera, con le medesime procedure indicate nel punto 2.6, e sui quali si dovranno effettuare i medesimi accertamenti ivi previsti.

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

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

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

### **2.13 Iniezioni**

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

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

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

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

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

- per ogni punto di iniezione:

- data di inizio e termine della perforazione, nonché le sue modalità;
- profondità di perforazione, lunghezza e lunghezza del tubo di iniezione e sue caratteristiche;
- numero delle valvole di iniezione;
- per ogni valvola di iniezione, i seguenti parametri di iniezione assegnati in sede progettuale:

- volume massimo  $V_{max}$  (litri);
- portata (litri/min);
- eventuale pressione massima  $p_{max}$ .

In relazione ai diversi tipi di comportamento del terreno:

- pressione iniziale di rottura della valvola  $p_0$  (bar);
- pressione al termine dell'iniezione  $p_{fim}$ ,  $p_{creack}$ ,  $p_{rif}$  (bar);
- assorbimento di miscela  $V_{in}$  (litri);
- tempo di iniezione (t);
- portata (litri/min) dell'eventuale iniezione di II<sup>a</sup> fase;
- pressione iniziale e finale dell'eventuale iniezione di II<sup>a</sup> fase;
- tipi e quantità degli additivi acceleranti ed antiritiro impiegati;
- caratteristiche della miscela utilizzata:

- composizione;
- peso specifico;
- viscosità Marsh;
- decantazione;
- dati per la identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di laboratorio (resistenza a compressione monoassiale).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **2.14 Infilaggi**

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

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

Per quanto riguarda la miscela di iniezione si ritengono valide le indicazioni riportate nel punto 2.6 del presente Capitolato, valido per gli ancoraggi.

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

- identificazione dell'infilaggio;
- data di inizio perforazione e termine iniezione, nonché sue modalità;
- profondità della perforazione, con inizio e fine tratto armato;

- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione e sue caratteristiche.

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

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

## **2.15 Jet – grouting**

Prima di procedere alla esecuzione di colonne di terreno consolidato, l'Impresa dovrà eseguire a sua cura e spese una serie di "colonne di prova" atte a dimostrare l'idoneità e la fattibilità delle modalità prescelte, nonché a determinare i valori ottimali delle pressioni di iniezione, delle velocità di rotazione e di estrazione delle aste, e dei dosaggi della miscela.

Le colonne di prova saranno eseguite in terreni aventi caratteristiche identiche a quelle su cui si dovrà operare.

Il numero e le lunghezze delle colonne di prova saranno concordate con la Direzione Lavori sulla base della eterogeneità dei terreni da trattare, dei parametri progettuali e dell'importanza dell'intervento.

Successivamente, a cura e spese dell'Impresa, la serie di prove sarà scoperta per almeno 5 m e sottoposta ad esame visivo al fine di verificarne: diametro reso, regolarità, buona conformazione e, ove richiesta, l'avvenuta compenetrazione.

Su alcune delle colonne di prova sarà eseguito un carotaggio continuo di diametro non inferiore a 100 mm per l'intera lunghezza della colonna. La percentuale di carotaggio estratto non dovrà risultare inferiore all'85% della lunghezza teorica della colonna ed il valore dell'R.Q.D. non dovrà essere inferiore al 70%.

Le carote estratte da ciascun sondaggio dovranno essere catalogate in apposite cassette ed accompagnate da una descrizione dettagliata del grado di continuità dei campioni estratti, della lunghezza di ciascun pezzo di carota, del numero dei giunti e della eventuale presenza di lenti di terreno non consolidato.

Saranno inoltre eseguite prove di laboratorio su campioni indisturbati per accertare rigidità, resistenza e, ove richiesto, permeabilità del materiale consolidato.

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

Qualora la serie delle colonne di prova non fornisse soddisfacenti garanzie in ordine alla regolarità ed alla buona conformazione delle colonne stesse o i risultati dei carotaggi e delle prove in sito ed il laboratorio fossero giudicati inaccettabili, si renderà necessaria la realizzazione di nuove serie di colonne di prova fino ad ottenere risultati soddisfacenti.

Nel caso in cui ciò non risultasse possibile per la natura dei terreni, il trattamento colonnare dovrà essere considerato irrealizzabile.

In fase di realizzazione dell'opera, l'esecuzione di ogni trattamento colonnare, sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la DL, di una apposita scheda sulla quale dovranno essere registrati i seguenti dati:

- identificazione della colonna;
- data di inizio della perforazione e termine di iniezione;
- profondità e modalità di perforazione con inizio e fine tratto consolidato;
- durata dell'iniezione;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- tipo e quantitativo di additivi eventualmente impiegati;
- eventuale armatura, sua lunghezza e caratteristiche.

I materiali costituenti la singola armatura dovranno essere certificati dal produttore, in modo da soddisfare le indicazioni riportate nel presente Capitolato.

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

I controlli in fase esecutiva, sui trattamenti colonnari, da eseguire a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della DL, dovranno essere finalizzati a verificare la congruenza dei risultati conseguiti in sede operativa con quelli definiti nella fase sperimentale e nel rispettare le tolleranze richieste.

Il diametro delle colonne e la resistenza a compressione monoassiale dovranno essere accertati mediante carotaggio a rotazione con batteria di aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6S con corone diamantate di diametro nominale,  $\geq 100$  mm, con la frequenza di almeno 3 carotaggi ogni 50 colonne eseguite.

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

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

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

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

Da ogni carota verranno selezionati alcuni spezzoni da sigillare con paraffina entro fustelle in PVC e da inviare in Laboratorio per le prove di resistenza a compressione, con rilievo della curva sforzi deformazioni, da eseguire per i tempi di maturazione corrispondenti a quelli dell'effettivo utilizzo

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

Il corretto posizionamento delle colonne, la lunghezza e le eventuali deviazioni dell'asse saranno verificati mano a mano che procedono gli scavi in sotterraneo.

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

#### **2.16 Precontenimento mediante volta continua in elementi tronco-conici (Pretaglio)**

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

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

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