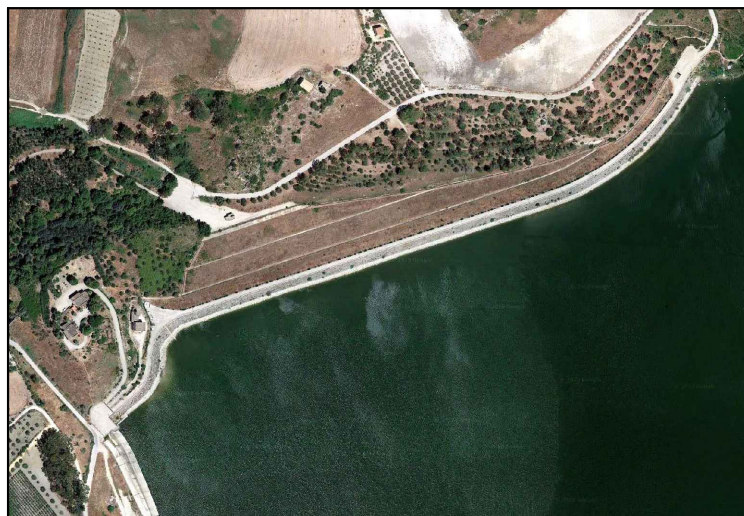




ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ
DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI
SERVIZIO 3 - PROGRAMMAZIONE ED ESECUZIONE INTERVENTI INFRASTRUTTURE PER LE ACQUE

PROGETTO DEI LAVORI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL SISTEMA
DI TENUTA DELLA DIGA SAN GIOVANNI NEL TERRITORIO
DEL COMUNE DI NARO (AG) (SCHEDA INTERVENTO N. 080)

CUP: G29E18000040001 - CIG: 7725373B77



RTP

mandatario

mandanti

PRO-GEO
progettazione geotecnica

S P A I
SOCIETÀ DI INGEGNERIA

s.i.a.

STUDIO INGEGNERI ASSOCIATI

Studio di Geologia

G. Graziano e M. Masi

Studio di Ingegneria

Ing. E. Giannone Codiglione



PROGETTO ESECUTIVO

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO (R.U.P.) :

Dott. Ing. Salvatore Stagno

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
TRA LE VARIE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE :

Dott. Ing. Pietro Umiltà

TITOLO ELABORATO:

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
NORME TECNICHE

ELABORATO N° :

EAM.9.6.2

		ELABORATO		CONTROLLATO		APPROVATO	
SIGLA		P. Umiltà		A. Bruccheri		P. Umiltà	
REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE				
	0	DIC 2021	Emissione elaborati progetto esecutivo				
	1						
	2						

DATA :

DICEMBRE 2021

SCALA :

Sommario

PARTE SECONDA.....	7
Specificazione delle prescrizioni tecniche	7
art. 43, comma 3, lettera b), del Regolamento generale	7
Art. 1 - Premessa -	7
Art. 2 - Qualita' e provenienza dei materiali -	7
Art. 3 - Generalità	10
Art. 4 - Bonifica da ordigni esplosivi residuati bellici nelle aree interessate dai lavori	10
Art. 5 - Tracciamenti	12
Art. 6 - Collocamento in opera di materiali forniti dall'amministrazione	13
Art. 7 - Scavi in genere	13
Art. 8 - Scavi di sbancamento	13
Art. 9 - Scavi di fondazione e subacquee, prosciugamenti	13
Art. 10 - Rilevati e rinterri	14
Art. 11 - Rilevati e rinterri addossati alle murature e riempimenti con pietrame	15
Art. 12 - Armature e sbadacchiature speciali per gli scavi di fondazioni	16
Art. 13 - Paratie o casseri	16
Art. 14 - Malte e conglomerati	16
Art. 15 - Demolizioni e rimozioni	18
Art. 16 - Trasposto del materiale di scavi e demolizioni e conferimento a discarica	18
Art. 17 - Calcestruzzi e cemento armato	19
Art. 18 - Conglomerato cementizio proiettabile (spritzbeton) fibrorinforzato	20
Art. 19 - Resine espandenti.....	21
Art. 20 - Murature e riempimenti in pietrame a secco - Gabbionate.....	21
Art. 21 - Murature di pietrame con malta.....	21
Art. 22 - Paramenti per le murature di pietrame.....	22
Art. 23 - Muratura in pietra di tufo	23
Art. 24 - Murature di mattoni.....	23
Art. 25 - Opere in ferro	24
Art. 26 - Opere da vetraio	25
Art. 27 - Opere da stagnaio.....	25
Art. 28 - Opere da pittore	26
Art. 29 - Strutture in vetro-cemento armato	27
Art. 30 - Pali di fondazione	27
30.1 - Definizioni.....	28
30.1.1 - Pali infissi	28
30.1.2 - Pali trivellati.....	28
30.1.3 - Pali trivellati ad elica continua.....	28
30.1.4 - Pali con morsa giracolonna	28
30.1.5 - Micropali.....	28
30.2 - PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO	28
30.2.1 - Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)	28
30.2.2 - Pali trivellati ad elica continua.....	29
30.3 - ATTREZZATURE DI SCAVO.....	29
30.4 - TOLLERANZE DIMENSIONALI	29
30.5 - MATERIALI	29
30.5.1 - Armature metalliche.....	29
30.5.2 - Rivestimenti metallici	30
30.5.3 - Fanghi bentonitici.....	30
30.6 - MODALITÀ ESECUTIVE.....	30
30.6.1 - Pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo	30
30.6.1.1 - Attrezzatura.....	30
30.6.1.2 - Tubi di rivestimento	31
30.6.1.3 - Mandrino	31
30.6.1.4 - Infissione	31
30.6.1.5 - Armature	32
30.6.2 - Pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile.....	32
30.6.2.1 - Attrezzatura.....	32
30.6.2.2 - Tubi di rivestimento	32

30.6.2.3 -	Infissione	32
30.6.2.4 -	Armature	32
30.6.2.5 -	Getto del calcestruzzo	32
30.6.3 -	Pali vibro-infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio	32
30.6.3.1 -	Attrezzatura	32
30.6.3.2 -	Infissione del tubo forma	32
30.6.3.3 -	Posa dell'armatura e getto del calcestruzzo	32
30.6.3.4 -	Controlli e documentazione	33
30.6.4 -	Pali battuti prefabbricati	33
30.6.4.1 -	Prefabbricazione dei pali	33
30.6.4.2 -	Giunzione dei pali	33
30.6.4.3 -	Protezione della punta	33
30.6.4.4 -	Attrezzatura	33
30.6.4.5 -	Infissione	33
30.6.4.6 -	Controlli e documentazione	34
30.6.5 -	Pali trivellati con fanghi bentonitici	34
30.6.5.1 -	Attrezzatura	34
30.6.5.2 -	Preparazione del fango bentonitico	34
30.6.5.3 -	Perforazione	34
30.6.5.4 -	Armature	34
30.6.5.5 -	Getto del calcestruzzo	34
30.6.5.6 -	Controlli e documentazione	35
30.6.6 -	Pali trivellati con rivestimento provvisorio	35
30.6.6.1 -	Attrezzature	35
30.6.6.2 -	Tubi-forma	36
30.6.6.3 -	Perforazione	36
30.6.6.4 -	Armature	36
30.6.6.5 -	Getto del calcestruzzo	36
30.6.6.6 -	Controlli e documentazione	36
30.6.7 -	Pali trivellati ad elica continua	36
30.6.7.1 -	Attrezzature	36
30.6.7.2 -	Perforazione	36
30.6.7.3 -	Armatura	36
30.6.7.4 -	Getto del calcestruzzo	36
30.6.7.5 -	Controlli e documentazione	37
30.6.8 -	Pali con morsa giracolonna	37
30.6.8.1 -	Pali compenetrati	37
Art. 31 -	Tubazioni degli impianti di adduzione dell'acqua e gas, fognature, ecc.	37
31.1 -	Tubi in acciaio	37
31.1.1 -	Tolleranze	38
31.1.2 -	Tipologie tubi	38
31.1.2.1 -	Tubi senza saldatura	38
31.1.2.1.1.	Norme di riferimento	38
31.1.2.2 -	Tubi con saldatura	39
31.1.3 -	Designazione e marcatura dei materiali	39
31.1.4 -	Rivestimento interno	39
31.1.4.1 -	Norme di riferimento:	39
31.1.5 -	Rivestimento esterno	39
31.2 -	Tubazioni in gres	40
31.2.1 -	Norme di riferimento	40
31.3 -	Tubazioni in PVC	41
31.3.1 -	Tubi per condotte interrate di convogliamento di gas combustibili	41
31.3.2 -	Designazione e marcatura	41
31.3.3 -	Raccordi	41
31.3.4 -	Giunzioni	41
31.4 -	Tubazioni di fibrocemento	42
31.4.1 -	Tubi di fibrocemento per fognature e sistemi di scarico per sistemi a gravità	42
31.4.2 -	Marcatura e denominazione	42
31.4.3 -	Giunti, raccordi e guarnizioni	43
31.4.4 -	Controllo della qualità	43

31.5 -	Tubi in polietilene reticolato (PE-X).....	43
31.6 -	Tubi in polipropilene (PP)	43
31.7 -	Tubi in polietilene ad alta densità (PE ad)	43
31.7.1 -	Raccordi per le tubazioni per la distribuzione dell'acqua	43
31.7.2 -	Designazione e marcatura	44
31.7.3 -	Norme di riferimento	44
31.8 -	Tubi in rame.....	44
31.8.1 -	Impieghi.....	44
31.8.2 -	Designazione	45
31.8.3 -	Tolleranze	45
31.8.4 -	Condizioni dello stato superficiale	45
31.8.5 -	Prove di curvatura, allargamento e bordatura	45
31.8.6 -	Verifica di qualità.....	45
31.8.7 -	98.8.7 Marcatura	45
31.8.8 -	Prove per verificare l'assenza di difetti	45
31.9 -	Tubi in ghisa sferoidale	46
31.9.1 -	Rivestimento interno.....	47
31.9.1.1 -	Rivestimento esterno	47
31.9.2 -	Raccordi	47
31.9.3 -	Protezione esterna in polietilene	47
31.9.4 -	Requisiti di accettazione.....	47
31.9.5 -	Marcatura dei tubi e raccordi.....	47
31.10 -	Tubi in alluminio	47
31.11 -	Valvole.....	47
31.12 -	Pompe	48
Art. 32 -	Ancoraggi - Tiranti (in barre, trefoli e funi), bulloni e chiodi	48
32.1 -	Classificazione, definizione e normative	48
32.1.1 -	Classificazione.....	48
32.1.2 -	Definizioni.....	48
32.1.3 -	Normative di riferimento	49
32.2 -	Soggezioni geotecniche ed ambientali	49
32.3 -	Elementi costitutivi dei tiranti e dei bulloni	49
32.4 -	Prove preliminari.....	50
32.5 -	Tolleranze.....	50
32.6 -	Materiali	50
32.7 -	Modalità esecutive	53
32.7.1 -	Tiranti di ancoraggio.....	53
32.7.2 -	Bulloni.....	55
32.7.3 -	Chiodi.....	56
32.8 -	Procedure di tensionamento.....	56
32.9 -	PROVE DI CARICO	57
32.9.1 -	Generalità.....	57
Art. 33 -	Dreni, trincee drenanti e pozzi drenanti	57
33.1 -	Dreni verticali prefabbricati.....	58
33.2 -	Dreni in sabbia.....	58
33.3 -	Microdreni.....	59
33.4 -	Trincee drenanti	60
33.5 -	Pozzi drenanti.....	61
Art. 34 -	Opere di ingegneria naturalistica	61
34.1 -	Conservazione e recupero delle piante esistenti nella zona - eventuale taglio della vegetazione	61
34.2 -	Accantonamento degli strati fertili del suolo e del materiale di scavo	61
34.3 -	Approvvigionamento di acqua	61
34.4 -	Pulizia dell'area del cantiere	61
34.5 -	Norme per misurazione e valutazione di lavori e somministrazioni	61
34.6 -	Lavori e somministrazioni in economia	61
34.7 -	Garanzia di attecchimento	62
34.8 -	Responsabilità dell' impresa nel corso dei lavori	62
34.9 -	Materiali	62
34.10 -	Materiale agrario.....	62
34.11 -	Terra di coltivo riportata	62

34.12 - Concimi minerali ed organici	62
34.13 - Ammendanti e correttivi	63
34.14 - Pacciamatura	63
Per i prodotti da pacciamatura forniti sfusi la Direzione Lavori si riserva la facoltà di valutare di volta in volta qualità e provenienza	63
34.15 - Fitofarmaci	63
34.16 - Pali di sostegno, ancoraggi e legature	63
34.17 - Acqua	63
34.18 - Materiale vegetale	63
34.19 - Alberi	64
34.20 - Arbusti e cespugli	65
34.21 - Talee	65
34.22 - Bulbose, tuberose, rizomatose	65
34.23 - Sementi	65
34.24 - Lavorazioni preliminari	65
34.25 - Lavorazione del suolo	66
34.26 - Tracciamenti e picchettature	66
34.27 - Preparazione delle buche e dei fossi	66
34.28 - Idrosemina	66
34.29 - Stabilizzazione corticale di versanti mediante piantumazione	67
34.30 - Trapianto rizomi e di cespi	67
34.31 - Viminata	67
34.32 - Gradonata	67
34.33 - Messa a dimora di alberi, arbusti e cespugli	68
34.34 - Messa a dimora di astoni contestualmente alla realizzazione di una gabbionata	68
34.35 - Protezione delle piante messe a dimora	68
34.36 - Irrigazioni	69
34.37 - Eliminazione e sostituzione delle piante morte	69
34.38 - Controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere	69
Art. 35 - Monitoraggio geotecnico	69
Premessa	69
35.1 - Sondaggi geotecnici	69
Generalità	69
Attrezzature di perforazione	69
Perforazioni a distruzione di nucleo	70
Perforazioni a carotaggio continuo	70
Utensili di perforazione	70
Utensili di pulizia fondo del foro	71
Stabilizzazione del foro di sondaggio	71
Rivestimenti provvisori	71
Stabilizzazione con immissione di fanghi	71
Stabilizzazione a mezzo di carico d'acqua	71
Stabilizzazione a mezzo di cementazione del foro	72
Stabilità al fondo del foro	72
Pulizia del fondo del foro	72
Campionamento in foro e prove geotecniche	72
Controllo della lunghezza delle batterie inserite in foro	72
Fluidi di circolazione	72
Perforazione in materiali litoidi	73
Strumenti di controllo e prova	73
Chiusura e sistemazione finale del foro	73
Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie	73
Sistemazione sul piano campagna della bocca di sondaggio	73
35.2 - Strumentazione geotecnica	73
Generalità	73
Piezometro a tubo aperto in foro di sondaggio	74
Preparazione del foro	74
Installazione	74
Documentazione	75
Piezometro di Casagrande	75

Strumentazione	75
Cella piezometrica o Casagrande	75
Tubi di misura e di spurgo	75
Modalità di installazione	76
Documentazione	76
Piezometri elettrici	76
Preparazione del foro	77
Modalità di installazione	77
Documentazione	78
Piezometro elettropneumatico	78
Strumentazione	78
Installazione	78
Modalità esecutive	79
Misure	79
Documentazione	80
Sistemazione esterna per qualsiasi tipo di piezometro	80
Installazione e letture di tubi inclinometrici	80
Sonda inclinometrica	81
Cavo	81
Centralina di misura	81
Installazione di tubi per prove geofisiche "cross-hole"	86
Art. 36 - Iniezioni	90
36.1 - Generalità	90
36.2 - Soggezioni geotecniche ed ambientali	90
36.3 - Prove tecnologiche preliminari	90
36.4 - Tolleranze	91
36.5 - materiali	91
36.6 - Modalità esecutive	92
Art. 37 - Norme per la misurazione e valutazione dei lavori -	94
37.1 - Scavi in Genere	94
37.2 - Rilevati e Rinterri	94
37.3 - Riempimenti con Misto Granulare	94
37.4 - Murature in Genere	94
37.5 - Murature in Pietra da Taglio	95
37.6 - Calcestruzzi	95
37.7 - Conglomerato Cementizio Armato	95
37.8 - Gabbioni Metallici	96
37.9 - Manufatti in ferro – Parapetti in ferro tubolare	96
37.10 - Rivestimenti	96
37.11 - Fornitura in Opera dei Marmi, Pietre Naturali od Artificiali	96
37.12 - Lavori di Metallo	96
37.13 - Approntamento e trasporto dell'attrezzatura di perforazione	97
37.14 - Installazione dell'attrezzatura per l'esecuzione di sondaggi a rotazione	97
37.15 - Realizzazione di piste di accesso e o di piazzole	97
37.16 - Approvvigionamento dell'acqua necessaria alla perforazione	97
37.17 - Perforazione ad andamento verticale	97
37.18 - Perforazione a rotazione a carotaggio continuo di conglomerati bituminosi o cementizi, armati e non	97
37.19 - Perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a distruzione di nucleo	97
37.20 - Piezometro a tubo aperto in PVC	97
37.21 - Piezometri tipo Casagrande a doppio tubo	97
37.22 - Esecuzione di misura in piezometro	97
37.23 - Cella piezometrica elettrica	97
37.24 - Piezometro elettropneumatico	98
37.25 - Tubo inclinometrico in alluminio o altro materiale	98
37.26 - Collaudo di tubazione inclinometrica	98
37.27 - Esecuzione di misura su tubi inclinometrici	98
37.28 - Installazione di tubi in PVC per prove sismiche	98
37.29 - Pozzetti metallici (flange) a protezione della strumentazione	98
37.30 - Pozzetti di protezione in cls	98
37.31 - Lavori vari	98

PARTE SECONDA
Specificazione delle prescrizioni tecniche
art. 43, comma 3, lettera b), del Regolamento generale

CAPO 13. QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

Art. 1 - Premessa -

Tutti i materiali devono essere della migliore qualità, rispondenti alle norme del D.P.R. n° 246 del aprile 1993 (Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE) sui prodotti da costruzione e corrispondere a quanto stabilito nel presente capitolato speciale; ove esso non preveda espressamente le caratteristiche per l'accettazione dei materiali a piè d'opera, o per le modalità di esecuzione delle lavorazioni, si stabilisce che, in caso di controversia, saranno osservate le norme U.N.I., le norme C.E.I., le norme C.N.R., le quali devono intendersi come requisiti minimi. La Direzione lavori ha la facoltà di richiedere la presentazione del campionario di quei materiali che riterrà opportuno e che l'Esecutore intende impiegare, prima che essi vengano approvvigionati in cantiere.

Inoltre sarà facoltà dell'Amministrazione appaltante chiedere all'Esecutore di presentare in forma dettagliata e completa tutte le informazioni utili per stabilire la composizione e le caratteristiche dei singoli elementi componenti le miscele come le paste di cemento, i conglomerati in calcestruzzo, ovvero tutti i presupposti e le operazioni necessarie per l'elaborazione progettuale delle diverse paste, malte e conglomerati che l'Impresa ha intenzione di mettere in opera per l'esecuzione dei lavori.

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

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 dell'Impresa stessa.

Le opere verranno eseguite secondo un programma dei lavori presentato e disposto dall'Esecutore, previa accettazione dell'Amministrazione appaltante, o in base alle disposizioni che verranno ordinate di volta in volta dalla Direzione dei lavori.

Resta invece di esclusiva competenza dell'Impresa la loro organizzazione per aumentare il rendimento della produzione lavorativa.

Rimane comunque espressamente stabilito che le lavorazioni di pulizia e decespugliamento dovranno precedere tutte le altre lavorazioni previste in progetto a meno di specifiche e motivate autorizzazioni del Direttore dei Lavori e su conforme parere del Responsabile per la Sicurezza.

Tutte le seguenti prescrizioni tecniche valgono salvo diversa o ulteriore indicazione più restrittiva espressa nell'elenco prezzi di ogni singola lavorazione, oppure riportate sugli altri elaborati progettuali.

Art. 2 - Qualita' e provenienza dei materiali -

1) CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE

I materiali da impiegare per i lavori previsti nel presente appalto dovranno corrispondere come caratteristiche a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia.

In particolare, secondo quanto previsto nel D.M. 17 gennaio 2018 (cap. 11), i materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle presenti norme, devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *qualificati* sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

- A) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura CE, prevista dalla Direttiva 89/106/CEE "Prodotti da costruzione" (CPD), recepita in Italia dal DPR 21/04/1993, n. 246, così come modificato dal DPR 10/12/1997, n. 499;
- B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma

armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;

- C) materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non citati nel presente capitolo e non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi il produttore potrà pervenire alla Marcatura CE in conformità a Benestare Tecnici Europei (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi a d altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalente sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

Per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile. Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.

Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici potrà attivare un sistema di vigilanza presso i cantieri e i luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle presenti disposizioni, ai sensi dell'art. 11 del DPR n. 246/93.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato di volta in volta nel seguito, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi dell'art. 18 della Direttiva n. 89/106/CEE;
- b) laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 3830/2001;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale.

Qualora si applichino specifiche tecniche europee armonizzate, ai fini della marcatura CE, le attività di certificazione, ispezione e prova dovranno essere eseguite dai soggetti previsti nel relativo sistema di attestazione della conformità. I produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati nella presente norma devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ad essere a disposizione di qualsiasi soggetto od ente di controllo che ne abbia titolo.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN armonizzate, di cui alla Dir. 89/106/CEE ed al DPR 246/93, contenuto nella presente norma deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato. Il richiamo alle specifiche tecniche volontarie EN, UNI e ISO contenute nella presente norma deve intendersi riferito alla data di pubblicazione se indicata, ovvero, laddove non indicata, all'ultima versione aggiornata.

L'Esecutore sarà tenuto a dare tempestivo avviso dell'arrivo in officina dei materiali approvvigionati di modo che, prima che ne venga iniziata la lavorazione, la Direzione dei lavori possa disporre il prelievo dei campioni da sottoporre alle prescritte prove di qualità ed a "test" di resistenza.

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

I materiali proverranno da località o fabbriche che l'Esecutore riterrà di sua convenienza, purché abbiano i requisiti indicati nelle norme per l'esecuzione dei lavori e siano state conseguentemente autorizzate.

Qualora la Direzione dei lavori rifiuti una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Esecutore dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche richieste.

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

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni agli Istituti indicati dalla stazione appaltante.

Per le spese relative alle prove ed esami valgono le disposizioni dell'art. 15, commi 7 e 8 del Capitolato Generale d'Appalto. rispettivamente relative alle verifiche tecniche obbligatorie (comma 7°) ed alle ulteriori prove richieste perché ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. (comma 8°).

Le diverse prove ed esami sui campioni verranno effettuate presso laboratori ufficiali; la Direzione Lavori potrà, a suo giudizio, autorizzare l'esecuzione delle prove presso altri laboratori di sua fiducia.

2) CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Con riferimento a quanto stabilito nelle condizioni generali di accettazione, i materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati. La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta di volta in volta, in base al giudizio della Direzione Lavori, la quale, per i materiali da acquistare, si assicurerà che provengano da produttori di provata capacità e serietà.

a) Acqua

Dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui l'acqua medesima è destinata e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971 (D.M. 1/4/1983 e s.m.i.);

b) Leganti idraulici - Calci aeree - Pozzolane

Dovranno corrispondere alle prescrizioni:

- della Legge 26/5/1965 n° 595;
- delle "Norme sui requisiti di accettazione modalità di prova dei leganti idraulici" D.M. 14/1/1966 modificato con D.M. 3/6/1968 e D.M. 31/8/1972;
- delle "Norme per l'accettazione dei calci aeree" R.D. 16/11/1939 n° 2231;
- delle "Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico", R.D. 16/11/1939 n° 223;
- di altre eventuali successive norme che dovessero essere emanate dai competenti organi.

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso, in perfetto stato di conservazione.

Il loro impiego nella preparazione di malte e calcestruzzi dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori regole d'arte. Durante il corso della fornitura dei leganti, l'Impresa dovrà a sua cura e spesa far eseguire periodicamente, da laboratori ufficiali o da altri laboratori di fiducia della Direzione dei lavori, prove sui leganti stessi, fornendo copia dei relativi certificati alla Direzione dei lavori.

c) Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge n° 1086 del 5/11/1971 (D.M. 1/4/1983 e s.m.i.).

Le dimensioni massime degli inerti costituenti la miscela dovranno essere le maggiori fra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare il diametro massimo di cm 5 se si tratta di lavori correnti di fondazione e di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di parete o simili; di cm 4 se si tratta di getti per volti; di cm 3 se si tratta di cementi armati; di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di spessore limitato.

d) Materiali ferrosi

Saranno esenti da saldature e da qualsiasi altro difetto.

- Acciai per tiranti: dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n° 1086 (D.M. 1/4/1983 e successivi aggiornamenti).
- Barre per ancoraggio: saranno in acciaio B450C, del tipo ad aderenza migliorata, e dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n° 1086 (D.M. 1/04/1983 e s.m.i.).
- Acciaio per chiodature: saranno in acciaio, ad aderenza migliorata del tipo B450C, e dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n° 1086 (D.M. 1/4/1983 e s.m.i.);
- Funi di ancoraggio: saranno in trefoli di acciaio ad anima metallica e dovranno essere rispondenti alla normativa DIN prevista in progetto; dovranno essere costituite di fili di classe di resistenza non inferiore a 1960 KN/mm²; le funi spirodali degli ancoraggi saranno del tipo fortemente zincate secondo la normativa DIN 2078 (minimo 230 gr/mq);
- Morsetteria: dovrà rispondere alla normativa DIN prevista in progetto.

Le unioni dei vari elementi componenti le strutture od i manufatti dovranno essere realizzate conformemente alle prescrizioni di progetto ed in particolare le unioni saldate potranno essere eseguite mediante procedimenti di saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti o con procedimenti automatici ad arco sommerso o sotto gas protettivo o con altri procedimenti previamente approvati dalla Direzione dei lavori. In ogni caso i procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore, praticamente esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non

minore di quella del metallo base.

La preparazione dei lembi da saldare sarà effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi, al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità. Per le saldature degli elementi strutturali in acciaio dovranno altresì essere rispettate le disposizioni di cui ai punti 2.4., 6.5. e 6.10.3. del D.M. 27 luglio 1985.

Sia in officina che in cantiere le saldature da effettuare con elettrodi rivestiti dovranno essere eseguite da saldatori che abbiano superato, per la relativa qualifica, le prove richieste dalla UNI 4634. Per le costruzioni tubolari si farà riferimento anche alla UNI 4633 per i giunti di testa.

Qualunque fosse il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie delle saldature dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con materiale di base. Tutti i lavori di saldatura dovranno essere eseguiti al riparo da pioggia, neve o vento, salvo l'uso di speciali precauzioni; saranno inoltre sospesi qualora la temperatura ambiente dovesse scendere sotto -5°C.

Per le strutture più complesse delle barriere e dei pannelli di rete a funi, se disposto dalla Direzione dei lavori, dovrà essere eseguito il montaggio provvisorio in officina; tale montaggio potrà anche essere eseguito in più riprese, purché siano sempre controllati tutti i collegamenti; del montaggio stesso si dovrà approfittare per eseguire le necessarie operazioni di marcatura.

Nel caso di strutture complesse costruite in serie sarà sufficiente il montaggio di prova del solo campione, purché il montaggio venga eseguito con procedimenti equivalenti a quelli che verranno utilizzati durante la posa in opera definitiva.

L'Esecutore sarà tenuto a notificare, a tempo debito, l'inizio del montaggio provvisorio in officina di manufatti e strutture, o relative parti, affinché la Direzione dei lavori possa farvi presenziare, se lo ritiene opportuno, i propri incaricati. I pezzi presentati all'accettazione provvisoria dovranno essere esenti da verniciatura. Quelli rifiutati saranno marcati con un segno apposito, chiaramente riconoscibile, dopo di che saranno subito allontanati dal cantiere.

Il controllo di qualità dei manufatti sarà eseguita in officina od in cantiere, secondo i casi e prima del collocamento in opera, verbalizzando i risultati in contraddittorio, fra la Direzione dei lavori e l'Esecutore.

L'Esecutore è tenuto altresì ad indicare l'origine dei componenti dei materiali e lo stabilimento di produzione.

In accordo con quanto indicato dall'art. 34 del D.Lgs. n. 50/2016, nel presente appalto di lavori per la scelta dei materiali da impiegare dovranno essere rispettate le specifiche tecniche contenute nei Criteri Ambientali Minimi (CAM), adottati con D.M. MATTM del 24/12/2015 e s.m.i.

CAPO 14. NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Art. 3 - Generalità

L'Appaltatore, oltre alle modalità esecutive prescritte per ogni categoria di lavoro, è obbligato ad impiegare ed eseguire tutte le opere provvisorie ed usare tutte le cautele ritenute a suo giudizio indispensabili per la buona riuscita delle opere e per la loro manutenzione e per garantire da eventuali danni o piene sia le attrezzature di cantiere che le opere stesse.

La posa in opera di qualsiasi materiale, apparecchio o manufatto, consisterà in genere nel suo prelevamento dal luogo di deposito, nel suo trasporto in sito (intendendosi con ciò tanto il trasporto in piano o in pendenza, che il sollevamento in alto o la discesa in basso, il tutto eseguito con qualsiasi sussidio o mezzo meccanico, opera provvisoria, ecc.), nonchè nel collocamento nel luogo esatto di destinazione, a qualunque altezza o profondità ed in qualsiasi posizione, ed in tutte le opere conseguenti.

L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire il collocamento di qualsiasi opera od apparecchio che le venga ordinato dal Direttore dei lavori, anche se forniti da altre ditte.

Il collocamento in opera dovrà eseguirsi con tutte le cure e cautele del caso; il materiale o manufatto dovrà essere convenientemente protetto, se necessario, anche dopo collocato, essendo l'Appaltatore unico responsabile dei danni di qualsiasi genere che potessero essere arrecati alle cose poste in opera, anche dal solo traffico degli operai durante e dopo l'esecuzione dei lavori, sino al loro termine e consegna, anche se il particolare collocamento in opera si svolge sotto la sorveglianza o assistenza del personale di altre ditte, fornitrici del materiale o del manufatto.

Art. 4 - Bonifica da ordigni esplosivi residui bellici nelle aree interessate dai lavori

Disposizioni generali

In caso di necessità riconosciuta dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa dovrà procedere alla bonifica delle aree dei lavori da ordigni esplosivi residui bellici.

In tal caso nessun compenso né protrazione dei tempi contrattuali spetterà all'Impresa per le particolari modalità di lavorazione delle altre opere, imposte dalla necessità di eseguire la bonifica dagli ordigni bellici con i necessari particolari accorgimenti, intendendosi tutti gli oneri di cui sopra compensati con i prezzi specificamente offerti.

I lavori di bonifica dovranno essere condotti con l'osservanza delle seguenti disposizioni:

Osservanza delle norme del Capitolato a stampa Edizione 1961 del Ministero della Difesa - Esercito (Direzione Generale del Genio).

I lavori dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni che saranno adottate dalla Direzione Lavori Genio Militare.

I lavori, inoltre come previsto dalle Disposizioni Legislative, comportano a carico della Ditta tutte le responsabilità civili e penali per danni causati a persone o cose provocate da eventuali scoppi di ordigni esplosivi.

Qualora in corso d'opera non risulti necessaria la bonifica, nessun compenso spetterà all'Impresa, per la non avvenuta esecuzione della categoria di lavoro inerente alla bonifica stessa.

Oneri vari

Nella formazione dei prezzi che l'Appaltatore deve offrire è compreso l'onere del prelievo ed il deposito in luoghi di sicurezza degli ordigni esplosivi di qualunque genere rinvenuti, fino alla consegna degli stessi al personale dell'Amministrazione Militare, compreso l'eventuale pagamento per il trasporto degli ordigni suddetti.

Valutazione dei lavori

I lavori di bonifica verranno valutati con i prezzi unitari riportati nella offerta prezzi, i quali escludono ed annullano i riferimenti ad oneri diversamente descritti nelle prescrizioni particolari del Capitolato a stampa Edizione del 1961 del Ministero della Difesa – Esercito (Direzione Generale Demanio) in quanto i prezzi stessi sono comprensivi degli oneri in esso previsti.

Prescrizioni particolari

Lavori di bonifica

I lavori di bonifica da mine, ordigni ed altri manufatti bellici potranno essere eseguiti con il sistema degli strati successivi o a mezzo di perforazioni.

Bonifica a strati successivi

La bonifica a strati successivi consiste nella ricerca, localizzazione ed eliminazione di tutte le masse metalliche e di tutti gli altri ordigni, mine ed altri manufatti bellici esistenti nel primo strato di cm 100 di profondità e negli strati successivi di cm 100 di profondità con l'impiego di apparecchi cercamine che dovranno essere pertanto idonei allo scopo.

La profondità massima è di ml 12.00.

La zona da bonificare sarà indicata dalla Direzione Lavori. Detta zona dovrà essere suddivisa in "campi" sui quali si dovrà procedere con i lavori, frazionandoli, a mano a mano che si avanza o in "strisce".

La bonifica dovrà comprendere:

- l'esplorazione per campi ed a strisce, del piano soggetto a bonifica, con cercamine selettivo fino a cm 30 di profondità ed avente caratteristiche simili a quelle del cercamine S.C.R. 625, per la ricerca ed individuazione di ordigni, mine ed altri manufatti bellici;
- lo scoprimento, esame ed eliminazione dei corpi ed ordigni individuati con questa esplorazione, o collocamento di questi (se sicuramente rimovibili) in sito adatto all'ammassamento per la loro successiva eliminazione o rimozione;
- l'esplorazione per strisce successive, tanto in senso parallelo che in senso ortogonale al "fronte" dei "campi" di lavoro, di tutto il piano dell'immobile di cui si tratta, con cercamine tipo FORSTER funzionante fino al punto quattro della scala di ricerca e per una profondità di cm 100 per il primo strato e di cm 100 per gli strati successivi;
- lo scoprimento, l'esame e l'eliminazione di tutti i corpi e gli ordigni segnalati dal cercamine e comunque esistenti fino alla profondità di cm 100 nelle aree esplorate come da precedente comma, e collocamento in sito adatto all'ammassamento di quelli che fossero sicuramente rimovibili, per provvedere poi alla loro successiva eliminazione od altra destinazione, secondo le prescrizioni che saranno impartite dalla Direzione Lavori in relazione al loro tipo, quantità e qualità.

Nei prezzi unitari offerti si intendono considerati e remunerati anche tutti gli oneri derivanti dalle operazioni suddette compresi quelli per la localizzazione degli ordigni o corpi metallici, per lo scavo e scoprimento degli stessi, l'allontanamento eventuale del materiale escavato e dei corpi ed ordigni rinvenuti, l'esplorazione del fondo dello scavo con cercamine di profondità, e le operazioni di competenza per l'ammassamento e la distruzione degli ordigni.

Esistendo vegetazione che ostacolasse l'uso del cercamine, se ne dovrà effettuare il preventivo taglio in relazione all'avanzamento delle esplorazioni con il cercamine, l'onere relativo sarà remunerato con il prezzo appositamente offerto.

Poiché i lavori di bonifica dovranno essere eseguiti in concomitanza ed abbinati a scavi e sbancamenti, resta convenuto che le operazioni di ricerca ed eliminazione degli ordigni dovranno essere eseguite, prima sul piano e sulle aree da scavare e loro adiacenze di servizio, poi, proseguite a strati su ogni nuovo piano messo in luce dagli scavi stessi.

Si precisa inoltre che: gli scavi ai quali si premette ed abbina la modifica, dovranno procedere analogamente a strati successivi, (quale che sia il sistema, la maniera od il mezzo di scavo) ed osserveranno tutte le prescrizioni di questo Capitolato, ed in particolare, le norme contenute nel punto F) delle "PRESCRIZIONI GENERALI" del Capitolato a stampa Edizione 1961 del Ministero della Difesa-Esercito.

La bonifica del fondo finale degli scavi dovrà essere sempre eseguita anche se l'altezza dello strato escavato fosse inferiore a 100 cm.

Bonifica a mezzo di perforazioni

La bonifica a mezzo di perforazioni consisterà nella ricerca, individuazione e localizzazione di corpi ed ordigni bellici ferrosi che fossero interrati ad oltre cm 100 di profondità nella zona in cui sarà eseguita la ricerca.

La zona predetta, dettagliata ed indicata dalla Direzione Lavori, dovrà essere preventivamente bonificata fino a cm 100 di profondità e sarà compensata con specifico ed appropriato articolo di lavoro.

Dopo aver effettuato la predetta bonifica sino a cm 100 di profondità, si dovrà introdurre opportunamente nel terreno da bonificare la sonda del cercamine di profondità fino alla quota massima effettiva che sarà indicata nell'ordinativo di lavoro; in tal maniera dovrà essere effettuata una esplorazione del terreno al fine di individuare e localizzare gli ordigni bellici e i corpi ferrosi che si trovassero interrati fino a m 2 di profondità oltre la quota indicata nell'ordinativo di lavoro e raggiunta dal cercamine.

Il piano orizzontale della zona da bonificare, sarà preventivamente ed opportunamente suddiviso in quadrati di lato non superiore a 2,80 m.

Senza agire con strumenti a percussione al centro di ciascun quadrato dovrà essere praticato un foro capace di contenere la sonda del cercamine.

Questa perforazione dovrà essere fatta progressivamente a tratti 2 m per volta, in modo da garantire, nel complesso, l'esame di tutto il terreno compreso radialmente fino a 2 m e la sicura individuazione di ogni corpo di ordigno ferroso esistente entro il suddetto raggio.

Occorrendo, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori., un ulteriore e più particolareggiato esame, potrà essere ordinata l'esecuzione di perforazioni poste fra quelle già eseguite e da riferirsi a quadrati supplementari e da contabilizzare separatamente.

I vari quadrati della suddivisione dovranno essere opportunamente e preventivamente numerati; sul giornale dei lavori dovrà risultare, come per i "campi" di lavoro, la lavorazione in ogni quadrato e l'esito dei progressivi sondaggi.

La Direzione Lavori ha facoltà di controllare, con la ripetizione delle operazioni di esplorazione, i dati registrati: e ciò senza che all'Impresa sia dovuto alcun ulteriore compenso, essendo tale onere già previsto nel prezzo unitario.

Esecuzione dei lavori

Dovendo i lavori di bonifica da ordigni esplosivi essere eseguiti con personale ed attrezzature speciali (D.L. 12.4.1946 n. 320) l'Impresa potrà avvalersi ove necessario, per le operazioni di bonifica, della collaborazione di Ditte specializzate riconosciute idonee dal Ministero della Difesa-Esercito.

Collaudi Direzione Genio Militare

E' fatto obbligo all'Impresa richiedere e procurarsi tempestivamente il collaudo, anche parziale, da parte della Direzione Genio-Militare rimanendo inteso che gli stati di acconto e quello finale restano subordinati alla presentazione del certificato di collaudo.

Detti collaudi parziali potranno interessare quote parti delle aree da bonificare secondo le richieste che saranno formulate dalla Direzione dei Lavori nel corso dell'appalto.

Art. 5 - Tracciamenti

Prima di porre mano ai lavori di sterro o riporto, l'Impresa è obbligata ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano stradale, all'inclinazione delle scarpate, alla formazione delle cunette. A suo tempo dovrà pure stabilire, nei tratti che fosse per indicare la Direzione dei lavori, le modine o garbe necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelli manomessi durante l'esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie, l'Impresa dovrà procedere al tracciamento di esse, pure con l'obbligo della conservazione dei picchetti, ed, eventualmente, delle modine, come per i lavori in terra.

Art. 6 - Collocamento in opera di materiali forniti dall'amministrazione

Qualsiasi apparecchio, materiale o manufatto fornito dall'Amministrazione, sarà consegnato alle stazioni ferroviarie o in magazzini, secondo le istruzioni che l'Appaltatore riceverà tempestivamente. Pertanto l'Appaltatore dovrà provvedere al suo trasporto in cantiere, immagazzinamento e custodia, e successivamente alla loro posa in opera, a seconda delle istruzioni che riceverà, eseguendo le opere murarie di adattamento e ripristino che si renderanno necessarie.

Per il collocamento in opera dovranno seguirsi inoltre tutte le norme indicate per ciascuna opera in questo Capitolato, restando sempre l'Appaltatore responsabile della buona conservazione del materiale consegnatogli, prima e dopo del suo collocamento in opera.

Art. 7 - Scavi in genere

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro a mano o con mezzi meccanici dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto, la relazione geologica e geotecnica, di cui al D.M. 11-3-1988, e le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dal Direttore dei lavori.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Appaltatore dovrà procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, restando essa, oltreché totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, altresì obbligata a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate.

L'Appaltatore dovrà inoltre provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi nei cavi.

Le materie provenienti dagli scavi in genere, ove non siano utilizzabili, o non ritenute adatte, a giudizio insindacabile del Direttore dei lavori, ad altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto fuori della sede del cantiere, ai pubblici scarichi, ovvero su aree che l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese.

Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate per tombamenti o rinterri esse dovranno essere depositate in luogo adatto, accettato dal Direttore dei lavori, per essere poi riprese a tempo opportuno.

In ogni caso le materie depositate non dovranno riuscire di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti alla superficie.

Il Direttore dei lavori potrà far asportare, a spese dell'Appaltatore, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Art. 8 - Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento o sterri andanti s'intendono quelli occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere le costruzioni, per tagli di terrapieni, per la formazione di piani d'appoggio per platee di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali ecc. e in generale tutti quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie ove sia possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie ecc.

Saranno pertanto considerati scavi di sbancamento anche quelli che si trovano al di sotto del piano di campagna o del piano stradale di progetto (se inferiore al primo), quando gli scavi rivestano i caratteri sopra accennati.

Art. 9 - Scavi di fondazione e subacquei, prosciugamenti

1. Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo ai muri o pilastri di fondazione propriamente detti.

In ogni caso saranno considerati come scavi di fondazione quelli per dar luogo alle fogne, condutture, fossi e cunette. Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dal Direttore dei lavori verrà ordinata all'atto della loro esecuzione tenendo in debito conto le istruzioni del D.M. 21 gennaio 1981.

Le profondità, che si trovino indicate nei disegni di consegna, sono perciò di semplice avviso e l'Amministrazione si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Appaltatore motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo questi soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

E' vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di por mano alle murature prima che il Direttore dei lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate, dovranno, a richiesta del Direttore dei lavori, essere disposti a gradini ed anche con determinate contropendenze.

Compiuta la muratura di fondazione, lo scavo che si fosse dovuto fare in più all'ingiro della medesima, dovrà essere diligentemente riempito e costipato, a cura e spese dell'Appaltatore, con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo.

Gli scavi per fondazione dovranno, quando occorra, essere solidamente puntellati e sbatacchiati con robuste armature, in modo da assicurare abbondantemente contro ogni pericolo gli operai, ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione tanto degli scavi che delle murature.

L'Appaltatore è responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza o insufficienza di tali puntellamenti e sbatacchiature, alle quali deve provvedere di propria iniziativa, adottando anche tutte le altre precauzioni riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo le venissero impartite dal Direttore dei lavori.

Col procedere delle murature l'Appaltatore potrà recuperare i legnami costituenti le armature, semprechè non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione; i legnami però, che a giudizio del Direttore dei lavori, non potessero essere tolti senza pericolo o danno del lavoro, dovranno essere abbandonati negli scavi.

2. Se dagli scavi in genere e dai cavi di fondazione, malgrado l'osservanza delle prescrizioni precedenti, l'Impresa, in caso di sorgive o filtrazioni, non potesse far defluire l'acqua naturalmente, è in facoltà del Direttore dei lavori di ordinare, secondo i casi, e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento. Sono considerati come scavi subacquei soltanto quelli eseguiti in acqua a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque sorgive nei cavi, sia naturalmente, sia dopo un parziale prosciugamento ottenuto con macchine o con l'apertura di canali fucatori.

Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo.

Quando il Direttore dei lavori ordinasse il mantenimento degli scavi in asciutto sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi verranno eseguiti in economia, e l'Appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari.

Per i prosciugamenti praticati durante l'esecuzione delle murature, l'Appaltatore dovrà adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare il dilavamento delle malte.

Art. 10 - Rilevati e rinterri

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti dei cavi e le murature, o da addossare alle murature, e fino alle quote prescritte dal Direttore dei lavori, si impiegheranno in generale, e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti sul lavoro, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio del Direttore dei lavori, per la formazione dei rilevati.

Quando venissero a mancare in tutto od in parte i materiali di cui sopra, si provvederanno le materie occorrenti prelevandole ovunque l'Appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti idonei dal Direttore dei lavori.

Per i rilevati e i rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese poi e trasportate con carriole, barelle ed altro mezzo, purché a mano, al momento della formazione dei suddetti rinterri.

Per tali movimenti di materie dovrà sempre provvedersi alla pilonatura delle materie stesse, da farsi secondo le prescrizioni che verranno indicate dal Direttore dei lavori.

E' vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata o imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo, saranno a completo carico dell'Appaltatore.

E' obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano

dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

L'Appaltatore dovrà consegnare i rilevati con scarpate regolari e spianate, con cigli bene allineati e profilati e compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e l'espurgo dei fossi.

La superficie del terreno sulla quale dovranno elevarsi i terrapieni, sarà previamente scoticata ove occorra, e se inclinata sarà tagliata a gradoni con leggera pendenza verso monte.

Art. 11 - Rilevati e rinterri addossati alle murature e riempimenti con pietrame

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature dei manufatti o di altre opere qualsiasi, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, silicee o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose ed in generale di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano, generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti, dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza da tutte le parti, disponendo contemporaneamente le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente la murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese e poi trasportate con carriole, barelle ed altro mezzo, purché a mano, al momento della formazione dei suddetti rinterri.

Per tali movimenti di materie dovrà sempre provvedersi alla pilonatura delle materie stesse, da farsi per quella larghezza e secondo le prescrizioni che verranno indicate dalla Direzione dei lavori.

E' vietato di addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo, saranno a tutto carico dell'Impresa.

Nella effettuazione dei rinterri l'Impresa dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- a) La bonifica del terreno dovrà essere eseguita, oltre quando prevista dal progetto, ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto.
- b) Se il terreno in sito risultasse altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, esso dovrà essere sostituito con materiale selezionato appartenente ai gruppi secondo UNI-CNR 10006:
 - A1, A2, A3 se proveniente da cave di prestito;
 - A1, A2, A3, A4 se proveniente dagli scavi.

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 densità secca AASHTO. Per il materiale dei gruppi A2 ed A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto). Il modulo di deformazione dovrà risultare non inferiore a 200 kg/cm² su ogni strato finito.

- c) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto b) 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; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1 ed A3 secondo UNICNR 10006.
- d) Al di sotto del piano di posa dei rilevati dovrà essere eseguito un riempimento di spessore non inferiore a 50 cm (materiale compattato) avente funzione di drenaggio. Questo riempimento sarà costituito da ghiaietto o pietrischetto di dimensioni comprese fra 4 e 20 mm con percentuale massima del 5% di passante al crivello 4 UNI.

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale soffice) e costipato mediante rullatura fino ad ottenere un modulo di deformazione non inferiore a 200 kg/cm².

I riempimenti di pietrame a secco per drenaggi, fognature, vespai, banchettoni di consolidamento e simili, dovranno essere formati con pietre da collocarsi in opera a mano e ben costipate, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori.

Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari e possibilmente a forma di lastroni per impiegarle nella copertura dei sottostanti pozzetti e cunicoli, ed usare negli strati inferiori il pietrame di maggiori dimensioni, impiegando, nell'ultimo strato superiore, pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco, per impedire alle terre sovrastanti di penetrare o scendere, otturando così gli interstizi fra le pietre. Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre, con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione delle fognature o drenaggi.

Art. 12 - Armature e sbadacchiature speciali per gli scavi di fondazioni

Le armature occorrenti per gli scavi di fondazione debbono essere eseguite a regola d'arte ed assicurate in modo da impedire qualsiasi deformazione dello scavo e lo smottamento delle materie.

E' espressamente previsto in progetto l'impiego di armatura verticale e/o sub-verticale di sostegno (sbadacchiature) delle pareti degli scavi a sezione obbligata di larghezza e profondità massima fino a 3.00 m, idonea ad impedire il franamento delle pareti dello stesso, costituita da montanti laterali in legno di abete "tipo Trieste" della sezione richiesta ad interasse non superiore a 60 cm, tavole e pannelli in legno di abete, multistrato e/o metallici, opportunamente contrastati con puntelli o vitoni, dimensionati in relazione alla natura, alla consistenza ed alla spinta dei terreni da attraversare. Nel prezzo si intendono compresi e compensati gli oneri per la graduale progressione dell'armatura di pari passo con l'avanzamento dello scavo, il nolo dei materiali necessari, il carico, lo scarico ed ogni genere di trasporto, la manutenzione periodica, lo smontaggio a fine cantiere, il ritiro a fine lavori del materiale di risulta, il puntuale e scrupoloso rispetto delle normative vigenti in materia antinfortunistica nei cantieri edili e quanto altro necessario per dare l'opera finita a regola d'arte ed in efficienza per tutta la durata del cantiere.

Tali dispositivi dovranno consentire la protezione degli scavi ove ritenuto necessario dalla Direzione dei Lavori. Sono espressamente remunerati dal prezzo offerto tutti gli oneri relativi al nolo delle attrezzature, al loro posizionamento ed al successivo recupero.

La misurazione sarà effettuata a metro quadrato in proiezione verticale delle pareti dello scavo, per l'intero sviluppo dello scavo stesso.

Art. 13 - Paratie o casseri

Le paratie o casseri in legname occorrenti per le fondazioni debbono essere formati con pali o tavoloni o palancole infissi nel suolo, e con longarine o filagne di collegamento in uno o più ordini, a distanza conveniente, della qualità e dimensioni prescritte. I tavoloni devono essere battuti a perfetto contatto l'uno con l'altro; ogni palo o tavolone che si spezzi sotto la battitura, o che nella discesa devii dalla verticale, deve essere estratto e sostituito o rimesso regolarmente se ancora utilizzabile.

Le teste dei pali e dei tavoloni, previamente spianate, devono essere, a cura e spese dell'Appaltatore, munite di adatte cerchiature in ferro per evitare scheggiature e gli altri guasti che possono essere causati dai colpi di maglio.

Quando poi il Direttore dei lavori lo giudichi necessario, le punte dei pali e dei tavoloni debbono essere munite di puntazze in ferro del modello e peso prescritti.

Le teste delle palancole debbono essere portate regolarmente a livello delle longarine, recidendone la parte sporgente, quando sia riconosciuta l'impossibilità di farle maggiormente penetrare nel suolo.

Quando le condizioni del sottosuolo lo permettono, i tavoloni e le palancole, anziché infissi, possono essere posti orizzontalmente sulla fronte dei pali verso lo scavo e debbono essere assicurati ai pali stessi con robusta ed abbondante chiodatura, in modo da formare una parete stagna e resistente.

Art. 14 - Malte e conglomerati

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte e dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dal Direttore dei lavori o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

a) Malta comune. Calce spenta in pasta Sabbia	0,25 ÷ 0,40 m ³ 0,85 ÷ 1,00 m ³
b) Malta comune per intonaco rustico (rinzafo). Calce spenta in pasta Sabbia	0,20 ÷ 0,40 m ³ 0,90 ÷ 1,00 m ³
c) Malta comune per intonaco civile (stabilità). Calce spenta in pasta Sabbia vagliata	0,35 ÷ 0,45 m ³ 0,800 m ³
d) Malta grossa di pozzolana. Calce spenta in pasta Pozzolana grezza	0,22 m ³ 1,10 m ³
e) Malta mezzana di pozzolana.	

Calce spenta in pasta	0,28 m ³
Pozzolana vagliata	1,05 m ³
f) Malta fina di pozzolana.	
Calce spenta in pasta	0,28 m ³
Pozzolana vagliata	0,28 m ³
g) Malta idraulica	
Calce idraulica	Vedi spec. kg
Sabbia	0,90 m ³
h) Malta bastarda	
Malta di cui alle lettere a), e), g)	1,00 m ³
Agglomerante cementizio a lenta presa	150 kg
i) Malta cementizia forte.	
Cemento idraulico normale	600 kg
Sabbia	1,00 m ³
l) Malta cementizia debole.	
Agglomerante cementizio a lenta presa	10 kg
Sabbia	1,00 m ³
m) Malta cementizia per intonaci.	
Agglomerante cementizio a lenta presa	6,00 kg
Sabbia	1,00 m ³
n) Malta fina per intonaci.	
Malta di cui alle lettere c), f), g) vagliata allo staccio fino	
o) Malta per stucchi.	
Calce spenta di pasta	0,45 m ³
Polvere di marmo	0,90 m ³
p) Calce idraulica di pozzolana.	
Calce comune	0,15 m ³
Pozzolana	0,40 m ³
Pietrisco o ghiaia	0,80 m ³
kg) Calcestruzzo in malta idraulica.	
Calce idraulica	400 kg
Sabbia	0,40 m ³
Pietrisco o ghiaia	0,80 m ³
r) Conglomerato cementizio per muri, fondazioni, sottofondi ecc.	
Cemento	300 kg
Sabbia	0,40 m ³
Pietrisco o ghiaia	0,80 m ³
s) Conglomerato cementizio per strutture sottili.	
Cemento	300 kg
Sabbia	0,40 m ³
Pietrisco o ghiaia	0,80 m ³

Quando il Direttore dei lavori ritenesse di variare tali proporzioni, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle

prescrizioni del medesimo, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni previste. I materiali, le malte ed i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati con apposite casse, della capacità prescritta dal Direttore dei lavori, che l'Appaltatore sarà in obbligo di provvedere e mantenere a sue spese costantemente su tutti i piazzali ove verrà effettuata la manipolazione.

La calce spenta in pasta non dovrà essere misurata in fette, come viene estratta con badile dal calcinaio, bensì dopo essere stata rimescolata e ricondotta ad una pasta omogenea consistente e bene unita.

L'impasto dei materiali dovrà essere fatto a braccia d'uomo, sopra aree convenientemente pavimentate, oppure a mezzo di macchine impastatrici o mescolatrici.

I materiali componenti le malte cementizie saranno prima mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile, ma sufficiente, rimescolando continuamente.

Nella composizione di calcestruzzi con malte di calce comune od idraulica, si formerà prima l'impasto della malta con le proporzioni prescritte, impiegando la minore quantità di acqua possibile, poi si distribuirà la malta sulla ghiaia o pietrisco e si mescolerà il tutto fino a che ogni elemento sia per risultare uniformemente distribuito nella massa ed avviluppato di malta per tutta la superficie.

Per i conglomerati cementizi semplici od armati gli impasti dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni contenute nel D.M. 27 luglio 1985.

Gli impasti, sia di malta che di conglomerato, dovranno essere preparati soltanto nella quantità necessaria, per l'impiego immediato, cioè dovranno essere preparati volta per volta e per quanto possibile in vicinanza del lavoro. I residui di impasto che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune, che potranno essere utilizzati però nella sola stessa giornata del loro confezionamento.

Art. 15 - Demolizioni e rimozioni

Le demolizioni di murature, calcestruzzi, ecc., sia in rottura che parziali o complete, devono essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da non danneggiare le residue murature, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi o disturbo.

Rimane pertanto vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece devono essere trasportati o guidati in basso, e di sollevare polvere, per il che tanto le murature quanto i materiali di risulta dovranno essere opportunamente bagnati.

Nelle demolizioni o rimozioni l'Appaltatore deve inoltre provvedere alle eventuali necessarie puntellature per sostenere le parti che devono restare e disporre in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali tutti devono ancora potersi impiegare utilmente.

Le demolizioni dovranno limitarsi alle parti ed alle dimensioni prescritte. Quando, anche per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero demolite altre parti od oltrepassati i limiti fissati, saranno pure a cura e spese dell'Appaltatore, senza alcun compenso, ricostruite e rimesse in ripristino le parti indebitamente demolite.

Tutti i materiali riutilizzabili, a giudizio insindacabile del Direttore dei lavori, devono essere opportunamente scalcinati, puliti, custoditi, trasportati ed ordinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dal Direttore dei lavori, usando cautele per non danneggiarli sia nello scalcinamento, sia nel trasporto, sia nel loro assestamento e per evitarne la dispersione.

Detti materiali restano tutti di proprietà dell'Amministrazione, la quale potrà ordinare all'Appaltatore di impiegargli in tutto od in parte nei lavori appaltati, ai sensi dell'art. 36 del Capitolato generale, con i prezzi unitari d'Elenco.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e rimozioni devono sempre dall'Appaltatore essere trasportati fuori del cantiere nei punti indicati od alle pubbliche discariche.

Art. 16 - Trasporto del materiale di scavi e demolizioni e conferimento a discarica

L'impresa, per conferire il materiale di scavo a discarica, dovrà attenersi alla normativa vigente avvalendosi di discariche o di aree autorizzate o, ancora, a impianti di trasformazione dei rifiuti.

In particolare l'Impresa:

- entro giorni 15 dalla data di consegna dei lavori dovrà indicare alla D.L. come intende smaltire il materiale di scavo o demolizione, presentando la documentazione attestante che la località o la discarica o l'impianto di trasformazione scelti sono dotati delle autorizzazioni di legge per i codici CER corrispondenti alla tipologia dei materiali;
- acquisire autorizzazione allo scarico che la D.L. rilascerà dopo i controlli entro e non oltre i successivi 10 giorni;
- attenersi alle norme per il trasporto dei materiali di cui alla legge Ronchi e successive modifiche e integrazioni;
- presentare alla D.L. la documentazione di trasporto e di scarico, quest'ultima rilasciata dalla discarica, gestore

dell'area o dell'impianto citati, attestanti il conferimento del materiale.

Art. 17 - Calcestruzzi e cemento armato

Gli impasti di conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti in conformità con quanto previsto al Cap. 11 del D. Min. Infrastrutture del 17/01/18.

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento della assenza di ogni pericolo di aggressività.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Per i calcestruzzi preconfezionati si fa riferimento alla norma UNI 7163; essa precisa le condizioni per l'ordinazione, la confezione, il trasporto e la consegna. Fissa inoltre le caratteristiche del prodotto soggetto a garanzia da parte del produttore e le prove atte a verificarne la conformità.

Il calcestruzzo da impiegarsi per qualsiasi lavoro sarà messo in opera appena confezionato e disposto a strati orizzontali di altezza da 20 a 30 cm, su tutta l'estensione della parte di opera che si esegue ad un tempo, ben battuto e costipato, per modo che non resti alcun vano nello spazio che deve contenerlo e nella sua massa.

Quando il calcestruzzo sia da collocare in opera entro cavi molto stretti od a pozzo, esso dovrà essere calato nello scavo mediante secchi a ribaltamento.

Solo nel caso di scavi molto larghi, il Direttore dei lavori potrà consentire che il calcestruzzo venga gettato liberamente, nel qual caso prima del conguagliamento e della battitura deve, per ogni strato di 30 cm d'altezza, essere ripreso dal fondo del cavo e rimpastato per rendere uniforme la miscela dei componenti.

Quando il calcestruzzo sia da calare sott'acqua, si dovranno impiegare tramogge, casse apribili o quegli altri mezzi d'immersione che il Direttore dei lavori prescriverà, ed userà la diligenza necessaria ad impedire che, nel passare attraverso l'acqua, il calcestruzzo si dilavi con pregiudizio della sua consistenza.

Finito che sia il getto, e spianata con ogni diligenza la superficie superiore, il calcestruzzo dovrà essere lasciato assodare per tutto il tempo che il Direttore dei lavori stimerà necessario.

Avvenuto il disarmo, la superficie delle opere sarà regolarizzata con malta cementizia: l'applicazione si farà previa pulitura e lavatura delle superfici delle gettate e la malta dovrà essere ben conguagliata con cazzuola e fratazzo, con l'aggiunta di opportuno spolvero di cemento puro.

Per i controlli sul conglomerato ci si atterrà a quanto previsto al paragrafo 11.2 del D. Min. Infrastrutture del 17/01/18.

Il conglomerato viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione secondo quanto specificato nel citato D. Min. Infrastrutture del 17/01/08.

La resistenza caratteristica del conglomerato dovrà essere non inferiore a quella richiesta dal progetto.

Il controllo di qualità del conglomerato si articola nelle seguenti fasi: studio preliminare di qualificazione, controllo di accettazione, prove complementari (secondo quanto indicato nel paragrafo 11.2 del citato D. Min. Infrastrutture del 17/01/18).

I prelievi dei campioni necessari per i controlli delle fasi suddette avverranno al momento della posa in opera dei casseri, secondo le modalità previste nel paragrafo 11.2.4 del citato Decreto.

Nell'esecuzione delle opere di cemento armato normale l'Appaltatore dovrà attenersi alle norme contenute nella L. 5 novembre 1971 n. 1086 e nelle relative norme tecniche del D. Min. Infrastrutture del 17/01/18. In particolare:

- a. Gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti o di prematuro inizio della presa al momento del getto.
Il getto deve essere convenientemente compatto; la superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno tre giorni.
Non si deve mettere in opera il conglomerato a temperature minori di 0°C, salvo il ricorso ad opportune cautele.
- b. Le giunzioni delle barre in zona tesa, quando non siano evitabili, si devono realizzare possibilmente nelle regioni di minor sollecitazione, in ogni caso devono essere opportunamente sfalsate.
Le giunzioni di cui sopra possono effettuarsi mediante:
 - saldature eseguite in conformità delle norme in vigore sulle saldature;
 - manicotto filettato;

- sovrapposizione calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra; in ogni caso la lunghezza della sovrapposizione in retto deve essere non minore di 20 volte il diametro e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compressa. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 6 volte il diametro.
- c. Le barre piegate devono presentare, nelle piegature, un raccordo circolare di raggio non minore di 6 volte il diametro. Gli ancoraggi devono rispondere a quanto prescritto al paragrafo 11.3 del D. Min. Infrastrutture del 17/01/18. Per barre di acciaio inossidato a freddo le piegature non possono essere effettuate a caldo.
- d. La superficie dell'armatura resistente deve distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 0,8 cm nel caso di solette, setti e pareti, e di almeno 2 cm nel caso di travi e pilastri. Tali misure devono essere aumentate e al massimo rispettivamente portate a 2 cm per le solette ed a 4 per le travi ed i pilastri, in presenza di salsedine marina ed altri agenti aggressivi. Copriferri maggiori richiedono opportuni provvedimenti intesi ad evitare il distacco (per esempio reti).
Le superfici delle barre devono essere mutuamente distanziate in ogni direzione di almeno una volta il diametro delle barre medesime e, in ogni caso, non meno di 2 cm. Si potrà derogare a quanto sopra raggruppando le barre a coppie ed aumentando la mutua distanza minima tra le coppie ad almeno 4 cm.
Per le barre di sezione non circolare si deve considerare il diametro del cerchio circoscritto.
- e. Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche. Esso non deve inoltre avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio del Direttore dei lavori.

Nella esecuzione delle opere in cemento armato e precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le disposizioni contenute nella L. 5 novembre 1971 n. 1086 e nelle relative norme tecniche vigenti (D. Min. Infrastrutture del 17/01/18).

Nelle zone sismiche valgono le norme tecniche emanate in forza della L. 2 febbraio 1974 n. 64 e del D. Min. Infrastrutture del 17/01/18.

Art. 18 - Conglomerato cementizio proiettabile (spritzbeton) fibrorinforzato

Conglomerato cementizio strutturale proiettabile (spritzbeton) confezionato con aggregati a umidità naturale e con diametro massimo non superiore a 12 mm, posto in opera tramite sistema "ad umido" con tecnologia di proiezione ordinaria, o tramite tecnologia "a secco" per immissione in condotto e proiezione sulla parete mediante una lancia alimentata ad aria compressa avente una adeguata rosata di proiezione e una distanza dalla superficie di applicazione di 100 ÷ 120 cm.

Nel caso che la messa in opera fino al raggiungimento dello spessore desiderato venga effettuata attraverso l'applicazione di strati successivi di conglomerato, l'aderenza tra i vari strati sarà assicurata dalla rugosità superficiale degli strati precedentemente applicati.

Il conglomerato cementizio proiettato sarà confezionato e controllato, secondo le indicazioni della norma UNI 10834/99, con:

- 1) legante speciale fibrorinforzato a ritiro compensato a base di cemento pozzolanico classificato tipo IV/A - 42,5 secondo UNI EN 197/1 con Alta Resistenza ai Solfati secondo UNI 9156/97 e privo di additivi alcalini aggiunti. Lavorabile a frattazzo per almeno 60 minuti dalla posa in opera. L'adesione in parete per strati di spessore superiore a 4 cm sarà garantita dalle particolari caratteristiche di coesività del betoncino.
- 2) aggregati conformi alla norma UNI 8520, parte 2, classe A, e caratterizzati da un tenore d'umidità non superiore al 6% in peso, all'atto dell'utilizzo, nel caso venga adottata la tecnologia "a secco".

Il conglomerato sarà privo di additivi liquidi o solidi aggiunti o all'atto del suo confezionamento o all'apparato di convogliamento o alla lancia di proiezione.

Nel caso di posa in opera con sistema "a secco", lo sviluppo delle resistenze a compressione a 20° C verrà misurato su carote cilindriche prelevate secondo UNI 6131 e la resistenza cubica a compressione verrà determinata secondo quanto previsto dalla UNI 10834/99.

Nel caso, invece, di posa in opera con sistema "ad umido", il confezionamento dei provini e la determinazione delle resistenze potranno essere determinati secondo quanto previsto dalle norme UNI 6127 e UNI 6132, oppure UNI EN 12190 per malte con granulometria fino a 8 mm.

Lo sviluppo delle resistenze a compressione a 20° C sarà:

dopo 24 ore > 10 N/mm²; dopo 7 gg > 30 N/mm²; dopo 28 gg > 45 N/mm²

Le prove di penetrazione dell'acqua saranno effettuate in base alla ISO DIS 7031 e i valori dovranno risultare ≤ 20 mm.

Art. 19 - Resine espandenti

Resine espandenti per consolidamento non invasivo di terreni di fondazione, da iniettare in tubi inseriti in fori di diametro inferiore a 3 cm, in grado di incrementare il proprio volume di 10-15 volte sviluppando una pressione espansiva (rigonfiamento) fino a 10 MPa.

Art. 20 - Murature e riempimenti in pietrame a secco - Gabbionate

a) Murature in pietrame a secco - Dovranno essere eseguite 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 si colleghino perfettamente fra loro; scegliendo per i paramenti quelle di maggiori dimensioni, non inferiori a 20 cm di lato, e le più adatte per il miglior combaciamento, onde supplire così con l'accuratezza della costruzione alla mancanza di malta.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali. Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire gli interstizi tra pietra e pietra.

La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno in controriva o comunque isolati sarà sempre coronata da uno strato di muratura in malta di altezza non minore di 30 cm; a richiesta del Direttore dei lavori vi si dovranno eseguire anche opportune feritoie regolarmente disposte, anche a più ordini, per lo scolo delle acque.

b) Riempimenti in pietrame a secco (per drenaggi, fognature, banchettoni di consolidamento e simili) - Dovranno essere formati con pietrame da collocarsi in opera a mano su terreno ben costipato, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori.

Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari e possibilmente a forma di lastroni quelle da impiegare nella copertura dei sottostanti pozzetti o cunicoli; oppure infine negli strati inferiori il pietrame di maggiore dimensione, impiegando nell'ultimo strato superiore pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco per impedire alle terre sovrastanti di penetrare e scendere otturando così gli interstizi tra le pietre. Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre, con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione di fognature e drenaggi.

c) Gabbionate e mantellate metalliche - Per la costruzione delle gabbionate di rete metallica dovrà provvedersi, prima del riempimento, a cucire i singoli spigoli degli elementi in modo da ottenere le sagome previste; successivamente si procederà al collegamento degli spigoli con quelli degli elementi contigui, comprendendo nella cucitura gli eventuali fili di bordatura.

Le cuciture saranno eseguite in modo continuo passando il filo entro ogni maglia e con un giro doppio ogni due maglie. Il filo occorrente per cuciture e tiranti dovrà avere le caratteristiche specificate nell'art. "Materiali Metallici".

La rete che costituirà le gabbionate metalliche di qualsiasi forma e dimensione sarà con maglie a doppia torsione, di sezione non inferiore a cm. 8 x 10 e con filo di spessore non minore a mm. 2,7. La chiusura degli elementi dovrà essere effettuata cucendo i bordi del coperchio a quelli delle pareti con l'apposito filo per cucire, passando il filo entro ogni maglia e con un giro doppio ogni due maglie. Nell'allestimento, unione e chiusura degli elementi è vietata ogni attorcigliatura dei filoni di bordatura.

Il materiale di riempimento sarà pietrame calcareo, sbizzato a martello per faccia vista e pietrame scapoli per il riempimento del nucleo centrale e dovrà essere riconosciuto idoneo dal Direttore dei lavori: le sue dimensioni dovranno essere comprese tra il 120 ed il 300 per cento della maggiore dimensione della maglia della rete, sempre che questo consenta di ottenere pareti piane e parallele tra loro, e spessore costante del manufatto.

Per la costruzione delle gabbionate di tipo speciale, si osserveranno le norme dettate dalle Case fornitrici dei manufatti metallici.

Le disposizioni di cui sopra si applicano anche alle mantellate di rete metallica.

Art. 21 - Murature di pietrame con malta

La muratura a getto ("a sacco") per fondazioni risulterà composta di scheggioni di pietra e malta grossa, quest'ultima in proporzione non minore di 0,45 m³ per metro cubo di muratura.

La muratura sarà eseguita facendo gettate alternate entro i cavi di fondazione di malta fluida e scheggioni di pietra, preventivamente puliti e bagnati, assestando e spianando regolarmente gli strati ogni 40 cm di altezza, riempiendo accuratamente i vuoti con materiale minuto e distribuendo la malta in modo da ottenere strati regolari di muratura, in cui le pietre dovranno risultare completamente rivestite di malta.

La gettata dovrà essere abbondantemente rifornita d'acqua in modo che la malta penetri in tutti gli interstizi: tale operazione sarà aiutata con beveroni di malta molto grassa. La muratura dovrà risultare ben costipata ed aderente alle pareti dei cavi, qualunque sia la forma degli stessi.

Qualora in corrispondenza delle pareti degli scavi di fondazione si incontrassero vani di gallerie o cunicoli, l'Appaltatore dovrà provvedere alla perfetta chiusura di detti vani con murature o chiusure in legname in guisa da evitare il disperdimento della malta attraverso tali vie, ed in ogni caso sarà sua cura adottare tutti i mezzi necessari perché le murature di fondazione riescano perfettamente compatte e riempite di malta.

La muratura di pietrame così detta lavorata a mano sarà eseguita con scapoli di pietrame, delle maggiori dimensioni consentite dalla grossezza della massa muraria, spianati grossolanamente nei piani di posa ed allettati di malta.

Le pietre, prima di essere collocate in opera, saranno diligentemente ripulite dalle sostanze terrose ed ove occorra, a giudizio del Direttore dei lavori, accuratamente lavate. Saranno poi bagnate, essendo proibito di eseguire la bagnatura dopo di averle disposte sul letto di malta.

Tanto le pietre quanto la malta saranno interamente disposte a mano, seguendo le migliori regole d'arte, in modo da costituire una massa perfettamente compatta nel cui interno le pietre stesse ben battute col martello risultino concatenate fra loro e rivestite da ogni parte di malta, senza alcun interstizio.

La costruzione della muratura dovrà progredire a strati orizzontali di conveniente altezza, concatenati nel senso della grossezza del muro, disponendo successivamente ed alternativamente una pietra trasversale (di punta) dopo ogni due pietre in senso longitudinale, allo scopo di ben legare la muratura anche nel senso della grossezza.

Dovrà sempre evitarsi la corrispondenza delle connessioni fra due corsi consecutivi.

Gli spazi vuoti che verranno a formarsi per l'irregolarità delle pietre saranno riempiti con piccole pietre che non si tocchino mai a secco, e non lascino mai spazi vuoti, colmando con malta tutti gli interstizi.

Nelle murature senza speciale paramento si impiegheranno per le facce viste le pietre di maggiori dimensioni, con le facce esterne rese piane e regolari in modo da costituire un paramento rustico a faccia vista e si disporranno negli angoli le pietre più grosse e più regolari. Detto paramento rustico dovrà essere più accurato e maggiormente regolare nelle murature di elevazione di tutti i muri dei fabbricati.

Qualora la muratura avesse un rivestimento esterno il nucleo della muratura dovrà risultare, con opportuni accorgimenti, perfettamente concatenato col detto rivestimento nonostante la diversità di materiale, di struttura e di forma dell'uno e dell'altro.

Le facce viste delle murature in pietrame che non debbono essere intonacate o comunque rivestite, saranno sempre rabboccate diligentemente con malta idraulica mezzana.

Art. 22 - Paramenti per le murature di pietrame

Per le facce viste delle murature di pietrame, e per i rivestimenti previsti in corrispondenza delle murature in c.a. secondo i grafici di progetto e gli ordini del Direttore dei lavori, potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- a) *con pietra rasa e teste scoperte (ad opera incerta);*
- b) *a mosaico greggio;*
- c) *con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;*
- d) *con pietra squadrata a corsi regolari.*

Nel paramento con pietra rasa e teste scoperte (ad opera incerta) il pietrame dovrà essere scelto diligentemente fra il migliore e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana; le pareti esterne dei muri dovranno risultare bene allineate e non presentare alla prova del regolo rientranze o sporgenze maggiori di 25 mm. Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere ripianate ed adattate col martello in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di 8 cm.

La rientranza totale delle pietre di paramento non dovrà essere mai minore di 0,25 m e nelle connessioni esterne dovrà essere ridotto al minimo possibile l'uso delle scaglie.

Nel paramento a mosaico greggio la faccia vista dei singoli pezzi dovrà essere ridotta col martello e la grossa punta a superficie perfettamente piana ed a figura poligonale, ed 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 squadrati, 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 perfettamente piani e squadrati, con la faccia vista rettangolare, lavorati 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 tra due corsi successivi non maggiori di 5 cm. Il Direttore 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 di 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 un terzo della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà essere mai minore di 10 cm nei giunti verticali.

La rientranza dei singoli pezzi non sarà mai minore della loro altezza, né inferiore a 25 cm; l'altezza minima dei corsi non dovrà mai essere minore di 20 cm.

In entrambi i paramenti a corsi, lo sfalsamento di due giunti verticali consecutivi non dovrà essere minore di 10 cm e le connessure avranno larghezza non maggiore di 1 centimetro.

Per tutti i tipi di paramento le pietre dovranno mettersi in opera alternativamente di punta in modo da assicurare il collegamento col nucleo interno della muratura.

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 qualunque altra materia estranea, lavandole con acqua abbondante 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.

Art. 23 - Muratura in pietra di tufo

Per le murature da eseguire con pietra di tufo entro terra, le pietre che dovranno mettersi in opera aderenti alle facce verticali dei corsi dovranno essere lavorate a faccia piana, come pure dovranno essere spianate quelle che dovranno appoggiare sul fondo dei cavi. La muratura dovrà elevarsi a corsi orizzontali non inferiori a 20 cm, avendo cura che le pietre nel grosso del muro siano sempre piazzate con la faccia maggiore orizzontale e collocate in opera con interstizi tali da potervi compenetrare la malta. Gli interstizi che non si potessero colmare con la sola malta verranno colmati anche con piccoli frammenti di pietra. Superiormente a ciascun filare verrà poi steso uno strato di malta.

Per le murature da eseguirsi fuori terra, dette a paramento visto, le pietre saranno di altezza non minore di 18 cm e di lunghezza non maggiore del doppio, lavorate con la mannaia su cinque facce.

Le medesime si disporranno in modo che una venga posta per il taglio lungo e l'altra di seguito per il lato corto, in guisa che ne risulti un muramento dentato.

Negli strati superiori le pietre si piazzeranno in modo che le connessure non corrispondano mai al piombo, ma all'incirca alla metà della pietra inferiore.

Per la parte interna del muro si seguiranno le norme già indicate per la muratura entro terra.

Il fronte dei muri dovrà in ogni caso essere spianato a trapianto.

Art. 24 - Murature di mattoni

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per asperione.

Essi dovranno mettersi in opera con le connessure alternate in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta refluisca intorno e riempia tutte le connessure.

La larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di 8 mm né minore di 5 mm (a seconda della natura delle malte impiegate).

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura col ferro.

Le malte da impiegarsi per l'esecuzione di questa muratura dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra i mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente ammorsate con la parte interna.

Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto (cortina) si dovrà avere cura di scegliere per le facce esterne i mattoni di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessure orizzontali, alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento le connessure di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di 5 mm, e,

previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica o di cemento, diligentemente compresse e lisce con apposito ferro, senza sbavatura.

Le sordine, gli archi, le piattabande e le volte dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva dell'intradosso e le connessioni dei giunti non dovranno mai eccedere la larghezza di 5 mm all'intradosso e 10 mm all'estradosso.

Art. 25 - Opere in ferro

Nei lavori in ferro, questo deve essere lavorato diligentemente con maestria, regolarità di forme e precisione di dimensioni, secondo i disegni che fornirà il Direttore dei lavori con particolare attenzione nelle saldature e bollature. I fori saranno tutti eseguiti col trapano, le chiodature, ribattiture, ecc. dovranno essere perfette, senza sbavature; i tagli essere rifiniti a lima.

Saranno rigorosamente rifiutati tutti quei pezzi che presentino imperfezione od indizio d'imperfezione.

Ogni mezzo od opera completa in ferro dovrà essere fornita a piè d'opera colorita a minio.

Per ogni opera in ferro, a richiesta del Direttore dei lavori, l'Appaltatore dovrà presentare il relativo modello, per la preventiva approvazione.

L'Appaltatore sarà in ogni caso obbligato a controllare gli ordinativi ed a rilevare sul posto le misure esatte delle diverse opere in ferro, essendo essa responsabile degli inconvenienti che potessero verificarsi per l'omissione di tale controllo.

In particolare si prescrive:

a) Inferriate, cancellate, cancelli, ecc. - Saranno costruiti a perfetta regola d'arte, secondo i tipi che verranno indicati all'atto esecutivo. Essi dovranno presentare tutti i regoli ben diritti, spianati ed in perfetta composizione. I tagli delle connessioni per i ferri incrociati mezzo a mezzo dovranno essere della massima precisione ed esattezza, ed il vuoto di uno dovrà esattamente corrispondere al pieno dell'altro, senza la minima ineguaglianza o discontinuità.

Le inferriate con regoli intrecciati ad occhio non presenteranno nei buchi, formati a fuoco, alcuna fessura.

In ogni caso l'intreccio dei ferri dovrà essere diritto ed in parte dovrà essere munito di occhi, in modo che nessun elemento possa essere sfilato.

I telai saranno fissati ai ferri di orditura e saranno muniti di forti grappe ed arpioni, ben chiodati ai regoli di telaio: in numero, dimensioni e posizioni che verranno indicate.

b) Infissi in ferro. - Gli infissi per finestre, vetrate ed altro, potranno essere richiesti con profilati ferro-finestra o con ferri comuni profilati.

In tutti e due i casi dovranno essere simili al campione che potrà richiedere o fornire l'Amministrazione. Gli infissi potranno avere parte fissa od apribile, anche a vasistas, come richiesto; le chiusure saranno eseguite a ricupero ad asta rigida, con corsa inversa ed avranno il fermo inferiore e superiore. Il sistema di chiusura potrà essere a leva od a manopola a seconda di come sarà richiesto. Le cerniere dovranno essere a quattro maschiature in numero di due o tre per ciascuna partita dell'altezza non inferiore a 12 cm, con ghiande terminali.

Gli apparecchi di chiusura e di manovra in genere dovranno risultare bene equilibrati e non richiedere eccessivi sforzi per la chiusura.

Le manopole e le cerniere, se richiesto, saranno cromate.

Le ante apribili dovranno essere munite di gocciolatoio.

Le ferramenta di legno dovranno essere proporzionate alla robustezza dell'infisso stesso.

I manufatti in ferro, quali infissi di porte, finestre, vetrate, ecc. saranno collocati in opera fissandoli alle strutture di sostegno mediante, a seconda dei casi, grappe di ferro, ovvero viti assicurate a tasselli di legno od a controtelai debitamente murati.

Tanto durante la loro giacenza in cantiere, quanto durante il loro trasporto, sollevamento e collocamento in sito, l'Appaltatore dovrà curare che non abbiano a subire alcun guasto o lordura, proteggendoli convenientemente da urti, da schizzi di calce, tinta o vernice, ecc., con stuoie, coperture, parasigoli di fortuna, ecc.

Nel caso di infissi qualsiasi muniti di controtelaio, l'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire il collocamento in opera anticipato, a murature rustiche, a richiesta del Direttore dei lavori. Nell'esecuzione della posa in opera le grappe dovranno essere murate a calce o cemento, se ricadenti entro strutture murarie; fissate con piombo e battute a mazzuolo, se ricadenti entro pietre, marmi, ecc.

Sarà a carico dell'Appaltatore ogni opera accessoria occorrente per permettere il libero e perfetto movimento dell'infisso posto in opera (come scalpellamenti di piattabande, ecc.), come pure la verifica che gli infissi abbiano assunto l'esatta posizione richiesta, nonché l'eliminazione di qualsiasi imperfezione che venisse riscontrata, anche in seguito, sino al momento del collaudo.

Il montaggio in sito e collocamento dovrà essere eseguito da operai specializzati, con la massima esattezza,

ritoccando opportunamente quegli elementi che non fossero a perfetto contatto reciproco e tenendo opportuno conto degli effetti delle variazioni termiche.

Dovrà tenersi presente infine che i materiali componenti le opere di grossa carpenteria, ecc., debbono essere tutti completamente recuperabili, senza guasti né perdite.

Nel caso di infissi di qualsiasi tipo muniti di controtelaio, l'Appaltatore avrà l'obbligo, a richiesta del Direttore dei lavori, di eseguire il collocamento in opera anticipato, a murature rustiche.

Ciascun manufatto, prima dell'applicazione della prima mano d'olio cotto, dovrà essere sottoposto all'esame ed all'accettazione provvisoria del Direttore dei lavori, il quale potrà rifiutare tutti quelli che fossero stati verniciati o coloriti senza tale accettazione.

Art. 26 - Opere da vetraio

Le lastre di vetro saranno di norma chiare, del tipo indicato nell'elenco prezzi; per le latrine si adotteranno vetri rigati o smerigliati, il tutto salvo più precise indicazioni che saranno impartite all'atto della fornitura dal Direttore dei lavori conformemente alle norme UNI 7143, UNI 7144, UNI 7170 e UNI 7697.

Per quanto riguarda la posa in opera, le lastre di vetro verranno normalmente assicurate negli appositi incavi dei vari infissi in legno mediante adatte puntine e mastice da vetraio (formato con gesso e olio di lino cotto), spalmando prima uno strato sottile di mastice sui margini verso l'esterno del battente nel quale deve collocarsi la lastra.

Collocata questa in opera, saranno stuccati i margini verso l'interno col mastice ad orlo inclinato a 45°, ovvero si fisserà mediante regoletti di legno e viti.

Potrà inoltre essere richiesta la posa delle lastre entro intelaiature ad incastro, nel qual caso le lastre, che verranno infilate dall'apposita fessura praticata nella traversa superiore dell'infisso, dovranno essere accuratamente fissate con spessori invisibili, in modo che non vibrino.

Sugli infissi in ferro le lastre di vetro potranno essere montate o con stucco ad orlo inclinato, come sopra accennato, o mediante regoletti di metallo o di legno fissati con viti; in ogni caso si dovrà avere particolare cura nel formare un finissimo strato di stucco su tutto il perimetro della battuta dell'infisso contro cui dovrà appoggiarsi poi il vetro, e nel ristuccare accuratamente dall'esterno tale strato con altro stucco, in modo da impedire in maniera sicura il passaggio verso l'interno dell'acqua piovana battente a forza contro il vetro e far sì che il vetro riposi fra due strati di stucco (uno verso l'esterno e l'altro verso l'interno).

Potrà essere richiesta infine la fornitura di vetro isolante e diffusore (tipo "Termolux" o simile), formato da due lastre di vetro chiaro dello spessore di 2,2 mm, racchiudenti uno strato uniforme (dello spessore da 1 a 3 mm) di feltro di fili o fibre di vetro trasparente, convenientemente disposti rispetto alla direzione dei raggi luminosi, racchiuso e protetto da ogni contatto con l'aria mediante un bordo perimetrale di chiusura, largo da 10 a 15 mm, costituito da uno speciale composto adesivo resistente all'umidità.

Lo stucco da vetraio dovrà sempre essere protetto con una verniciatura a base di minio ed olio di lino cotto; quello per la posa del "Termolux" sarà del tipo speciale adatto.

Il collocamento in opera delle lastre di vetro, cristallo, ecc. potrà essere richiesto a qualunque altezza ed in qualsiasi posizione, e dovrà essere completato da una perfetta pulitura delle due facce delle lastre stesse, che dovranno risultare perfettamente lucide e trasparenti.

L'Appaltatore ha l'obbligo di controllare gli ordinativi dei vari tipi di vetri passatigli dal Direttore dei lavori, rilevandone le esatte misure ed i quantitativi, e di segnalare a quest'ultimo le eventuali discordanze, restando a suo completo carico gli inconvenienti di qualsiasi genere che potessero derivare dall'omissione di tale tempestivo controllo.

Essa ha anche l'obbligo della posa in opera di ogni specie di vetri o cristalli, anche se forniti da altre ditte, a prezzi di tariffa.

Ogni rottura di vetri o cristalli, avvenuta prima della presa in consegna da parte del Direttore dei lavori, sarà a carico dell'Appaltatore.

Art. 27 - Opere da stagnaio

I manufatti in latta, in lamiera di ferro nera o zincata, in ghisa, in zinco, in rame, in piombo, in ottone, in alluminio o in altri metalli dovranno essere delle dimensioni e forme richieste, nonchè lavorati a regola d'arte, con la maggiore precisione.

Detti lavori saranno dati in opera, salvo contraria precisazione contenuta nella tariffa dei prezzi, completi di ogni accessorio necessario al loro perfetto funzionamento, come raccordi di attacco, coperchi, viti di spurgo in ottone o bronzo, pezzi speciali e sostegni di ogni genere (braccetti, grappe, ecc.). Saranno inoltre verniciati con una mano di catrame liquido, ovvero di minio di piombo ed olio di lino cotto, od anche con due mani di vernice comune, a seconda delle disposizioni del Direttore dei lavori.

Le giunzioni dei pezzi saranno fatte mediante chiodature, ribattiture, o saldature, secondo quanto prescritto dal Direttore dei lavori ed in conformità ai campioni, che dovranno essere presentati per l'approvazione.

L'Appaltatore ha obbligo di presentare, a richiesta del Direttore dei lavori, i progetti delle varie opere, tubazioni, reti di distribuzione, di raccolta, ecc., completi dei relativi calcoli, disegni e relazioni, di apportarvi le modifiche che saranno richieste e di ottenere l'approvazione da parte del Direttore dei lavori prima dell'inizio delle opere stesse.

Art. 28 - Opere da pittore

Qualunque tinteggiatura, coloritura o verniciatura dovrà essere preceduta da una conveniente ed accuratissima preparazione delle superfici, e precisamente da raschiature, scrostature, eventuali riprese di spigoli e tutto quanto occorre per uguagliare le superfici medesime.

Successivamente le dette superfici dovranno essere perfettamente levigate con carta vetrata e, quando trattasi di coloriture o verniciature, nuovamente stuccate, quindi pomciate e lisceate, previa imprimitura, con modalità e sistemi atti ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro.

Speciale riguardo dovrà aversi per le superfici da rivestire con vernici. Per le opere in legno, la stuccatura ed imprimitura dovrà essere fatta con mastici adatti, e la levigatura e rasatura delle superfici dovrà essere perfetta.

Per le opere metalliche la preparazione delle superfici dovrà essere preceduta dalla raschiatura delle parti ossidate.

Le tinteggiature, coloriture e verniciature dovranno, se richiesto, essere anche eseguite con colori diversi su una stessa parete, complete di filettature, zoccoli e quant'altro occorre per l'esecuzione dei lavori a regola d'arte.

La scelta dei colori è dovuta al criterio insindacabile del Direttore dei lavori e non sarà ammessa alcuna distinzione tra colori ordinari e colori fini, dovendosi in ogni caso fornire i materiali più fini e delle migliori qualità.

Le successive passate di coloriture ad olio e verniciatura dovranno essere di tonalità diverse, in modo che sia possibile, in qualunque momento, controllare il numero delle passate che sono state applicate.

In caso di contestazione, qualora l'Appaltatore non sia in grado di dare la dimostrazione del numero di passate effettuate, la decisione sarà a sfavore dell'Appaltatore stesso. Comunque questi ha l'obbligo, dopo l'applicazione di ogni passata e prima di procedere all'esecuzione di quella successiva, di farsi rilasciare dal Direttore dei lavori una dichiarazione scritta.

Prima d'iniziare le opere da pittore, l'Appaltatore ha inoltre l'obbligo di eseguire nei luoghi e con le modalità che gli saranno prescritti, i campioni dei vari lavori di rifinitura, sia per la scelta delle tinte che per il genere di esecuzione, e di ripeterli eventualmente con le varianti richieste, sino ad ottenere l'approvazione del Direttore dei lavori. Egli dovrà infine adottare ogni precauzione e mezzo atti ad evitare spruzzi o macchie di tinte o vernici sulle opere finite (pavimenti, rivestimenti, infissi, ecc.), restando a suo carico ogni lavoro necessario a riparare i danni eventualmente arrecati.

Le opere da pittore dovranno eseguirsi di norma combinando opportunamente le operazioni elementari e le particolari indicazioni che seguono.

Il Direttore dei lavori avrà la facoltà di variare, a suo insindacabile giudizio, le opere elementari elencate in appresso, sopprimendone alcune od aggiungendone altre che ritenesse più particolarmente adatte al caso specifico e l'Appaltatore dovrà uniformarsi a tali prescrizioni senza potere perciò sollevare eccezioni di sorta. Il prezzo dell'opera stessa subirà in conseguenza semplici variazioni in meno od in più, in relazione alle varianti introdotte ed alle indicazioni della tariffa prezzi, senza che l'Appaltatore possa accampare perciò diritto a compensi speciali di sorta.

A) Tinteggiatura a calce. - Le tinteggiature a calce degli intonaci interni e la relativa preparazione consisterà in:

- 1) spolveratura e raschiatura delle superfici;
- 2) prima stuccatura a gesso e colla;
- 3) levigamento con carta vetrata;
- 4) applicazione di due mani di tinta a calce.

Gli intonaci nuovi dovranno già aver ricevuto la mano preventiva di latte di calce denso (scialbatura).

B) Tinteggiatura a colla e gesso. - Saranno eseguite come appresso:

- 1) spolveratura e ripulitura delle superfici;
- 2) prima stuccatura a gesso e colla;
- 3) levigamento con carta vetrata;
- 4) spalmatura di colla temperata;
- 5) rasatura dell'intonaco ed ogni altra idonea preparazione;
- 6) applicazione di due mani di tinta a colla e gesso.

Tale tinteggiatura potrà essere eseguita a mezze tinte oppure a tinte forti e con colori fini.

C) Verniciature ad olio. - Le verniciature comuni ad olio su intonaci interni saranno eseguite come appresso:

- 1) spolveratura e ripulitura delle superfici;

- 2) prima stuccatura a gesso e a colla;
- 3) levigamento con carta vetrata;
- 4) spalmatura di colla forte;
- 5) applicazione di una mano preparatoria di vernice ad olio con aggiunta di acquaragia per facilitare l'assorbimento, ed eventualmente di essiccativo;
- 6) stuccatura con stucco ad olio;
- 7) accurato levigamento con carta vetrata e lisciatura;
- 8) seconda mano di vernice ad olio con minori proporzioni di acquaragia;
- 9) terza mano di vernice ad olio con esclusioni di diluente.

Per la verniciatura comune delle opere in legno le operazioni elementari si svolgeranno come per la verniciatura degli intonaci, con l'omissione delle operazioni nn. 2 e 4; per le opere in ferro, l'operazione n. 5 sarà sostituita con una spalmatura di minio, la n. 7 sarà limitata ad un conguagliamento della superficie e si ometteranno le operazioni 2, 4 e 6.

D) Verniciature a smalto comune. - Saranno eseguite con appropriate preparazioni, a seconda del grado di rifinitura che il Direttore dei lavori vorrà conseguire ed a seconda del materiale da ricoprire (intonaci, opere in legno, ferro, ecc.).

A superficie debitamente preparata si eseguiranno le seguenti operazioni:

- 1) applicazione di una mano di vernice a smalto con lieve aggiunta di acquaragia;
- 2) leggera pomiciatura a panno;
- 3) applicazione di una seconda mano di vernice a smalto con esclusione di diluente.

Art. 29 - Strutture in vetro-cemento armato

Nella costruzione di strutture in vetro-cemento armato, che dovranno essere realizzate da Ditte specializzate, si dovranno seguire tutte le norme già citate per le opere in cemento armato, oltre tutte le cure e gli speciali accorgimenti che sono particolari delle costruzioni in oggetto.

Si dovrà pertanto impiegare, per le nervature in cemento armato, un conglomerato cementizio formato con ghiaia finissima e sabbia scelta di marrana, dosato con almeno 400 kg di cemento Portland salvo l'uso di impasti più ricchi in legante o l'impiego di cemento ad alta resistenza qualora i calcoli statici o prove pratiche su cubetti ne dimostrino la necessità.

I diffusori, tanto piani che cavi, di forma quadrata o tonda, dovranno essere di vetro speciale e dello spessore stabilito nell'Elenco prezzi. Le strutture di copertura saranno di norma del tipo a soletta nervata, in cui gli elementi in vetro risultino annegati in un reticolo di nervature sporgenti sotto la faccia inferiore del diffusore ed arrotondate inferiormente in modo da opporre il minimo ostacolo al passaggio dei raggi luminosi obliqui, oppure del tipo a soletta piena in cui i diffusori, del tipo a bicchiere rovescio, hanno lo stesso spessore della soletta.

Tali strutture potranno essere richieste tanto in piano che in pendenza, a schiena d'asino o centinate, a curva, a cupola, ecc. ed in genere saranno transitabili.

A disarmo avvenuto le nervature sporgenti dovranno essere accuratamente intonacate con malta di composizione eguale a quella del getto, seguendo esattamente la loro sagoma in modo da risultare a superficie liscia, regolare e perfettamente rifinita.

Gli elementi di vetro potranno essere richiesti con la faccia inferiore munita di prismi di vario tipo, per la diffusione uniforme della luce o per la sua deviazione in una direzione.

Potranno richiedersi inoltre pareti verticali, eseguite come sopra, tanto a nervatura di calcestruzzo sporgenti da un lato, quanto a doppia superficie piana.

In tutti i casi si dovrà avere cura particolare nella scelta degli elementi di vetro in rapporto ai requisiti particolari cui deve rispondere l'opera nei dettagli costruttivi degli appoggi sulle strutture circostanti di sostegno, nel fissare i giunti di dilatazione, ma, soprattutto nell'assicurare l'eventuale impermeabilizzazione, sia con adatte sostanze aggiunte al conglomerato, sia con uno strato superiore di cemento plastico o di speciali mastici bituminosi, da stendere sulla faccia superiore della struttura e nei collegamenti perimetrali.

I carichi accidentali da considerare nella progettazione delle varie strutture saranno fissati dal Direttore dei lavori, alla cui approvazione dovrà essere inoltre sottoposto il progetto, completo dei calcoli statici, delle opere stesse, redatto come stabilito per le normali opere in cemento armato.

L'Appaltatore sarà responsabile dell'imperfetta esecuzione delle opere in oggetto e dovrà eseguire a sua cura e spese ogni riparazione ed anche il completo rifacimento di quelle che non rispondessero ai requisiti sopra descritti e in modo speciale che non comportassero perfetta impermeabilità all'acqua piovana.

Art. 30 - Pali di fondazione

30.1 - Definizioni

30.1.1 - Pali infissi

I pali infissi vengono classificati in:

a.1) *Pali infissi gettati in opera*

I pali infissi sono quelli gettati in opera quelli 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*

I pali infissi prefabbricati sono quelli 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.

30.1.2 - Pali trivellati

I pali trivellati sono quelli ottenuti 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, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

30.1.3 - Pali trivellati ad elica continua

I pali trivellati ad elica continua sono 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.

30.1.4 - Pali con morsa giracolonna

I pali con morsa giracolonna e i pali trivellati sono realizzati all'interno di tubo forma provvisorio in acciaio infisso con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna. Tale tipologia è da utilizzare in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti e ove non fosse possibile l'utilizzo di diversa attrezzatura di perforazione.

30.1.5 - Micropali

I micropali vengono classificati in:

1) *Micropali a iniezione multipla selettiva*

I micropali ad iniezione multipla selettiva sono quelli ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno, connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

2) *Micropali a semplice cementazione*

I micropali a semplice cementazione sono quelli realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica, e solidarizzati mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

L'armatura metallica può essere costituita:

- da un tubo senza saldature;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armatura costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata, e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirale continua.

La cementazione può avvenire a semplice gravità, o a bassa pressione mediante un circuito a tenuta facente capo ad un dispositivo posto a bocca foro.

30.2 - PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

30.2.1 - Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)

L'appaltatore dovrà indicare alla direzione dei lavori la successione cronologica prevista per le infissioni. Dovrà inoltre

assicurare il rispetto delle norme in merito ai limiti delle vibrazioni, comunicando alla direzione dei lavori provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi.

97.2.2 Pali trivellati

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

- la perforazione “a secco” senza rivestimento non è ammessa; in casi particolari potrà essere adottata, previa informazione alla direzione dei lavori, solo in terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata;
- la perforazione “a secco” è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro;
- la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ($D_{10} > 4 \text{ mm}$).

30.2.2 - Pali trivellati ad elica continua

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

In terreni compressibili, nelle fasi di getto, dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti a ridurre o evitare sbulbature.

30.3 - ATTREZZATURE DI SCAVO

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'appaltatore alla direzione dei lavori.

30.4 - TOLLERANZE DIMENSIONALI

I pali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate negli elaborati progettuali esecutivi:

- coordinate planimetriche del centro del palo (rispetto al diametro del palo) $\pm 10\%$ (max 5 cm);
- verticalità $\pm 2\%$;
- lunghezza:

pali aventi diametro $< 600 \text{ mm}$ $\pm 15 \text{ cm}$

pali aventi diametro $> 600 \text{ mm}$ $\pm 25 \text{ cm}$

- diametro finito $\pm 5 \%$
- quota di testa palo $\pm 5 \text{ cm}$.

30.5 - MATERIALI

30.5.1 - Armature metalliche

Le armature metalliche dovranno essere costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite unicamente da spirali in tondino esterne ai ferri longitudinali.

I pali dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in “gabbie”; i collegamenti dovranno essere realizzati con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti.

Nel caso di utilizzo di acciaio saldabile ai sensi delle norme tecniche emanate con D.M. 17 gennaio 2018 è possibile ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe, o dei cerchioni irrigidenti con i ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione. Per le saldature devono essere rispettate le prescrizioni riportate in questo capitolato relative alle verifiche da eseguire per accertarsi che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre.

Gli elettrodi o i fili utilizzati devono essere di composizione tale da non introdurre fenomeni di fragilità.

Le armature trasversali dovranno contrastare efficacemente gli spostamenti della barre longitudinali verso l'esterno; le staffe dovranno essere chiuse e risvoltate verso l'interno.

L'interasse delle staffe non dovrà essere superiore a 20 cm ed il diametro dei ferri non inferiore a 10 mm. Non è consentito l'uso delle armature elicoidali ove non siano fissate solidamente ad ogni spira a tutte le armature longitudinali intersecate.

In corso d'opera la frequenza dei prelievi per le prove di verifica di cui sopra, sarà di 3 campioni di barra longitudinale e di staffa ogni 200-500 ml di gabbia.

L'armatura di lunghezza pari a quella del palo dovrà essere posta in opera prima del getto e mantenuta in posto senza poggiarla sul fondo del foro.

Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre di armatura. Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali; orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà provvedersi un cerchiante ogni 2,5- 3 m.

Non è ammessa la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra,

misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7.5 cm.

Le gabbie di armatura dovranno essere dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 4-5 cm rispetto al rivestimento definitivo, o di 6-7 cm rispetto al diametro nominale del foro, nel caso di pali trivellati. Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori dovranno essere posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3-4 m.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto; ove fosse necessario, è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 50 diametri, o secondo diverse disposizioni della D.L., mediante impiego di un adeguato numero di morsetti.

30.5.2 - Rivestimenti metallici

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti, sia provvisori che definitivi, saranno conformi alle prescrizioni di progetto esecutivo.

Le caratteristiche meccaniche e di rigidità (spessore ed inerzia) dovranno essere sufficienti a consentire il trasporto, il sollevamento e l'infissione senza che gli stessi subiscano danni, ovalizzazioni etc.

Per i pali battuti, infissi senza alcuna asportazione di terreno, il dimensionamento dei tubi di rivestimento potrà essere fatto con il metodo dell'onda d'urto.

I rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera dovranno avere la base piatta e saldata al fusto in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne.

Nel caso di pali da realizzare in ambienti aggressivi la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati (per esempio vernici a base di poliuretano - catrame), previa approvazione del direttore dei lavori.

30.5.3 - Fanghi bentonitici

Nella realizzazione delle opere è ammesso esclusivamente l'uso di fanghi bentonitici.

La scelta del tipo di bentonite, certificato dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

Sul fango bentonitico dovranno essere eseguiti controlli di qualità per determinare i seguenti parametri:

- caratteristiche della bentonite;
- caratteristiche dell'acqua;
- densità del fango bentonitico fresco;
- densità, viscosità, temperatura e pH del fango bentonitico pronto per l'impiego;
- caratteristiche del fango bentonitico nell'interno dello scavo, prima del getto;
- contenuto in sabbia del fango < 5%;
- densità < 1,15 t/m³.

30.6 - MODALITÀ ESECUTIVE

30.6.1 - Pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo

30.6.1.1 - Attrezzatura

L'infissione del rivestimento dovrà essere eseguita con un battipalo scorrevole su una torre avente guide fisse con perfetto allineamento verticale.

Le caratteristiche del battipalo saranno conformi alle indicazioni di progetto, quando esistenti.

Potranno essere impiegati i seguenti tipi di battipalo:

- battipalo a vapore ad azione singola;
- battipalo a vapore a doppia azione;
- battipalo diesel.

Il battipalo impiegato deve essere in grado di fornire l'energia sufficiente alla infissione entro i terreni presenti nel sito.

La definizione delle caratteristiche minime del battipalo sarà eseguita a cura dell'appaltatore, utilizzando le formule dinamiche oppure l'analisi con il metodo dell'onda d'urto, noti che siano le caratteristiche geometriche del palo, il materiale di costruzione, e la portata limite richiesta dal progetto.

La massa battente del battipalo dovrà agire su un cuscino (cuffia o testa di battuta) di cui siano note le caratteristiche geometriche e di elasticità.

Per ogni attrezzatura l'appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori le seguenti informazioni:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento del battipalo;

- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- efficienza "E" del battipalo;
- caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza costante elastica, coefficiente di costituzione);
- caratteristiche della cuffia (materiale e peso);
- peso degli eventuali adattatori;
- peso del battipalo.

L'efficienza "E" dovrà essere sempre maggiore del 70%.

Qualora richiesto dalla direzione dei lavori, l'appaltatore dovrà provvedere alla strumentazione del battipalo per la misura della velocità terminale del maglio, onde ricavare, sulla base delle caratteristiche dell'attrezzatura certificate dal costruttore, la reale efficienza "E" del battipalo.

30.6.1.2 -Tubi di rivestimento

I tubi di rivestimento saranno in acciaio, di qualità, forma e spessore tali da sopportare tutte le sollecitazioni agenti durante l'infissione e da non subire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno od alla infissione di pali vicini. I rivestimenti saranno chiusi alla base da una piastra in acciaio di resistenza adeguata, comunque di spessore > 3 mm, saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento. La piastra sarà priva di sporgenze rispetto al rivestimento; la saldatura sarà tale da prevenire l'ingresso di acqua all'interno per l'intera durata della battitura ed oltre.

È ammesso l'impiego di lamierino di modesto spessore, corrugato, battuto mediante mandrino.

È ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile, con raccordi flangiati.

30.6.1.3 -Mandrino

È prevista la possibilità di utilizzare un mandrino di acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello. È ammesso l'impiego di mandrini ad espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento.

È ammesso l'impiego di mandrini speciali per la battitura multipla di rivestimenti a sezione variabile.

30.6.1.4 -Infissione

L'infissione dei rivestimenti tramite battitura avverrà senza estrazione di materiale, con spostamento laterale del terreno naturale.

L'appaltatore dovrà comunicare alla direzione dei lavori il programma cronologico di infissione di tutti i pali, elaborato in modo da rendere minimi gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già realizzati.

È ammesso, se previsto dal progetto, ovvero se approvato dalla direzione dei lavori, l'esecuzione della battitura in due o più fasi, con eventuale modifica del procedimento (ad esempio eseguendo dapprima la battitura in testa, e prevedendo l'impiego del mandrino in 2^a fase).

Nel caso di utilizzo del mandrino, esso sarà infilato nel rivestimento; se previsto, il mandrino verrà espanso e mantenuto del tutto solidale al tuboforma per l'intera durata dell'infissione, a seguito della quale sarà estratto.

L'inserimento del mandrino nel rivestimento dovrà essere eseguito, se necessario, con l'ausilio di un "palo-pozzo" di diametro superiore a quello dei pali di esercizio.

Il "palo-pozzo" potrà essere trasformato in palo di esercizio, se accettato dalla direzione dei lavori, in funzione delle sue caratteristiche ed ubicazione.

Si considererà raggiunto il rifiuto allorquando, con un battipalo pienamente efficiente, si avranno avanzamenti non superiori a 10 cm per 100 colpi di maglio.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di due spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Il secondo spezzone, nel corso della saldatura, sarà mantenuto in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

L'infissione dei rivestimenti sarà arrestata quando sarà soddisfatta una delle seguenti condizioni:

- raggiungimento della quota di progetto;
- misurazione del rifiuto della battitura.

In quest'ultimo caso, la direzione dei lavori avrà facoltà di chiedere all'appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.).

L'appaltatore, previa comunicazione alla direzione dei lavori, potrà eseguire dei prefiori di guida alla infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il prefioro avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Il prefioro potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o

cementati.

30.6.1.5 -Armature

Le gabbie di armatura saranno assemblate in stabilimento o a piè d'opera in conformità ai disegni progettuali esecutivi e con le specifiche di cui al punto 54.5.1.

Esse saranno posizionate entro i rivestimenti curando il perfetto centramento mediante l'impiego di opportuni distanziatori e rispettando con precisione le quote verticali prescritte nei disegni di progetto.

Prima del posizionamento si avrà cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo e si verificherà che l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

30.6.2 - Pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile

30.6.2.1 -Attrezzatura

L'infissione del tubo forma provvisorio sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

30.6.2.2 -Tubi di rivestimento

Le medesime specifiche per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo valgono per le caratteristiche della tubazione provvisoria.

Per l'espulsione del fondello, posto ad occludere l'estremità inferiore del tuboforma, è ammesso l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

È ammesso l'impiego di tubo-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.

30.6.2.3 -Infissione

L'infissione sarà effettuata in conformità a quanto specificato per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo con la sola esclusione di quanto non applicabile

30.6.2.4 -Armature

Valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

30.6.2.5 -Getto del calcestruzzo

Il getto di calcestruzzo avverrà secondo le modalità e le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo, con contemporanea estrazione ed accorciamento del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa deve essere tenuta costantemente sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2,00 m. A questo scopo ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore deve essere preceduto dalla misurazione del livello del calcestruzzo, tramite l'impiego di uno scandaglio.

Lo scandaglio dovrà essere costituito da un grave metallico, del peso di circa 5 kg, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato.

30.6.3 - Pali vibro-infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio

30.6.3.1 -Attrezzatura

L'energia necessaria per l'infissione sarà applicata in testa al palo utilizzando un battipalo scorrevole su una torre con guide fisse con perfetto allineamento verticale e utilizzando un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza ed accelerazione del minimo) saranno scelte dall'appaltatore in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

30.6.3.2 -Infissione del tubo forma

Per quanto concerne le caratteristiche del tubo forma e le modalità di infissione dello stesso valgono le prescrizioni di per i pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile.

L'infissione sarà eseguita fino al raggiungimento delle quote previste nel progetto esecutivo.

La distanza minima e/o l'intervallo di tempo tra l'infissione di due pali adiacenti sarà definita in relazione alla natura dei terreni attraversati. In ogni caso la distanza minima non sarà inferiore a 3 diametri.

30.6.3.3 -Posa dell'armatura e getto del calcestruzzo

Per quanto concerne le caratteristiche dell'armatura e le modalità di getto valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile.

Completata l'infissione, si provvederà a porre in opera l'armatura entro il tuboforma e si darà luogo al getto, estraendo man mano, per vibrazione, il tuboforma provvisorio.

La vibrazione deve favorire l'assestamento del calcestruzzo; per evitare eventuali franamenti del terreno ed il conseguente inglobamento di materiale nel getto di calcestruzzo, questo dovrà avere uno slump di 9 - 10 cm.

L'assorbimento reale di calcestruzzo può eccedere il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura

del 10 - 20%.

30.6.3.4 -Controlli e documentazione

L'appaltatore dovrà redigere per ogni palo una scheda tecnica contenente tutti i dati interessanti il palo:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria);
- profondità d'infissione;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- descrizione di eventuali presunte anomalie stratigrafiche;
- tempo necessario per l'infissione;
- grafico degli assorbimenti di calcestruzzo.

30.6.4 - Pali battuti prefabbricati

30.6.4.1 -Prefabbricazione dei pali

La prefabbricazione dei pali potrà avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere.

Le caratteristiche preliminari delle due alternative sono di seguito riportati:

a) pali prefabbricati in stabilimento

I pali dovranno essere costruiti con calcestruzzo centrifugato avente resistenza caratteristica dopo stagionatura $R_{ck} \geq 40$ MPa.

Se richiesto, i pali saranno di tipo precompresso con il metodo dei fili d'acciaio aderenti.

I pali troncoconici avranno un diametro esterno rastremato di 1,5 cm per metro lineare, quello interno non superiore alla metà dell'esterno

b) pali prefabbricati in cantiere

I pali saranno realizzati con calcestruzzo di caratteristiche in accordo alle prescrizioni per le opere in conglomerato cementizio di questo capitolato. La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido, oppure a vapore; in ogni caso i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture.

Le armature metalliche dovranno essere costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite da uno o due spirali in filo lucido crudo esterne ai ferri longitudinali.

Le armature verranno pre-assemblate in "gabbie"; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro.

Le gabbie di armature avranno un copriferro netto minimo rispetto alla superficie del palo di 3 cm; dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

30.6.4.2 - Giunzione dei pali

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di 2 o più elementi. Il giunto dovrà essere costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire; gli anelli verranno saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

30.6.4.3 -Protezione della punta

La punta dei pali dovrà essere protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza ed annegati nel calcestruzzo.

In terreni poco compatti, l'uso della puntazza potrà essere evitato.

In terreni molto compatti, la puntazza sarà rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia).

30.6.4.4 - Attrezzatura

L'infissione del palo sarà eseguita con un battipalo conforme alle prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

30.6.4.5 - Infissione

L'infissione dei pali avverrà tramite battitura, senza estrazione di materiale. Nel caso di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni d'acqua. La discesa del palo in tal caso avverrà per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura.

Le iniezioni d'acqua dovranno essere interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2,00 m prima del raggiungimento della quota di progetto esecutivo.

Modalità, pressioni e portata del getto dovranno essere comunicate alla direzione dei lavori.

Se motivato da esigenze di riduzione delle vibrazioni, o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, si potranno eseguire prefiori aventi diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo.

Il prefioro non dovrà raggiungere lo strato portante (se esistente) e fermarsi comunque almeno a 2/3 della profondità

di progetto.

L'infissione dei pali sarà attestata quando si registrerà il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:

- arrivo alla quota di progetto;
- misurazione del rifiuto alla battitura.

In quest'ultimo caso, la direzione dei lavori ha facoltà di chiedere all'appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, per tratti anche superiori a 0.5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.).

Il rifiuto si considererà raggiunto quanto l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente risulta inferiore a 2.5 cm.

30.6.4.6 - Controlli e documentazione

Per i controlli e la documentazione valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

30.6.5 - Pali trivellati con fanghi bentonitici

30.6.5.1 - Attrezzatura

Per la perforazione saranno utilizzate attrezzature semoventi equipaggiate con rotary. L'utensile di scavo sarà il più idoneo in relazione alla natura e consistenza dei terreni da scavare.

Numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature dovranno essere tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti alla luce delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.

30.6.5.2 - Preparazione del fango bentonitico

Il fango bentonitico, dovrà essere preparato ed utilizzato in accordo alle modalità progettuali.

30.6.5.3 - Perforazione

Se necessario, 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 o di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue, in corso, appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla

solo nell'imminenza del getto.

Una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. cleaning bucket).

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

- eiettore (air lifting);
- pompa sommersa per fanghi;
- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi o cementati e per conseguire un adeguato immersionamento in sub-strati di roccia dura si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati alla natura dell'ostacolo e comunque dotati alla sommità di un anello di forma appropriata per la guida dell'utensile.

In alternativa all'uso dello scalpello possono essere utilizzate eliche da roccia aventi spirali rinforzate e denti idonei allo stato di fessurazione della roccia da perforare.

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.

30.6.5.4 - Armature

Completata la perforazione si provvederà alla posa in opera della gabbia, preassemblata, in conformità con le specifiche di cui al punto 4.4.1.

Nel caso che il palo attraversi strati sede di falda acquifera in movimento, con pericolo di dilavamento del calcestruzzo in fase di maturazione, in corrispondenza di questi strati la gabbia sarà avvolta da una camicia tubolare di lamierino in acciaio di spessore non inferiore a 1 mm.

30.6.5.5 - Getto del calcestruzzo

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe

di 3.00 m di tubo in acciaio avente diametro interno 20,26 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 di 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 almeno 0.5-0.6 m³, e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita una ulteriore misura del fondo foro; qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a circa 30-60 cm dal fondo della perforazione; al fine di evitare azioni di contaminazione o dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta o plastica, riempito con vermiculite granulare, palline di polistirolo o sabbia.

Durante il getto di calcestruzzo il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo evitando altresì la segregazione della malta dagli inerti.

Previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, nel corso del getto il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2.0 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere portato ad almeno 0.5- 1.0 m al di sopra delle quote di progetto della testa palo per consentire di eliminare la parte superiore del palo (scapitozzatura).

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.

È prescritta una cadenza di getto non inferiore a 15 m³/ora.

Durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, l'appaltatore dovrà verificare la quota di riempimento del palo in modo di avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta.

30.6.5.6 - Controlli e documentazione

Per ciascun palo l'appaltatore dovrà redigere una scheda indicante:

- numero progressivo del palo (riferito ad una planimetria);
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- profondità di perforazione;
- informazioni relative alla stratigrafia locale;
- volumi e grafico del getto.

In presenza di anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'appaltatore dovrà informare tempestivamente la direzione dei lavori.

30.6.6 - Pali trivellati con rivestimento provvisorio

30.6.6.1 - Attrezzature

Le attrezzature per l'esecuzione dei pali trivellati con rivestimento provvisorio dovranno essere costituite da:

a) Escavatori

Valgono le specifiche valide per i fanghi bentonitici.

b) Morsa muovi-colonna

La morsa dovrà essere costituita da un telaio rigido di supporto, sul quale viene posto un collare metallico, a 3 settori, dotato di un martinetto di chiusura per il serraggio della colonna di rivestimento. Sul telaio di supporto, collegato all'escavatore, saranno montati:

- 2 martinetti di oscillazione, sincronizzati, che imprimono un movimento rotatorio alla colonna;
- 2 martinetti di infissione ed estrazione della colonna, a funzionamento indipendente, che consentono anche di correggere eventuali deviazioni della colonna.

Il diametro nominale del collare dovrà corrispondere al diametro del palo. Sarà consentito l'impiego di opportune riduzioni.

Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna adeguati al diametro e alla lunghezza del palo da realizzare.

c) Vibromorsa

Per la vibromorsa valgono le prescrizioni per i pali vibro-infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio.

d) Utensile di scavo

Per lo scavo entro la colonna di rivestimento provvisoria si utilizzerà l'utensile più adatto al tipo di terreno, prevedendo ove necessario l'impiego di scalpello ad elevata energia demolitrice.

30.6.6.2 - Tubi-forma

La tubazione sarà costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio/femmina.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio mediante adeguata attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure, in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza. In questo secondo caso la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo. È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

30.6.6.3 - Perforazione

La perforazione non dovrà essere approfondita al disotto della scarpa del tubo di rivestimento.

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. Lo scavo all'interno sarà approfondito sino alla quota di progetto.

L'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti a fondo foro.

30.6.6.4 - Armature

Per le armature devono applicarsi le specifiche di cui al punto 55.5.1.

30.6.6.5 - Getto del calcestruzzo

Il getto avverrà conformemente alle specifiche per i pali trivellati con fanghi bentonitici provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente minimo di calcestruzzo non inferiore a 3 m.

30.6.6.6 - Controlli e documentazione

Per i controlli e la documentazione valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

30.6.7 - Pali trivellati ad elica continua

Questo tipo di palo potrà essere utilizzato solo se esplicitamente previsto in progetto.

30.6.7.1 - Attrezzature

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida, e dotate di dispositivo di spinta.

L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

L'equipaggiamento di cantiere dovrà comprendere la disponibilità di pompe per calcestruzzo in numero adeguato ai ritmi di esecuzione dei pali.

30.6.7.2 - Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitaimento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'appaltatore, con l'accordo della direzione dei lavori potrà:

- eseguire prefiori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

30.6.7.3 - Armatura

L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura.

All'interno della gabbia dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo.

La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto precedente.

30.6.7.4 - Getto del calcestruzzo

Il calcestruzzo dovrà essere pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. L'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto. In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

30.6.7.5 - Controlli e documentazione

Per ogni palo eseguito l'appaltatore dovrà redigere una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria);
- profondità di perforazione;
- osservazioni sulla stratigrafia locale;
- tempi di perforazione per tratte successive di 5,00 m, e di 1,00 m nel tratto finale, secondo le istruzioni impartite dalla direzione dei lavori;
- grafico dei tempi di perforazione;
- spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella;
- volume di calcestruzzo gettato.

In caso di differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota, o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto esecutivo, l'appaltatore dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali necessari provvedimenti (quali modifica del numero e delle profondità dei pali, esecuzione di prefori, etc.) concordandoli con la direzione dei lavori.

30.6.8 - Pali con morsa giracolonna

La perforazione necessaria all'esecuzione dei pali da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, etc., dovrà essere eseguita per la sola parte interessata all'interno di tubo forma provvisorio in acciaio infisso, con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna.

La tubazione dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi da 2,00 a 2,5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento dovrà essere ottenuta imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici.

La superficie all'interno del tubo di rivestimento potrà essere realizzata mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
- secchione (bucket) manovrato da un'asta rigida telescopica;

in entrambi i casi si dovrà conseguire la disaggregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disagregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento ad opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno di fango bentonitico con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale la perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma.

30.6.8.1 - Pali compenetrati

I pali compenetrati per la realizzazione di paratie impermeabili, dovranno essere realizzati eseguendo con metodi tradizionali una prima serie di pali opportunamente distanziati e completando la paratia con una seconda serie di pali, che si compenetrano ai precedenti attraverso la tecnica della morsa giracolonna.

Art. 31 - Tubazioni degli impianti di adduzione dell'acqua e gas, fognature, ecc.

31.1 - Tubi in acciaio

In generale deve farsi riferimento alle istruzioni della C.M. 5 maggio 1966, n. 2136, riportante le prescrizioni per i tubi di acciaio per acquedotti, ricavati da lamiere curvate con saldature longitudinali o elicoidali, con estremità per giunzioni di testa o a bicchiere.

L'acciaio delle lamiere deve essere di qualità ed avere di norma caratteristiche meccaniche e chimiche rientranti in uno dei tipi di acciaio saldabili delle tabelle UNI 5335-64 o caratteristiche analoghe purché rientranti nei seguenti limiti:

- carico unitario di rottura a trazione non minore di 34 kg/mm²;
- rapporto tra carico di snervamento e carico di rottura non superiore a 0,80;
- contenuto di carbonio non maggiore di 0,29%;
- contenuto di fosforo non maggiore di 0,05%;

- contenuto di zolfo non maggiore di 0,05%;
- contenuto di fosforo e zolfo nel complesso non maggiore di 0,08%;
- contenuto di manganese non maggiore di 1,20%;
- contenuto di carbonio e di manganese tali che la somma del contenuto di carbonio e di 1/6 di quello di manganese non sia superiore a 0,45%.

Le prescrizioni di cui sopra saranno suscettibili di aggiornamento in relazione all'adozione di norme di unificazione internazionale.

Norme di riferimento:

UNI 6363 – *Tubi di acciaio, senza saldatura e saldati, per condotte di acqua.*

UNI EN 10147 – *Lamiere e nastri di acciaio per impieghi strutturali, zincati per immersione a caldo in continuo. Condizioni tecniche di fornitura.*

31.1.1 - Tolleranze

La C.M. 5 maggio 1966, n. 2136 stabilisce le seguenti tolleranze:

a) spessore della lamiera al di fuori dei cordoni di saldatura:

– in meno: 12,5% ed eccezionalmente 15% in singole zone per lunghezze non maggiori del doppio del diametro del tubo;

– in più: limitate dalle tolleranze sul peso;

– diametro esterno $\pm 1,5\%$ con un minimo di 1 mm;

b) diametro esterno delle estremità calibrate dei tubi con estremità liscia per saldatura di testa per una lunghezza non maggiore di 200 mm dalle estremità:

– 1 mm per tubi del diametro fino a 250 mm;

– 2,5 mm; – 1 millimetro per tubi del diametro oltre i 250 mm. L'ovalizzazione delle sezioni di estremità sarà tollerata entro limiti tali da non pregiudicare l'esecuzione a regola d'arte della giunzione per saldatura di testa;

c) sul diametro interno del bicchiere per giunti a bicchiere per saldatura: + 3 mm. Non sono ammesse tolleranze in meno;

d) sul peso calcolato in base alle dimensioni teoriche ed al peso specifico di 7,85 kg/cm³ sono ammesse le seguenti tolleranze:

– sul singolo tubo: + 10%; – 8%;

– per partite di almeno 10 t: $\pm 7,5\%$.

31.1.2 - Tipologie tubi

I tubi di acciaio possono essere senza saldatura o saldati. Ad ogni diametro corrisponde una pressione massima d'esercizio.

Le tubazioni di uso più frequente hanno uno spessore detto della serie normale mentre quelle con spessore minimo si definiscono della serie leggera.

31.1.2.1 - Tubi senza saldatura

I tubi secondo i prospetti 3.1. (Composizione chimica percentuale) e 3.2. (Caratteristiche meccaniche e tecnologiche a temperatura ambiente) della **UNI 663**, sono classificati nelle seguenti categorie:

– tubi commerciali;

– tubi di classe normale;

– tubi di classe superiore.

I tubi sono forniti in lunghezza commerciali variabili da 4 a 8 m, con tolleranze di + 10 mm per i tubi fino a 6 m e di + 15 mm per tubi oltre 6 m.

Per i tubi commerciali, le tolleranze su diametro esterno, spessore sono stabilite dal punto 4.5 della **UNI 663**.

Per i tubi di classe normale e superiore, le tolleranze su diametro esterno, spessore sono stabilite dal punto 5.5 della **UNI 663**.

I tubi commerciali sono solitamente forniti senza collaudo. Gli altri tipi di tubi devono essere sottoposti a prova idraulica dal produttore che dovrà rilasciare, se richiesta, apposita dichiarazione. L'ovalizzazione non deve superare i limiti di tolleranza stabiliti per il diametro esterno.

31.1.2.1.1. Norme di riferimento

UNI 663 – *Tubi senza saldatura di acciaio non legato. Tubi lisci per usi generici. Qualità, prescrizioni e prove;*

UNI 7287 – *Tubi con estremità lisce senza saldatura, di acciaio non legato di base;*

UNI 8863 – *Tubi senza saldatura e saldati, di acciaio non legato, filettabili secondo UNI ISO 7/1.*

UNI EN 10208-1 – *Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili – Condizioni tecniche di fornitura – Tubi della classe di prescrizione A.*

UNI EN 10208-2 – Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili – Condizioni tecniche di fornitura – Tubi della classe di prescrizione B.

31.1.2.2 - Tubi con saldatura

Per l'accettazione dei tubi con saldatura si farà riferimento alle seguenti norme:

UNI 7288 – Tubi con estremità lisce saldati, di acciaio non legato di base.

UNI 7091 – Tubi saldati di acciaio non legato. Tubi lisci per usi generici.

31.1.3 - Designazione e marcatura dei materiali

La designazione dei tubi d'acciaio comprenderà:

– denominazione “tubo”

– norma UNI di riferimento

– diametro esterno

altre indicazioni facoltative:

– tolleranze sulla lunghezza

– lunghezza se diversa da quella normale.

31.1.4 - Rivestimento interno

Il rivestimento esterno, al controllo visivo, deve essere uniforme e privo di difetti. Lo spessore minimo del rivestimento è previsto dal Prospetto VII in base alla classe prescelta della **UNI 5256**.

I tubi sono trattati all'interno con un adeguato rivestimento a protezione della superficie metallica dall'azione aggressiva del liquido convogliato. I rivestimenti più impiegati sono: bitume di 2-4 mm di spessore; con resine epossidiche di 0,5-1 mm; a base di polveri poliammidiche applicate per proiezione elettrostatica e polimerizzate in forno.

La malta cementizia centrifugata, opportunamente dosata, per il rivestimento interno deve essere costituita unicamente da acqua potabile, sabbia fine quarzosa e cemento Portland. Le caratteristiche meccaniche del rivestimento interno devono essere tali da caratterizzarlo come un vero e proprio tubo in cemento autoportante di elevata resistenza, per il quale il tubo dovrà agire praticamente come armatura.

31.1.4.1 - Norme di riferimento:

UNI ISO 5256 – Tubi ed accessori di acciaio impiegati per tubazioni interrate o immerse. Rivestimento esterno e interno a base di bitume o di catrame.

UNI ISO 6600 – Tubi di ghisa sferoidale. Rivestimento interno di malta cementizia centrifugata. Controlli di composizione della malta subito dopo l'applicazione.

UNI ISO 4179 – Tubi di ghisa sferoidale per condotte con e senza pressione. Rivestimento interno di malta cementizia centrifugata. Prescrizioni generali.

31.1.5 - Rivestimento esterno

I rivestimenti esterni delle tubazioni in acciaio possono essere realizzati mediante (**UNI ISO 5256**):

– primo strato bituminoso, di catrame o di resina sintetica;

– uno o più strati protettivi a base di bitume;

– uno o più strati di armatura in velo di vetro inserito in ogni strato protettivo.

Il rivestimento esterno, al controllo visivo, deve essere uniforme e privo di difetti.

La classe di spessore (I, II, III e IV) del rivestimento deve essere scelta in base al prospetto VI e con riferimento alle caratteristiche di cui al punto 7.1.2 (Spessore) della citata **UNI ISO 5256**.

Per ulteriori sistemi di rivestimento (protezione catodica, antisolare, ambiente aggressivo, meccanica, ecc.) si rimanda al punto 4.1 della norma **UNI ISO 5256**.

La protezione meccanica con feltro o altro materiale simile deve essere applicata sul rivestimento ancora caldo e non indurito e prima dell'applicazione della protezione antisolare. Negli altri la protezione meccanica può essere applicata durante la posa in opera della tubazione.

I rivestimenti di cui sopra possono essere realizzati in cantiere dopo il montaggio della tubazione o in stabilimento. In generale la superficie da rivestire deve essere opportunamente preparata e pulita per l'applicazione del rivestimento per favorirne l'aderenza.

Tabella 3.26.1. – Tubazioni in acciaio serie leggera

DN	Diametro esterno	Spessore	Diametro esterno		Massa lineica		Designazione abbreviata della filettatura
	D (mm)	s (mm)	max (mm)	min (mm)	Estremità lisce	Estremità filettate e manicottate	

					kg/m	kg/m	
10	17,2	2,0	17,4	16,7	0,742	0,748	3/8
15	21,3	2,3	21,7	21,0	1,08	1,09	½
20	26,9	2,3	27,1	26,4	1,39	1,40	¾
25	33,7	2,9	34,0	33,2	2,20	2,22	1
32	42,4	2,9	42,7	41,9	2,82	2,85	1 ¼
40	48,3	2,9	48,6	47,8	3,24	3,28	1 ½
50	60,3	3,2	60,7	59,6	4,49	4,56	2
65	76,1	3,2	76,3	75,2	5,73	5,85	2 ½
80	88,9	3,6	89,4	87,9	7,55	7,72	3
100	114,3	4,0	114,9	113,0	10,8	11,1	4

Tabella 3.26.2. – Tubazioni in acciaio serie media

DN	Diametro esterno	Spessore	Diametro esterno		Massa lineica		Designazione abbreviata della filettatura
	D (mm)	s (mm)	max (mm)	min (mm)	Estremità lisce kg/m	estremità filettate e manicottate kg/m	
10	17,2	2,3	17,5	16,7	0,893	0,845	3/8
15	21,3	2,6	21,8	21,0	1,21	1,22	½
20	26,9	2,6	27,3	26,5	1,56	1,57	¾
25	33,7	3,2	34,2	33,3	2,41	2,43	1
32	42,4	3,2	42,9	42,0	3,10	3,13	1 ¼
40	48,3	3,2	48,8	47,9	3,56	3,60	1 ½
50	60,3	3,6	60,8	59,7	5,03	5,10	2
65	76,1	3,6	76,6	75,3	6,42	6,54	2 ½
80	88,9	4,0	89,5	88,00	8,36	8,53	3
100	114,3	4,5	115,0	113,1	12,2	12,5	4

Tabella 3.26.3. – Tubazioni in acciaio serie pesante

DN	Diametro esterno	Spessore	Diametro esterno		Massa lineica		Designazione abbreviata della filettatura
	D (mm)	s (mm)	max (mm)	min (mm)	Estremità lisce kg/m	estremità filettate e manicottate kg/m	
10	17,2	2,9	17,5	16,7	1,02	1,03	3/8
15	21,3	3,2	21,8	21,0	1,44	1,45	½
20	26,9	3,2	27,3	26,5	1,87	1,88	¾
25	33,7	4,0	34,2	33,3	2,93	2,95	1
32	42,4	4,0	42,9	42,0	3,79	3,82	1 ¼
40	48,3	4,0	48,8	47,9	4,37	4,41	1 ½
50	60,3	4,5	60,8	59,7	6,19	6,26	2
65	76,1	4,5	76,6	75,3	7,93	8,05	2 ½
80	88,9	5,0	89,5	88,9	10,3	10,5	3
100	114,3	5,4	115,0	113,1	14,5	14,8	4

Tabella 3.26.4. – Valori di tolleranza per i tubi in acciaio con riferimento alla norma UNI 8863

Tipo	Spessore		Massa lineica	
	+	-	+	-
Saldati	no	10%	10%	8%
Non saldati	no	12,5%	10%	10%

31.2 - Tubazioni in gres

I tubi e gli elementi complementari in gres debbono essere realizzati con impasti omogenei di argille idonee sottoposte successivamente a cottura ad alte temperature. Le superfici degli elementi possono essere verniciati sia internamente e sia esternamente, ad eccezione del bicchiere di giunzione e della punta delle canne. Sono ammessi piccoli difetti visivi, quali asperità sulla superficie.

La norma **UNI EN 295** definisce le esigenze cui devono conformarsi i tubi e gli elementi complementari di gres a giunzione flessibile con o senza manicotto destinati alla costruzione di sistemi di fognatura.

31.2.1 - Norme di riferimento

Per gli elementi in gres si farà riferimento alle norme di seguito riportate.

a) Tubi

UNI EN 295-1 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Specificazioni;

UNI EN 295-2. Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di

raccolta e smaltimento di liquami. Controllo della qualità e campionamento;

UNI EN 295-3 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Metodi di prova;

UNI EN 295-4 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per elementi complementari speciali, elementi di adattamento ed accessori compatibili;

UNI EN 295-5 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per i tubi perforati e per gli elementi complementari di gres;

UNI EN 295-6 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per pozzetti di gres;

UNI EN 295-7 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami - Requisiti per tubi e sistemi di giunzione di gres per tubazioni con posa a spinta;

b) Mattoni, mattonelle e fondi fogna di gres per condotte di liquidi

UNI 9459 - Mattoni, mattonelle e fondi fogna di gres per condotte di liquidi. Caratteristiche e prove.

31.3 - Tubazioni in PVC

I tubi, i raccordi, le valvole e le attrezzature ausiliarie in PVC per condotte di fluidi in pressione, devono rispettare le caratteristiche **UNI EN 1452** (varie parti):

UNI EN 1452-1 – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d’acqua – Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) – Generalità.

UNI EN 1452-2 – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione – Policloruro di vinile non plastificato (PVC) – Tubi.

UNI EN 1452-3 – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d’acqua – Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) – Raccordi.

UNI EN 1452-5 – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d’acqua – Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) – Idoneità all’impiego del sistema.

31.3.1 - Tubi per condotte interrate di convogliamento di gas combustibili

Le caratteristiche delle tubazioni di PVC rigido (non plastificato) per condotte interrate di convogliamento di gas combustibili, devono fare riferimento alla **UNI 7445** ed in particolare al prospetto III.

La serie degli spessori del tubo, scelto in relazione alla classe di intensità di traffico (1, 2 e 3) e alla profondità di interrimento (a, b, c) sarà indicato con R, S e Q conformemente al prospetto 1 della **UNI 7445**.

I diametri esterni e le relative tolleranze, lo spessore e le relative tolleranze in funzione della serie (Q, R e S) faranno riferimento al prospetto II della **UNI 7445**.

31.3.2 - Designazione e marcatura

La designazione deve comprendere:

- denominazione
- diametro esterno
- serie di spessori
- norma di riferimento.

La marcatura degli elementi eseguita in modo chiaro e durevole dovrà riportare:

- indicazione del materiale
- diametro esterno
- l’identificazione del produttore
- data di fabbricazione.

31.3.3 - Raccordi

Per le caratteristiche costruttive, dimensionali e di accettazione dei raccordi si farà riferimento alla norma **UNI 7446**.

31.3.4 - Giunzioni

Le giunzioni potranno essere, in rapporto alle prescrizioni, sia di tipo rigido, effettuate a mezzo di incollaggi e/o saldature, sia di tipo elastico, effettuate a mezzo di idonei anelli elastomerici di tenuta. La tenuta è assicurata dalla compressione radiale della guarnizione elastomerica.

Potranno essere del tipo a bicchiere incollato, del tipo a bicchiere incollato e saldato, del tipo a manicotto incollato (e saldato), del tipo a vite e manicotto ed infine del tipo a flangia mobile.

La norma **UNI 7447** prescrive che la tenuta idraulica di questo tipo di giunto (per tubi e raccordi) deve essere assicurata nelle seguenti condizioni: pressione idrostatica interna di 0,5 bar in condizioni di deformazione diametrale massima ammissibile del tubo (5%) nelle vicinanze della giunzione; pressione idrostatica interna 0,5 bar in condizioni di deviazione angolare (2°) forzata oltre il libero gioco permesso dalla giunzione; pressione idrostatica esterna 0,5 bar o depressione interna di 0,3 bar.

Tabella 3.26.5. – Pressione di esercizio dei tubi in PVC secondo diversi parametri

Categoria	Temperatura °C	Spessori				
		1	2	3	4	5
PVC 60	20	0,25	0,40	0,60	1,00	1,60
	40	0,10	0,16	0,25	0,60	1,00
	60	-	-	-	0,10	0,25

PVC 100	20	0,40	0,60	1,00	1,60	-
	40	0,25	0,40	0,60	1,00	-
	60	-	-	0,10	0,25	-

Tabella 3.26.6. – Valori di tolleranza dei tubi in PVC

Diametro	Diametro esterno medio		Diametro esterno			
			Serie spessori 1, 2		Serie spessori 3,4,5	
	min	max	min	max	min	max
6	6,0	6,3	-	-	5,7	6,3
8	8,0	8,3	-	-	7,7	8,3
10	10,0	10,3	-	-	9,7	10,3
12	12,0	12,3	-	-	11,7	12,3
16	16,0	16,3	-	-	15,7	16,3
20	20,0	20,3	-	-	19,7	20,3
25	25,0	25,3	-	-	24,7	25,3
32	32,0	32,3	-	-	31,7	32,3
40	40,0	40,3	38,8	41,2	39,7	40,3
50	50,0	50,3	48,5	51,5	49,7	50,3
63	63,0	63,3	61,5	64,9	62,7	63,3

Tabella 3.26.7. – Tolleranze ammesse per i tubi in PVC

Diametro	Serie spessori				
	1	2	3	4	5
6	-	-	-	-	1,0 ^{+0,3}
8	-	-	-	-	1,0 ^{+0,3}
10	-	-	-	1,0 ^{+0,3}	1,2 ^{+0,4}
12	-	-	-	1,0 ^{+0,3}	1,5 ^{+0,4}
16	-	-	-	1,6 ^{+0,4}	1,9 ^{+0,4}
20	-	-	-	1,6 ^{+0,4}	2,4 ^{+0,5}
25	-	-	1,6 ^{+0,4}	1,9 ^{+0,4}	3,0 ^{+0,5}
32	-	-	1,6 ^{+0,4}	2,4 ^{+0,5}	3,8 ^{+0,6}
40	-	1,8 ^{+0,4}	2,0 ^{+0,4}	3,0 ^{+0,5}	4,7 ^{+0,7}
50	-	1,8 ^{+0,4}	2,4 ^{+0,5}	3,7 ^{+0,6}	5,9 ^{+0,8}
63	1,8 ^{+0,4}	1,9 ^{+0,4}	3,0 ^{+0,5}	4,7 ^{+0,7}	7,5 ^{+1,0}

31.4 - Tubazioni di fibrocemento

31.4.1 - Tubi di fibrocemento per fognature e sistemi di scarico per sistemi a gravità

I tubi in fibrocemento devono essere costituiti principalmente da cemento o silicato di calcio rinforzato con fibre. Per le caratteristiche del cemento si rimanda alla **UNI ENV 197-1**.

La legge 27 marzo 1992, n. 257 – *Norme per la cessazione dell'impiego dell'amianto* – ha vietato la fabbricazione e l'impiego di manufatti d'amianto cemento, fissando severe disposizioni per lo smaltimento dei rifiuti di tale materiale, pertanto è consentito l'impiego solo di prodotti N.T (tecnologia senza amianto).

I tubi potranno essere forniti con estremità lisce oppure con una liscia e l'altra a bicchiere.

I tubi sono classificati secondo la resistenza minima alla compressione in tre classi in base al carico agente sulla superficie interna unitaria: 60, 90 e 120 kN/m². In particolare i carichi minimi di rottura devono essere conformi a quelli del prospetto 7 della **UNI 588-1**, valido per diametro nominale fino a 1000, per diametri nominali superiori dovrà farsi riferimento a quanto riportato al punto 4.7.1 della **UNI 588-1**.

Per l'accettazione da parte del direttore dei lavori, i tubi debbono essere privi di scheggiature, difetti di lavorazione ed irregolarità.

La superficie interna dei tubi dovrà essere regolare e liscia.

I diametri nominali devono essere conformi a quelli indicati nel prospetto 1 della **UNI 588-1**.

La lunghezza nominale dei tubi dovrà corrispondere a quella indicata nel prospetto 2 della **UNI 588-1**.

31.4.2 - Marcatura e denominazione

La marcatura sul tubo richiesta dal punto 4.11 della **UNI 588-1** dovrà essere durevole.

Essa deve contenere come minimo:

- normativa di riferimento;
- diametro nominale;
- produttore;
- data di produzione;
- classe;
- serie (se necessario);
- certificazione organismo di controllo;
- sigla NT.

La denominazione dei tubi e degli accessori dovrà riportare:

- normativa di riferimento;

- diametro nominale;
- lunghezza;
- serie (se necessario);
- sigla NT.

In particolare per i giunti la marcatura dovrà riportare:

- normativa di riferimento;
- diametro nominale;
- produttore;
- data di produzione;
- classe;
- sigla NT.

31.4.3 - Giunti, raccordi e guarnizioni

I giunti per i tubi potranno essere a bicchiere o a manicotto. I giunti ed i raccordi devono presentare caratteristiche non inferiori a quelle dei corrispondenti tubi. Le parti dei giunti non di fibrocemento devono soddisfare alle norme vigenti per i relativi materiali.

I giunti devono resistere ad una pressione idrostatica interna od esterna di 100 ± 10 kPa. I giunti, durante la prova di tenuta, non debbono manifestare perdite o trasudamento.

Le guarnizioni elastiche di tenuta, realizzate a base di gomma naturale o sintetica, devono essere conformi alle prescrizioni della norma **UNI EN 681/1** (elementi di tenuta in elastomero) o di altra specifica normativa emanata sull'argomento.

31.4.4 - Controllo della qualità

I prodotti, con riferimento al punto 7 della **UNI 588-1**, debbono essere sottoposti alle seguenti procedure di controllo:

- controllo iniziale dei prodotti (punto 7.2 della **UNI 588-1**);
- controllo interno della qualità (punto 7.3 della **UNI 588-1**);
- controllo effettuato da idoneo istituto di controllo esterno (punto 7.4 della **UNI 588-1**).

31.5 - Tubi in polietilene reticolato (PE-X)

I tubi di polietilene reticolato, ottenuti con reticolazione con perossidi, silani, radiazioni ionizzanti o azocomposti, da utilizzarsi per il convogliamento di fluidi caldi alimentari o non alimentari in pressione e con temperature fino a 80 °C, devono alle prescrizioni seguenti norme:

UNI 9338 -Tubi di materie plastiche per condotte di fluidi caldi sotto pressione. Tubi di polietilene reticolato (PE-X). Tipi, dimensioni e requisiti;

UNI 9349 -Tubi di polietilene reticolato (PE-X) per condotte di fluidi caldi sotto pressione. Metodi di prova.

Per il convogliamento di fluidi caldi ad uso non alimentare in esercizio continuo, dovrà impiegarsi il tipo 314, mentre per il convogliamento di fluidi alimentari e sanitari caldi dovrà utilizzarsi il tipo 315.

31.6 - Tubi in polipropilene (PP)

Per le caratteristiche dei tubi in polipropilene (PP), ricavati osmpolimeri e/o cosmopolimeri del propilene, si farà riferimento alle prescrizioni delle seguenti norme:

UNI 8318 - Tubi di polipropilene (PP) per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti;

UNI 8321 - Tubi di polipropilene (PP). Metodi di prova.

Nel caso di utilizzo di fluidi alimentari o acqua potabile dovrà impiegarsi il tipo 312, in grado di sopportare, in pressione, temperature fino 100 °C. In generale per le pressioni di esercizio in funzione della temperatura e della pressione nominale si rimanda a quanto prescritto dalla norma **UNI 8318**.

31.7 - Tubi in polietilene ad alta densità (PE ad)

I tubi per condotte di scarico interrate saranno individuati come tipo 303 di cui al Prospetto I della **UNI 7613**.

La norma **UNI 7613** prevede diametri nominali, coincidenti con i diametri esterni medi, dal DN 110 al DN 1200.

La pressione nominale PN corrispondente sarà di 3,2 bar ed i tubi devono essere conformi, per diametri (esterno ed esterno medio), spessori e relative tolleranze al prospetto II (Dimensioni) di cui al punto 5 della **UNI 7613**.

I valori dei diametri esterni previsti sono: 110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 710, 800, 900, 1000 e 1200.

Le condizioni d'impiego sono previste dalla **UNI 7613**.

I tubi devono essere forniti in barre di 6,00 m o 12,00 m secondo disposizione.

Per gli ulteriori requisiti si rimanda al prospetto III (Requisiti) della **UNI 7613** che prevede:

- esame dell'aspetto, da eseguirsi con riferimento al punto 4.1 della **UNI 7615**;
- verifica delle tolleranze sul diametro esterno medio, sul diametro esterno qualunque, sullo spessore e sulla lunghezza, da eseguirsi con riferimento al punto 4.2 della **UNI 7615**;
- prova di tenuta idraulica alla pressione interna dei tubi e dei giunti da eseguirsi con riferimento al punto 4.3 della **UNI 7615**;
- tensioni interne dei tubi e dei giunti da eseguirsi con riferimento al punto 4.4 della **UNI 7615**;
- resistenza alla pressione interna da eseguirsi con riferimento al punto 4.5 della **UNI 7615**;
- resistenza chimica nei confronti dei fluidi: **UNI ISO/TR 7474**.

31.7.1 - Raccordi per le tubazioni per la distribuzione dell'acqua

I raccordi per le tubazioni per la distribuzione dell'acqua devono rispondere alle prescrizioni della **UNI 10910-3** e C.M. 2

dicembre 1978, n. 102 emanata dal Ministero della Sanità.

Per i raccordi a serraggio meccanico in materiale plastico valgono i requisiti della norma **UNI 9561**.

31.7.2 - Designazione e marcatura

La designazione dei tubi in PE ad dovrà comprendere: la denominazione, l'indicazione del tipo, il valore del diametro D, la pressione nominale PN, il riferimento alla citata norma.

La marcatura dei tubi dovrà comprendere: l'indicazione del materiale (PE a.d.); il tipo; il valore del diametro esterno D; la pressione nominale PN; il marchio di fabbrica; il periodo di produzione.

31.7.3 - Norme di riferimento

I tubi di polietilene ad alta densità (PEad) devono rispondere rispettivamente alle seguenti norme UNI:

UNI ISO/TR 7474 - Tubi e raccordi di polietilene ad alta densità (PEad). Resistenza chimica nei confronti dei fluidi.

UNI 7611 - Tubi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti;

UNI 7612 - Raccordi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti;

UNI 7613 - Tubi di polietilene ad alta densità per condotte di scarico interrate. Tipi, dimensioni e requisiti;

UNI 7615 - Tubi di polietilene ad alta densità. Metodi di prova;

UNI 7616 - Raccordi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Metodi di prova.

Tabella 3.26.8. – Diametri e spessori dei tubi in PEad

Diametro	Diametro esterno medio		Pressioni nominali				
	min	max	2,5	4	6	10	16
10	10,0	10,3	-	-	-	-	2,0
12	12,0	12,3	-	-	-	-	2,0
16	16,0	16,3	-	-	-	2,0	2,3
20	20,0	20,3	-	-	-	2,0	2,8
25	25,0	25,3	-	-	2,0	2,3	3,5
32	32,0	32,3	-	-	2,0	3,0	4,5
40	40,0	40,4	-	2,0	2,3	3,7	5,6
50	50,0	50,5	-	2,0	2,0	3,7	5,6
63	63,0	63,6	2,0	2,5	3,6	5,8	8,7
75	75,0	75,7	2,0	2,9	4,3	6,9	10,4
90	90,0	90,9	2,2	3,5	5,1	8,2	12,5
110	110,0	110,0	2,7	4,3	6,3	10,0	15,2
125	125,0	126,2	3,1	4,9	7,1	11,4	17,3
140	140,0	141,3	3,5	5,4	8,0	12,8	19,4
160	160,0	161,5	3,9	6,2	9,1	14,6	22,1
180	180,0	181,7	4,4	7,0	10,2	16,4	24,9
200	200,0	201,8	4,9	7,7	11,4	18,2	27,6
225	225,0	227,1	5,5	8,7	12,8	20,5	31,1
250	250,0	252,3	6,1	9,7	14,2	22,8	34,5
280	280,0	282,6	6,9	10,8	15,9	25,5	-
315	315,0	317,9	7,7	12,2	17,9	28,7	-
355	355,0	358,2	8,7	13,7	20,1	32,3	-
400	400,0	403,6	9,8	15,4	22,7	36,4	-
450	450,0	454,1	11,0	17,4	25,5	41,0	-
500	500,0	504,5	12,2	19,3	28,3	-	-

31.8 - Tubi in rame

31.8.1 - Impieghi

I requisiti, i criteri per il campionamento, i metodi di prova e le condizioni di fornitura dei tubi di rame sono quelli previsti dalla norma **UNI EN 1057** - Rame e leghe di rame. Tubi rotondi di rame senza saldatura per acqua e gas nelle applicazioni sanitarie e di riscaldamento.

Le prescrizioni della norma UNI si applicano ai tubi rotondi di rame senza saldatura aventi un diametro esterno da 6 mm fino a 267 mm, impiegati per:

- le reti di distribuzione per acqua calda ed acqua fredda;
- gli impianti di riscaldamento ad acqua calda, inclusi gli impianti a pannelli radianti;
- la distribuzione di combustibili domestici gassosi e liquidi;
- lo smaltimento di acqua di scarico sanitario.

Con riferimento all'art. 125, comma 1, lettera d) del R.D. 3 febbraio 1901, n. 45, Regolamento generale sanitario (G.U. 21 febbraio 1901, n. 44), è vietato vendere qualsiasi oggetto destinato a porsi in contatto diretto con sostanze alimentari e bevande che siano, fatti di rame od ottone e non rivestiti internamente di stagnature o saldati con lega di stagno e piombo contenente di questo ultimo più del 10 per cento; il divieto non concerne i tubi di rame elettrolitico delle condotte per acqua potabile nell'interno delle abitazioni, che sono ammessi sempre che siano osservate le seguenti prescrizioni:

- 1) il materiale rame elettrolitico può essere impiegato esclusivamente per tubazioni nell'interno delle abitazioni;
- 2) il materiale rame elettrolitico, per quanto riguarda la composizione chimica, deve avere un titolo di purezza non inferiore al 99,90 per cento di rame, comprese eventuali minime tracce di argento e non deve contenere fosforo in quantità superiore a gr. 0,04 per cento;
- 3) i tubi di rame elettrolitico, che non contengono fosforo o che lo contengono in misura inferiore a gr. 0,015 per cento,

all'esame microscopico eseguito con un ingrandimento di 75 diametri devono dimostrarsi esenti da ossido rameoso;

4) l'acqua erogata deve contenere al massimo 3 milligrammi di rame per litro dopo contatto stagnante per 16 ore con i tubi e solamente per i primi 10 giorni di esercizio. Dopo tale periodo la quantità di rame disciolta non deve superare mg. 1,5 per litro;

5) le ditte produttrici devono apporre sui tubi di rame apposita punzonatura, intervallata ogni 60 cm sulla quale siano indicati: il marchio di fabbrica, il nome della ditta produttrice, l'anno di fabbricazione, il titolo di purezza del materiale.

31.8.2 - Designazione

La designazione del tubo di rame deve riportare i seguenti dati:

- denominazione (tubo di rame);
- norma **UNI EN 1057**;
- stato metallurgico del materiale indicato dal prospetto 1 della norma **UNI EN 1057**;
- dimensioni nominali della sezione.

31.8.3 - Tolleranze

Le tolleranze del diametro esterno deve rispettare i limiti previsti dal prospetto 4 della norma **UNI EN 1057**.

Le tolleranze dello spessore di parete, espressa in percentuale, sono indicate nel prospetto 5 della citata norma.

31.8.4 - Condizioni dello stato superficiale

Le superfici esterne ed interne dei tubi di rame devono essere pulite e lisce. Il direttore dei lavori dovrà accertarsi che la superficie interna non contenga pellicole nocive né presenti un livello di carbonio sufficientemente elevato da consentire la formazione di tali pellicole durante la posa in opera.

31.8.5 - Prove di curvatura, allargamento e bordatura

Prima della posa in opera il direttore dei lavori dovrà fare eseguire le prove di curvatura, allargamento e bordatura in relazione al diametro del tubo, come previsto dal prospetto 7 della norma **UNI EN 1057**.

La prova di allargamento deve essere eseguita in conformità alle disposizioni della norma **EN 10234**.

31.8.6 - Verifica di qualità

L'appaltatore dovrà fornire i risultati delle prove di qualità fatte eseguire dal produttore con riferimento al prospetto 8 della norma **UNI EN 1057**.

31.8.7 - 98.8.7 Marcatura

La norma **UNI EN 1057** prescrive che i tubi di rame aventi diametro maggiore o uguale 10 mm fino a 54 mm compresi devono essere marcati in modo indelebile sulla lunghezza ad intervalli ripetuti non maggiori di 600 mm, riportando almeno le seguenti indicazioni:

- norma **EN 1057**;
- dimensioni nominali della sezione: diametro esterno x spessore di parete;
- identificazione dello stato metallurgico mediante l'apposito simbolo;
- marchio di identificazione del produttore;
- data di produzione.

I tubi di rame aventi diametro maggiore o uguale a 6 mm fino a 10 mm escluso oppure di diametro maggiore di 54 mm, devono essere marcati analogamente, in modo leggibile, almeno in corrispondenza di entrambe le estremità.

31.8.8 - Prove per verificare l'assenza di difetti

La verifica dell'assenza di difetti, con riferimento all'appendice C della norma **UNI EN 1057**, potrà essere confermata mediante le seguenti prove:

- controllo mediante le correnti indotte;
- prova idrostatica;
- prova pneumatica.

Tabella 3.26.9. – Tubazioni in rame serie leggera

Diametro esterno mm	Spessore mm	Massa lineica kg/m
6	0,75	0,110
8	0,75	0,152
10	0,75	0,194
12	0,75	0,238
14	0,75	0,278
15	0,75	0,299
16	0,75	0,320
18	0,75	0,362
22	1	0,587
28	1	0,755
35	1,2	1,134
42	1,2	1,369
54	1,5	2,202
64	2	3,467
76,1	2	4,143
88,9	2	4,859
108	2,5	7,374

Tabella 3.26.10. – Tubazioni in rame serie pesante

Diametro esterno mm	Spessore mm	Massa lineica kg/m
6	1	0,140
8	1	0,198
10	1	0,252
12	1	0,308
14	1	0,363
15	1	0,391
16	1	0,419
18	1	0,475
22	1,5	0,859
28	1,5	1,111
35	1,5	1,405
42	1,5	1,699
54	1,2	2,908
76,1	2,5	5,144
88,9	2,5	6,039
108	3	8,807

Tabella 3.26.11. – Valori di tolleranza per i diametri esterni dei tubi in rame con riferimento alla norma UNI 6507

Diametro esterno	Scostamenti limite	
	diametro medio	diametro esterno
6-18	± 0,045	-
22-28	± 0,055	-
35-54	± 0,07	-
64-76,1	± 0,07	± 0,08
88,9	± 0,07	± 0,10
108	± 0,07	± 0,12

Tabella 3.26.12. – Valori di tolleranza sugli spessori dei tubi in rame

Diametro nominale	Spessore						
	0,75	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3
6	± 0,10	± 0,13	-	-	-	-	-
8	± 0,10	± 0,13	-	-	-	-	-
10	± 0,10	± 0,13	-	-	-	-	-
12	± 0,10	± 0,13	-	-	-	-	-
14	± 0,11	± 0,14	-	-	-	-	-
14	± 0,11	± 0,14	-	-	-	-	-
15	± 0,11	± 0,14	-	-	-	-	-
16	± 0,11	± 0,14	-	-	-	-	-
18	± 0,11	± 0,14	-	-	-	-	-
22	± 0,11	± 0,15	-	± 0,21	-	-	-
28	-	± 0,15	-	± 0,21	-	-	-
35	-	-	± 0,17	± 0,23	-	-	-
42	-	-	± 0,17	± 0,23	-	-	-
54	-	-	-	± 0,25	± 0,32	-	-
64	-	-	-	-	± 0,32	-	-
76,1	-	-	-	-	± 0,32	± 0,40	-
88,9	-	-	-	-	± 0,32	± 0,40	-
108	-	-	-	-	-	± 0,40	± 0,50

31.9 - Tubi in ghisa sferoidale

I tubi ed i raccordi in ghisa sferoidale secondo la norma **UNI EN 545** sono nei seguenti diametri nominali (DN): 40, 50, 60, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000.

Per agevolare l'intercambiabilità tra le forniture di diversi produttori, le tolleranze sul diametro esterno devono rispettare, secondo il tipo, le norme **UNI 9163** e **UNI 9164**.

Per le tolleranze di ovalizzazione relative all'estremità lisce dei tubi e dei raccordi la norma **UNI EN 545** prescrive

- di attenersi ai limiti di tolleranza del prospetto 14 della citata norma per i tubi aventi DN 40 ÷ 200;
- una tolleranza ≤ 1% per tubi aventi DN 250 ÷ 600 e ≤ 2% per tubi aventi DN > 600.

I tubi in ghisa devono essere forniti secondo il prospetto 3 della **UNI EN 545** con i seguenti scostamenti ammissibili rispetto alla lunghezza unificata:

- lunghezza unificata 8,15 m = ± 150 mm;
- altre lunghezze unificate = ± 100 mm.

Le tolleranze sulle lunghezze dei tubi secondo la norma **UNI EN 545**, prospetto 6, sono:

- tubi con bicchiere ed estremità liscia: ± 30 mm;
- raccordi con giunti a bicchiere: ± 20 mm;
- tubi e raccordi per giunti a flangia: ± 10 mm.

La lunghezza utile del tubo è quella del tubo escluso il bicchiere.

Per i tubi e raccordi lo spessore di parete dovrà essere riferito al diametro nominale (DN), le classi di spessore unificate sono riportate nel prospetto 9 della **UNI EN 545**.

31.9.1 - Rivestimento interno

Tutti i tubi, raccordi e pezzi accessori per condotte in ghisa sferoidale devono essere rivestiti all'interno ed all'esterno. I tubi, dopo la centrifugazione, saranno ricotti, zincati esternamente e rivestiti all'interno con malta ed infine ricoperti all'esterno con vernici bituminose.

Per le condotte d'acqua il rivestimento interno, secondo la **UNI EN 545**, può essere realizzato con malta di cemento di altoforno o alluminoso applicata per centrifugazione, poliuretano, vernice bituminosa.

31.9.1.1 - Rivestimento esterno

Il rivestimento esterno ha la funzione di assicurare una protezione duratura contro l'aggressività chimica dei terreni.

I rivestimenti esterni dei tubi secondo la **UNI EN 545** debbono essere costituiti da zinco con uno strato di finitura di prodotto bituminoso o di resina sintetica. La direzione dei lavori si riserva di accettare tubi con rivestimenti esterni in: nastri adesivi, malta di cemento con fibre, poliuretano, polipropilene estruso, polietilene estruso, rivestimento con manicotto di polietilene.

Relativamente al rivestimento esterno, per tutto quanto non precisato dal presente articolo, si applicheranno le prescrizioni della **UNI ISO 8179**.

31.9.2 - Raccordi

I raccordi in ghisa sferoidale devono essere conformi alle norme **UNI EN 598/95** e/o **UNI EN 545**.

I raccordi per condotte in pressione devono essere sottoposti in stabilimento a collaudo effettuato con aria ad una pressione di 1 bar oppure ad altra prova di tenuta equivalente (**UNI EN 598/95**).

Devono inoltre avere le estremità a bicchiere per giunzioni automatiche a mezzo anelli in gomma oppure a flangia.

31.9.3 - Protezione esterna in polietilene

Prima del manicottaggio, i tubi e i raccordi devono essere il più asciutti e puliti possibile, evitando in particolare la presenza di terra tra il tubo e il manicotto.

Il manicotto in polietilene deve essere applicato perfettamente sulla condotta con opportune piegature e legature. La piega deve sempre essere realizzata sulla generatrice superiore del tubo al fine di limitare i possibili rischi di danneggiamento del manicotto durante il rinterro. È vietato l'impiego di manicotti strappati. I manicotti con piccoli strappi devono essere riparati con nastro adesivo, invece quelli con strappi più grandi devono essere riparati con pezzi di manicotto supplementari in grado di ricoprire tutta la zona danneggiata.

Il rivestimento realizzato dal manicotto della canna e dal manicotto del giunto deve assicurare la continuità totale della protezione.

31.9.4 - Requisiti di accettazione

I tubi, i raccordi ed i pezzi accessori per condotte non devono presentare alcun difetto o aver subito danneggiamenti durante la movimentazione che possano nuocere al loro impiego.

I tubi, i raccordi ed i pezzi accessori per condotte che presentino piccole imperfezioni, inevitabili per i processi di fabbricazione e che non nuociano in alcun modo al loro impiego, o che abbiano subito danneggiamenti durante la movimentazione o in caso di incidenti, potranno essere accettati, previa riparazione e benessere della stazione appaltante, la riparazione di alcuni difetti o danni dovrà essere eseguita con i metodi appropriati indicati dal produttore.

31.9.5 - Marcatura dei tubi e raccordi

La marcatura dei tubi dovrà essere eseguita con prodotti indelebili e apposta nella zona centrale dei manufatti, e dovrà comprendere:

a) indicazioni che devono essere ottenuti direttamente nella fusione del getto:

- designazione GS;
- numero di matricola;
- classificazione delle flange secondo la PN (eventuale);
- marchio di fabbrica del produttore;
- anno di fabbricazione;
- diametro nominale (DN);

b) indicazioni che possono essere applicati con qualsiasi metodo (pitturazione) o sull'imballaggio:

- norma UNI di riferimento;
- certificazione rilasciata da terzi (eventuale);
- designazione della classe di spessore dei tubi centrifugati (quando diversa da K 9).

31.10 - Tubi in alluminio

I tubi in alluminio devono rispondere alla norma:

UNI 10876 - Alluminio e leghe di alluminio. Tubi multistrato di alluminio saldato e polietilene per adduzione fluidi.

31.11 - Valvole

Le valvole a saracinesca flangiate per condotte d'acqua devono essere conformi alle norme **UNI 7125**.

Le valvole disconnettrici a tre vie contro il ritorno di flusso e zone di pressione ridotta devono essere conformi alla norma **UNI 9157**.

Le valvole di sicurezza per apparecchi in pressione devono rispondere alla norma **UNI 9335**.

La rispondenza alle norme predette deve essere comprovata da dichiarazione di conformità completata con dichiarazioni di rispondenza alle caratteristiche specifiche previste dal progetto.

31.12 - Pompe

Le pompe centrifughe devono rispondere alle prescrizioni previste dal progetto e rispondere (a seconda dei tipi) alle norme UNI:

UNI EN ISO 9908 - Specifiche tecniche per pompe centrifughe. Classe III;

UNI EN 22858 - Pompe centrifughe ad aspirazione assiale (pressione nominale 16 bar). Designazione, condizioni nominali di esercizio e dimensioni;

UNI ISO 2548 - Pompe centrifughe, semiassiali ed assiali. Codice di prove d'accettazione. Classe C;

UNI ISO 3555 - Pompe centrifughe, semiassiali ed assiali. Codice per le prove di accettazione. Classe B;

UNI EN 733 - Pompe centrifughe ad aspirazione assiale, pressione nominale 10 bar, con supporti. Punto di funzionamento nominale, dimensioni principali, sistema di designazione.

Art. 32 - Ancoraggi - Tiranti (in barre, trefoli e funi), bulloni e chiodi

32.1 - Classificazione, definizione e normative

32.1.1 - Classificazione

Le opere di cui in appresso sono riferite alla classificazione che segue.

A. Ancoraggi

Gli ancoraggi sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- Tiranti d'ancoraggio;
- Bulloni;
- Chiodi.

32.1.2 - Definizioni

a) Tiranti d'ancoraggio

Per tiranti d'ancoraggio si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione. Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione (testata) o un golfare.

In relazione alle modalità di sollecitazione, i tiranti vengono distinti in:

- Tiranti passivi, nei quali la sollecitazione di trazione nasce quale reazione a seguito di una deformazione dell'opera ancorata;
- Tiranti attivi, nei quali la sollecitazione di trazione è impressa in tutto o in parte all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

In relazione alla durata di esercizio, i tiranti vengono distinti in:

- Tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo limitato e definito a priori;
- Tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di barre ad aderenza migliorata, trefoli o funi in acciaio solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie selettive.

b) Bulloni

Si tratta di elementi strutturali che, in esercizio, sono sollecitati a trazione, e che sono in grado di assorbire anche eventuali sollecitazioni taglianti. Si tratta quindi di ancoraggi particolari, i cui elementi caratteristici sono:

- Armatura costituita da una singola barra;
- Lunghezza in genere limitata;
- Impiego prevalente in roccia;
- Solidarizzazione, di norma, per semplice cementazione.

Analogamente ai tiranti di ancoraggio è possibile operare distinzioni in base alle modalità di applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) ed in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti).

L'armatura è costituita da:

- barra in acciaio ad aderenza migliorata;
- barra in vetroresina.

c) Chiodi

Si tratta di ancoraggi tipicamente passivi, costituiti da elementi strutturali operanti in un dominio di taglio e trazione conseguente ad una deformazione da taglio.

I chiodi sono quindi generalmente privi di testa di ripartizione e con l'armatura costituita da:

- Barra in acciaio a aderenza migliorata;
- Profilato metallico;
- Barra o tubo in vetroresina, con superficie corrugata o scabra.

32.1.3 - Normative di riferimento

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti leggi e normative:

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 Norme tecniche per le costruzioni;
- Decreto Ministeriale 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. *"Ancoraggi nei terreni e nelle rocce"*, edizione 2012;
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN che saranno richiamate ove pertinenti;
- ETAG 27 *"Guida per il benessere tecnico europeo di Sistemi di Protezione Paramassi"* edizione 2008-02-01.

32.2 - Soggezioni geotecniche ed ambientali

a) Conoscenze geotecniche e geologiche

Poiché la corretta scelta della tipologia e delle dimensioni degli ancoraggi e delle relative procedure di esecuzione è basilare per la corretta realizzazione degli stessi, l'Impresa dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni, dei caratteri geomorfologici e strutturali degli ammassi rocciosi, e dell'influenza della falda.

Ove ne ricorra l'opportunità si richiederanno prove tecnologiche preliminari, secondo quanto precisato successivamente, eventualmente accompagnate da prove di tensionamento a supporto della progettazione.

b) Aggressività dell'ambiente

Poiché l'ambiente circostante gli ancoraggi è costituito dal terreno, dalle acque sotterranee e superficiali stagnanti o correnti, e dall'atmosfera, dovranno essere valutati con molta i pericoli di corrosione delle armature tese e di aggressione chimico-fisica dei bulbi di ancoraggio.

E' da tenere presente che l'azione aggressiva è esaltata dal movimento dell'acqua, dalla temperatura elevata e dalle correnti vaganti.

L'ambienti è da considerare aggressivo nei riguardi del cemento anche se è verificata una sola delle condizioni qui di seguito indicate:

- Grado idrotimetrico dell'acqua del terreno o di falda < 3° F
- Valore del ph < 6
- Contenuto in CO₂ disciolta > 30 mg/l
- Contenuto in NH₄ > 30 mg/l
- Contenuto in MG < 300 mg/l
- Contenuto in SO > 600 mg/l (oppure >6000 mg/kg di terreno sciolto)

In ambiente aggressivo d'idoneità del cemento deve essere certificata dal fabbricante o da prove preliminari di laboratorio.

32.3 - Elementi costitutivi dei tiranti e dei bulloni

Nelle strutture di ancoraggio che lavorano totalmente o prevalentemente a trazione si distinguono i seguenti elementi:

a) Testata o golfare

E' il dispositivo di ripartizione delle sollecitazioni di ancoraggio sulla opera ancorata, è normalmente costituita da una piastra metallica di adeguate dimensioni, dotata di fori passanti per ospitare le armature, con i relativi dispositivi di bloccaggio ed il condotto di iniezione o da un golfare.

b) Armatura

E' l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni delle testate del terreno alla roccia, è costituita da trefoli, funi o barre, a seconda del tipo di ancoraggio.

c) Tratto libero

E' la parte di armatura che non è solidarizzata al terreno o alla roccia, la cui lunghezza caratterizza la deformabilità dell'ancoraggio.

d) Canna di iniezione

E' costituito da un tubo generalmente in P.V.C., dotato o meno di valvole a manchettes, che viene collegato al

circuito di iniezione per la solidarizzazione dell'ancoraggio al terreno o alla roccia. Nei tiranti di ancoraggio fra il tratto libero e la fondazione è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, tenuto in sede da due tamponi posti alle estremità. La funzione del sacco otturatore è di bloccare le eventuali fughe di miscela cementizia attraverso il tratto libero, esso dunque è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale.

Nei tiranti definitivi sono presenti dispositivi atti a realizzare la protezione delle armature anche in corrispondenza del tratto di fondazione. Questo dispositivo è in genere costituito da una guaina in PVC corrugata, dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva o puntale terminale, ed al tampone del sacco otturatore. Un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato dall'interno di questa guaina (bulbo interno). Nel caso di tiranti a iniezioni selettive, la guaina grecata collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.

32.4 - Prove preliminari

Le attrezzature prescelte ed i procedimenti esecutivi per le varie tipologie degli ancoraggi dovranno essere comunicati dall'Impresa alla D.L. per informazione.

Se richiesto dalla D.L., in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità dei tipi esecutivi, delle attrezzature e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove preliminari. Le relative prove di carico saranno eseguite in conformità a quanto prescritto al punto 8.

32.5 - Tolleranze

Gli ancoraggi dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- Coordinate plano-altimetriche ± 2 cm
- Scostamento dall'asse teorico $\pm 1\%$
- Lunghezza ± 15 cm

32.6 - Materiali

Le prescrizioni che seguono sono complementari a quelle di cui alla Cat. Opere in Conglomerato Cementizio che si intendono quindi integralmente applicabili.

a) Armature metalliche

a1) Trefoli tipo c.a.p.

Si utilizzeranno trefoli $\varnothing 6/10''$ in acciaio liscio. Le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate.

- Componenti 7 fili $\varnothing 5$ mm
- Diametro nominale 15/20 mm
- Sezione nominale 139 mm
- Tensione effettiva ll'1% di allungamento 225 KN
- Tensione di rottura effettiva 250 KN
- Modulo elastico $E = 200 \div 205$ KN/mm²
- Limite elastico convenzionale allo 0,1 % $f_{ptk} \geq 1600$ N/mm²
- Allungamento a rottura su 610 mm 5.2 \div 5.1%
- Peso 1.1 kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

- In esercizio $\sigma_a \leq 0.6 f_{ptk}$
- In fase provvisoria $\sigma_{al} \leq 0.85 \sigma_{p(1)k}$

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

- In esercizio $T \leq 150$ kN
- In fase transitoria t (per prove di collaudo o brevi fasi di carico) $T \leq 180$ KN

a2) Barre – Barre in acciai speciali

Le barre saranno in acciaio del tipo a aderenza migliorata (a.m.), di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nella Cat. Opere in Conglomerato Cementizio.

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali ed a filettatura continua, ad alta resistenza o simili. Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore, e verificare a norma dei regolamenti già richiamati.

a3) funi spirodali ad anima tessile con tensione di rottura del singolo filo $\geq 1.770 \text{ Mpa}$

b) Apparecchi di testata

b1) Dispositivi di bloccaggio

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni dell'Allegato "B" della Circolare Ministeriale LL.PP. 30 giugno 1980 ed eventuali successivi aggiornamenti; per i bulloni si farà invece riferimento al D.M. del 14 febbraio 1992 n. 55 – parte II – par. 2.5.

b.2) Piastre di ripartizione e golfari

Si adotteranno piastre di ripartizione e golfari le cui dimensioni dovranno essere scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto.

c) Miscele di iniezione e loro componenti

c.1) Caratteristiche dei componenti

L'Impresa dovrà accertarsi preventivamente che i materiali, aventi le caratteristiche qui richieste, siano disponibili in quantità sufficiente a coprire l'intero fabbisogno per l'esecuzione degli ancoraggi previsti in progetto.

c.2) Cemento

il cemento impiegato deve essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

c.3) Inerti

Sarà possibile di norma utilizzare solo inerti costituiti da polveri di calcare, o ceneri volanti, previa autorizzazione della D.L..

Nel caso di impiego di ceneri colanti, ad esempio provenienti dai filtri di altiforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio da 0.075 mm.

c.4) Acqua di impasto

Si utilizzerà acqua chiara, dolce, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di cui alla Cat. Opere in Conglomerato Cementizio.

c.5) Additivi

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari, previa comunicazione alla D.L.. I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere comunicati preventivamente alla D.L.

c.6) Preparazione delle miscele cementizie

- Caratteristiche di resistenza e dosaggi

Di norma la resistenza cubica da ottenere per le miscele cementizie di iniezione deve essere: $R_{ck} \geq 25 \text{ Mpa}$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento: $a/c \leq 0.5$

- Composizione delle miscele cementizie

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 m^3 di prodotto, sarà:

- acqua	25 kg
- cemento	100 kg
- additivi	6 kg

con un peso specifico pari a circa: $\rho = 1.8 \text{ kg/dm}^3$

- Impianti di preparazione

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semi-automatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua;
- mescolatore primario ad elevata turbolenza (min. 1500 giri/min.);

- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici delle miscele cementizie.

c.7) Controlli e documentazione

Le miscele confezionate in cantiere saranno di norma sottoposte ai seguenti tipi di controllo:

- peso specifico
- viscosità Marsh
- decantazione
- tempo di presa
- prelievo di campioni per prove di compressione a rottura.

La frequenza delle prove è indicata nel Controllo Qualità-

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cm^3 il peso specifico del cemento e 2.65 g/cm^3 quello degli eventuali inerti, nell'ipotesi che non venga inclusa aria. Nelle prove di decantazione l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume.

d) Dispositivi di protezione

d.1) Guaine in materiali plastici

La guaina è un elemento costitutivo del tirante atto a proteggere l'armatura metallica dalla corrosione. I tiranti saranno del tipo "a doppia protezione" nei confronti della corrosione, ossia saranno dotate di guaina liscia in corrispondenza del tratto libero e di guaina corrugata in corrispondenza del bulbo. Nei tiranti a trefoli, ogni trefolo deve essere singolarmente inguainato.

Di norma verranno impiegati tubetti lisci e corrugati in pvc, polietilene o polipropilene, di diametro interno congruente con il diametro dei trefoli o delle barre.

L'intercapedine tra la guaina liscia e l'armatura metallica dovrà essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile, mentre tra la guaina corrugata e la barra verrà eseguita l'iniezione della miscela.

d.2) Centratori e distanziatori

Forma e numero dei centratori devono essere tali da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento e nello stesso tempo non devono ostacolare il passaggio della miscela.

Per i tiranti aventi l'armatura costituita da un fascio di trefoli, questi dovranno essere simmetricamente disposti intorno al tubo centrale di iniezione, in corrispondenza del tratto di fondazione, saranno inseriti in appositi distanziatori che, regolarmente intervallati con fascette di restringimento, permetteranno al fascio di trefoli di assumere un andamento sinusoidale a ventre e nodi che incrementa l'ancoraggio passivo dell'armatura i bulbi.

Nella parte libera il posizionamento dei trefoli, parallelo al tubo di iniezione, sarà garantito da dispositivi direzionali; una guaina flessibile in pvc proteggerà e avvolgerà il tutto, permettendo nel contempo la massima libertà di allungamento ai trefoli stessi.

d.3) Dispositivi per l'iniezione

Nei tiranti a trefoli, un tubo di iniezione in pvc sarà posto in asse al tirante per tutta la sua lunghezza e sarà munito di valvole (manchette) di iniezione, disposte ad intervalli regolari in corrispondenza della parte cementata e di un tratto iniziale della parte libera. Queste valvole assicureranno la diffusione della miscela di iniezione preferenzialmente secondo le generatrici del tirante favorendo una migliore aderenza delle armature al bulbo.

Per gli ancoraggi a barra il dispositivo di iniezione sarà costituito da un analogo tubo, disposto parallelamente all'armatura.

e) Resine

Le resine saranno di norma impiegate per la solidarizzazione dei chiodi in vetroresina alla roccia. Preferenzialmente saranno impiegate resine epossidiche a due componenti o resine poliesteri insature identiche a quelle che costituiscono la matrice della barra.

Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che influenzano il comportamento delle miscele di iniezione a base di resine sono:

- La viscosità in fase fluida;
- I tempi di indurimento e loro dipendenza dalla temperatura;
- La compatibilità con la presenza di acqua.

Rapporti non corretti del dosaggio dei componenti danno luogo a perdite di resistenza (per le resine epossidiche) o a variazioni non accettabili dei tempi di polimerizzazione (per resine poliesteri).

La presenza di solventi o diluenti, o prodotti secondari delle reazioni non partecipi della struttura della macromolecola, è generalmente causa di ritiro e/o porosità.

Sarà necessario che ciascun componente non sia solubile in acqua e che l'eventuale assorbimento di acqua non componi alterazioni nel processo di polimerizzazione. Particolari accorgimenti dovranno essere presi per l'impiego sono battente d'acqua, per evitare porosità e discontinuità. La scelta della resina dovrà essere fatto tenendo conto dei seguenti fattori:

- Viscosità, i valori dovranno essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393 – 72;
- Tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, ed ai tempi di realizzazione; il valore dovrà essere misurato secondo i metodo ASTM D2471 – 71;
- Assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione; la differenza tra il peso della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% del peso iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, per esempio, sviluppo di gas.
- Compatibilità con l'eventuale presenza di acqua in fase di polimerizzazione: l'accertamento dovrà essere fatto attraverso prove di confronto della resistenza a trazione di 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 all'aria.

f) Vetoresine

Le vetoresine potranno essere utilizzate per la realizzazione di bulloni e chiodi.

Con "vetoresina" si intende un materiale composito e i componenti di base sono tessuti in fibre di vetro e/o fibre di vetro o aramidiche, legati fra loro da una matrice di resina termoindurenti opportunamente polimerizzate. Il materiale è fortemente anisotropo e quindi si dovrà tener conto, per il suo corretto impiego, della disposizione delle fibre di rinforzo.

Di norma i chiodi in vetoresina saranno a sezione circolare, piena o cava, con diametri variabili da 20 a 60 mm; per i profilati a sezione cava si richiedono spessori minimi non inferiori a 5 mm. Ove necessario, o espressamente richiesto dal progetto, le barre dovranno essere del tipo a aderenza migliorata, ad esempio mediante trattamento di filettatura continua. L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, ad U, prismatica) potrà essere consentivo, ove previsto da progetto. I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore. Le caratteristiche minime richieste sono riportate in tabella 2.1.4.F.

I bulloni possono avere sezione a stella e specifico sistema di bloccaggio in corrispondenza della testata.

TABELLA 2.1.4.F

**CARATTERISTICHE E LIMITI DI ACCETTABILITA'
DELLE VETRORESINE PER CHIODI E BULLONI**

CARATTERISTICHE	UNITA' DI MISURA	MATRICE		METODO DI PROVA
		POLIESTERE	RESINA EPOSSIDICA	
Peso specifico	Kg/dm ³	1,65-1,85	1,9	UNI 7092-72
contenuto di vetro in percentuale del peso	%	50-70	60.75	
Resistenza a trazione	MPa	400-900	>800	UNI 5819/66
Resistenza a flessione	MPa	300-600	>750	UNI 7219/73
Resistenza a taglio	MPa	100-150	>150	
Modulo di elasticità	MPa	15000-32000	35000-42000	UNI 5819/66

32.7 - Modalità esecutive

32.7.1 - Tiranti di ancoraggio

a) Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o roto-percussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza, le caratteristiche minime richieste sono:

- portata $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$;
- pressione $\geq 8 \text{ bar}$.

b) Allestimento del tirante.

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione. Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà ad effettuare le operazioni che seguono:

- Riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1^a fase)
- Introduzione del tirante
- Riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno)
- Esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati
- Posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento
- Prove di carico di collaudo
- Tensionamento del tirante
- Iniezione della parte libera
- Protezione della testata

L'introduzione del tirante prima del riempimento di 1^a fase potrà essere eseguita allorché:

- La perforazione sia interamente rivestita
- Il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva
- Il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali;
- I trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura;
- Il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati ($I \leq 25^\circ$), sia presente.

c) Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto indicato nei disegni esecutivi e particolari costruttivi di progetto.

c.1) Cementazione 1^a fase

Sarà eseguita all'atto di completamento della perforazione, secondo quanto specificato al precedente punto b); si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi.

Completata l'iniezione di prima fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

c.2) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Trascorso un periodo di 12/24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo all'esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar, in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. La pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min. e comunque con valori

che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I valori di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto. La valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12/24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio intero della canna.

c.3) Caratteristiche degli iniettori

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione = 100 bar;
- portata max = 2 mc/ora;
- a max pistonate/minuto = 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla D.L., specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.

d) Controlli e documentazione

Per ogni tirante eseguito, l'impresa dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n.° del tirante e data dell'esecuzione;
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione:
 1. Utensile;
 2. Fluido;
 3. Rivestimenti.
- caratteristiche del tirante (armatura, lunghezza della fondazione);
- volume dell'iniezione di prima fase;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
 1. data;
 2. pressioni di apertura;
 3. volumi di assorbimento;
 4. pressioni raggiunte.
- caratteristiche della miscela utilizzata:
 1. composizione;
 2. peso specifico;
 3. viscosità Marsh;
 4. rendimento volumetrico e decantazione;
 5. 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.

32.7.2 - Bulloni

a) Perforazione

valgono le prescrizioni di cui al punto 2.1.5.1. Nel caso di perforazione di piccolo diametro in roccia (diametro 80/100 mm.) e di modesta stabilità del foro, potrà essere omesso l'impiego dei rivestimenti.

b) Allestimento dell'ancoraggio

completata la perforazione e rimossi i relativi detriti mediante adeguato prolungamento della circolazione dei fluidi, si provvederà a realizzare l'ancoraggio, procedendo con le seguenti operazioni:

- introduzione dell'armatura;
- esecuzione dell'iniezione primaria e contemporanea estrazione del rivestimento;
- esecuzione delle iniezioni selettive se ed ove previste;

- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- eventuali prove di carico di collaudo;
- tensionamento della barra.

Per i bulloni ad espansione meccanica la connessione alla roccia si otterrà direttamente in fase di tensionamento.

c) Iniezione

c.1) Iniezione di miscele cementizie

Si applicano le specifiche di cui al punto 2.1.5.1 c), sia per le iniezioni di 1^a fase, a gravità o a bassa pressione, sia per le iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati, quando previste.

c.2) iniezione di resine

Nell'esecuzione di iniezioni con resine sintetiche si adotteranno modalità operative conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore.

Per barre di piccolo diametro (15-24 mm.) si potrà adottare il sistema a "cartuccia". In tal caso si posiziona in fondo al foro una cartuccia di vetro contenente i componenti della resina, opportunamente separati. Si infila quindi la barra facendola ruotare per rompere la cartuccia e mescolare i componenti della resina, dando così luogo al processo di polimerizzazione.

Per barre di diametro maggiore si adotteranno di norma resine fluide, che saranno iniettate tramite un condotto di mandata con ugello di fuoriuscita posto in prossimità del foro. La testata sarà dotata di un tubicino di sfiato, di norma in rame, che sarà occluso per piegatura a iniezione completata.

Controlli e documentazione

L'impresa dovrà fornire una scheda contenente, per ogni ancoraggio eseguito, informazioni relative a:

- Modalità di perforazione;
- Tipo e caratteristica dell'armatura;
- Tipo e modalità dell'iniezione;
- Valori di tensionamento.

32.7.3 - Chiodi

La posa in opera dei chiodi sarà eseguita tramite le seguenti operazioni:

- a) perforazione, da condurre in accordo con le prescrizioni di cui alle precedenti tipologie e di ancoraggio; è ammesso l'impiego di attrezzature leggere, in relazione alla natura della roccia ed alla geometria del foro;
- b) introduzione dell'armatura;
- c) esecuzione dell'iniezione, fino al completo riempimento dell'intercapedine.

Per chiodi in vetroresina si utilizzeranno solo prodotti chimicamente affini al materiale costituente l'armatura. In casi e per applicazioni particolari i chiodi potranno essere inseriti a pressione, con o senza battitura, con o senza Jetting (attraverso la sezione cava).

Le informazioni relative alla esecuzioni dei chiodi saranno riportate, a cura dell'impresa, su una scheda tecnica analoga a quanto previsto al punto 2.1.5.2.d.

32.8 - Procedure di tensionamento

Ai sensi della procedura di messa in tensione si farà riferimento ai seguenti carichi:

- No=0.1 Ncs = forza di allineamento;
- Ncs = forza di esercizio;
- Nc=1.2 Ncs = forza di collaudo;
- N1 = forza di tesatura.

Il tensionamento avverrà attraverso le seguenti fasi:

- a) Viene applicato il carico di allineamento No, la corrispondente deformazione farà da riferimento per la misura dei successivi allungamenti.
- b) Il campo Nc – No viene diviso in 12 gradini, di entità pari a $\Delta N = 0.1 \text{ Ncs}$; ad ogni gradino si misureranno le corrispondenti deformazioni a
 - $\delta T \geq 5'$ per ancoraggi in roccia o in terreni incoerenti;
 - $\delta T \geq 15'$ per ancoraggi nei terreni coesivi.

- c) Raggiunto il carico N_c , il tirante viene scaricato sino al valore N_0 , misurando il successivo allungamento residuo.
- d) Vengono inseriti dispositivi per il bloccaggio e si provvede ad applicare il carico N_1 .

Qualora non sia prevista l'esecuzione della prove di collaudo il carico di tensionamento viene applicato durante la fase b) avendo suddiviso il campo $N_1 - N_0$ in almeno tre gradini di carico.

Per ciascun ancoraggio collaudato e/o messo in tensione, l'impresa dovrà fornire alla D.L. la relativa documentazione completa di tabelle e grafici.

32.9 - PROVE DI CARICO

32.9.1 - Generalità

a) Tipologie delle prove

Le prove di carico sui tiranti 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 o blocco lapideo da ancorare, ma eseguiti nello stesso sito e con lo stesso sistema di perforazione e di iniezione.

Ove previsto dal progetto o richiesto dalla D.L., 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 alla verifica delle ipotesi di progetto. In questo senso le prove eseguite costituiscono quindi parte integrante 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 di collaudo vanno, invece realizzate su tiranti appartenenti alla struttura o blocco lapideo da ancorare, nel numero indicato dalla D.L. e dal collaudatore.

b) Prescrizioni generali

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 D.L. la relativa documentazione completa di tabelle e grafici.

c) Definizioni

Si adotteranno le definizioni indicate nelle raccomandazioni AICAP citate al punto 1.3.

8.2 Tipologia e modalità di prova

Si fa riferimento alle Raccomandazioni AICAP, la cui ultima edizione è del maggio 2012. In particolare si rimanda:

- ai capp. 6 e 7 delle citate Raccomandazioni, per le prove a rottura (di progetto) di tiranti;
- al cap. 8, per le prove di collaudo di tiranti.

Art. 33 - Dreni, trincee drenanti e pozzi drenanti

I dreni hanno la funzione di realizzare nel terreno dei percorsi preferenziali per la raccolta delle acque, e di conseguenza modificare il regime delle pressioni interstiziali. Gli scopi sono sostanzialmente due:

- favorire nei terreni coesivi normalmente consolidati i processi di consolidazione sotto carico, accelerando il decorso dei relativi cedimenti;
- abbattere il livello piezometrico della falda, per favorire la stabilità di scarpate naturali o artificiali, i fronti di scavo di gallerie, etc.

Le caratteristiche dei dreni per quanto concerne tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione saranno definite dal progetto; l'impresa dovrà realizzare i dreni con le prescritte caratteristiche tipologiche prefissate, che dovranno

comunque essere tali da garantire le medesime capacità e funzionalità.

33.1 - Dreni verticali prefabbricati

a) Caratteristiche dei nastri prefabbricati

Il nastro drenante prefabbricato dovrà avere caratteristiche rese note alla certificazione ufficiale del produttore, preventivamente trasmesse alla D.L. ed approvate dalla medesima capacità e funzionalità.

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 (tre) anni di esercizio, una portata di carico assiale non inferiore a 100 mc/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale pari a 300 KN/mq) ed un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2m/anno.

b) Attrezzatura di infissione

Si utilizzeranno attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montante 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 della attrezzature di infissione dovranno essere note alla D.L.

Qualora motivato dalle necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a prefiori 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 mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.

c) Lavori preparatori dell'infissione.

Prima di procedere all'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 flusso 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.

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.

e) Controlli e documentazioni

La effettiva lunghezza installata dovrà essere annotata su un'apposita scheda, per ciascun dreno.

La discordanza dalla posizione di progetto non dovrà essere superiore a 10 cm.

33.2 - Dreni in sabbia

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 disaggregazione 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 dell'infissione

Prima di procedere alla perforazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie con uno stato 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 Direzione Lavori, 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 disaggregazione idraulica del terreno, il foro sarà sempre mantenuto pieno d'acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro mediante contropinta idrostatica. Non è ammesso l'uso di fluidi di perforazione diversi dall'acqua, priva di additivi se non perfettamente biodegradabili in 20-40 ore.

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 un nuovo materiale drenante approvato fino a realizzare un materasso sommitale di spessore e caratteristiche contorni al progetto.

e) Controlli e documentazione

L'Impresa annoterà su di un apposita scheda la profondità raggiunta da ogni foro, annotando il quantitativo di sabbia immessa.

La discordanza dalla posizione di progetto dovrà essere non superiore a 10 cm.

33.3 - Microdreni

a) Caratteristiche dei tubi filtranti

Il tubo filtrante avrà caratteristiche (diametro, lunghezza e apertura della fessurazione) conforme al progetto.

Il materiale costituente dovrà essere plastico non alterabile, con spessore e resistenza tale da garantire la corretta posa in opera nelle specifiche condizioni del sito e di ciascuna operazione. Qualora non diversamente prescritto, lo spessore sarà di almeno 2.5 mm., l'apertura della finestratura di 0.2 mm., il diametro esterno del tubo di almeno 40mm.

Il tratto cieco avrà diametro interno uguale a quello del tratto finestrato. La parte terminale dei tubi di ciascun dreno, per una lunghezza di almeno 5 ml. sarà sufficientemente resistente da non subire danni o deformazioni consistenti, una volta in opera in conseguenza del congelamento dell'acqua in essa contenuta.

b) Attrezzatura

L'attrezzatura di perforazione sarà costituita da una sonda di adeguate dimensioni e potenza operativa, a rotazione o rotopercolazione, completa degli accessori necessari. Le tubazioni di rivestimento provvisorio dovranno garantire il sostentamento delle pareti del foro anche nelle condizioni di perforazione più gravose, permettendo in ogni caso la installazione dei dreni. Il diametro interno del rivestimento non dovrà superare di oltre 30 mm quello esterno dei tubi drenanti da inserire.

c) Perforazione

La perforazione dovrà essere condotta con modalità approvate, comunque con un solo diametro per tutto il foro, con eventuali maggiorazioni di tali diametro in corrispondenza del tratto equipaggiato con tubazione cieca, qualora ritenuto utile o necessario per il raggiungimento della profondità richiesta. La perforazione sarà sempre accompagnata da rivestimento provvisorio, senza impiego di fluidi diversi da acqua eventualmente additivata con polimeri biodegradabili in 20-40 ore. E' ammesso uno scostamento massimo dell'asse teorico non superiore al 3%, Al termine della perforazione il foro sarà energicamente lavato con acqua pulita. Si eviterà, se non altrimenti approvato, di perforare contemporaneamente dreni con interasse inferiore a 10m.

d) Installazione

Il dreno sarà inserito nell'interno del rivestimento provvisorio, che sarà solo successivamente estratto. La bocca del tubo dovrà sporgere di 4-6 cm. dal parametro boccaforo e verrà protetta da staffe di acciaio sporgenti. Nel caso di dreni con tratto cieco maggiore di 10 m. di lunghezza, il tubo dovrà essere dotato di accessori atti a superare il tratto filtrante da quello cieco mediante cementazione dell'intercapedine tra tubo e foro lungo il tratto cieco.

A questo scopo dovranno essere predisposti:

- valvole a manicotto distanti 100 e 150 cm. dal punto di giunzione tra tratto filtrante e cieco;
- un sacco otturatore in tela juta o simili, avente 40 cm. di diametro e lunghezza di circa 200 cm. legato alle estremità e disposto a copertura delle valvole, nel tratto di tubo cieco più profondo;
- alcune valvole a manicotto lungo la parte cieca del tubo non occupato dal sacco otturatore.

La cementazione si eseguirà ponendo in opera una miscela cementizia, mediante un condotto di iniezione munito di doppio otturatore, subito dopo l'estrazione del rivestimento provvisorio. Le modalità per la cementazione sono sotto elencate:

- posizionamento del sacco otturatore in corrispondenza della valvola inferiore;
- iniezione di un volume di miscela corrispondente al volume del sacco otturatore completamente espanso, con una pressione di iniezione alla quota della valvola compresa tra 0.2 6H ed un prudenziale margine rispetto alla pressione che procura la lacerazione e la sfilatura del tubolare dalle sue legature alle estremità (delta H equivale alla differenza di quota tra valvola inferiore e bocca foro);
- spostamento del doppio otturatore sulla valvola appena sopra il sacco otturatore iniettato e riempimento con miscela in pressione fino al suo rifluimento a bocca foro.

Ove previsto dal progetto il tratto filtrante sarà rivestito con un foglio di geotessile, le cui caratteristiche saranno di volta in volta specificate e comunque non inferiori a quanto prescritto nella tabella seguente:

TABELLA 84.1
CARATTERISTICHE MINIME E LIMITI DI ACCETTABILITA'
DEI GEOTESSILI PER DRENAGGI

Spessore	2.5 mm
Peso	300 g/mq
Resistenza a trazione (UNI 8639)	350 N/5 cm
Trazione trasversale (UNI 8639)	500 N/5 cm
Allungamento trasversale (UNI 8639)	30%
Allungamento (UNI 8639)	70%
Permeabilità	$5 * 10^{-3}$ cm/sec

e) Lavaggio e manutenzione dei dreni

Terminate le operazioni di installazione ed eventuale cementazione dei tubi, il dreno dovrà essere lavato con acqua mediante una lancia con tratto terminale metallico dotato di ugelli per la fuoriuscita radicale del liquido, la lancia scorrerà entro il tubo grazie a dei pattini opportunamente disposti e tali da prevenire ogni danneggiamento del dreno.

Il lavaggio sarà eseguito a partire da fondo dreno, risalendo a giorno in forma graduale e progressiva dopo aver osservato la fuoriuscita di acqua limpida da bocca foro. Il lavaggio sarà se necessario ripetuto fino alla sicura creazione di un filtro rovescio naturale nel terreno circostante il dreno, in modo tale da assicurare che nelle fasi di esercizio il drenaggio delle acque non sia accompagnato da indesiderati fenomeni di trasporto solido.

A installazione e lavaggio avvenuti, ogni dreno sarà mantenuto tale da permettere l'accesso alla bocca per periodiche ispezioni e misure della portata emunta.

f) Documentazioni e controlli

Per ogni dreno installato l'Impresa compilerà un'apposita scheda con le informazioni generali per l'identificazione, le caratteristiche dimensionali del foro realizzato e del dreno installato, lo schema geometrico dell'installazione e della eventuale cementazione, i risultati visivi del lavaggio.

La discordanza dalla posizione di progetto non dovrà essere superiore a 10 cm.

Se richiesto dalla D.L., l'Impresa provvederà alla lettura della portata emunta, alla misura della frazione solida in sospensione e alla misura della lunghezza di tubo libera e percorribile.

33.4 - Trincee drenanti

Le trincee drenanti consistono in scavi di sezione prestabilita di profondità variabile. Il riempimento può essere effettuate in diverse maniere come, ad esempio,:

- con materiale arido avvolto nel geotessile e tubazione drenante microfessurata sul fondo;
- con materiale proveniente dagli scavi previa posa in opera sulla parete dello scavo di idonea geostuoia

drenante microfessurata e tubazione drenante microfessurata sul fondo;

- elementi preassemblati di forma parallelepipeda o tubolare.

Per quanto innanzi, le trincee drenanti devono essere eseguite secondo i disegni di progetto e le indicazioni della D.L. 33.5 - Pozzi drenanti

I pozzi drenanti sono utilizzati negli interventi di consolidamento di scarpate instabili, allo scopo di intercettare le acque di falda sino a grande profondità.

L'intervento consiste nella realizzazione di batterie di pozzi di diametro generalmente compreso fra 1.2 e 2 m, a interassi variabili fra 6 e 10 m circa, filtranti su tutto il mantello, reciprocamente collegati sul fondo con uno o più collettori di raccolta e scarico.

Le acque di drenaggio vengono smaltite per gravità, realizzando i collettori di fondo con una pendenza in genere non inferiore al 2~h.

Art. 34 - Opere di ingegneria naturalistica

34.1 - Conservazione e recupero delle piante esistenti nella zona - eventuale taglio della vegetazione

Tutta la vegetazione esistente indicata in progetto per restare in loco e quella eventualmente individuata dalla Direzione Lavori in corso d'opera dovrà essere protetta adeguatamente da ogni danneggiamento.

Pertanto l'impresa dovrà usare la massima cautela nell'eseguire le prescrizioni della Direzione Lavori ogni volta che si troverà a operare nei pressi delle piante esistenti.

Nell'eventualità di dover trapiantare piante esistenti nel cantiere o sul luogo della sistemazione, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di fare eseguire, secondo tempi e modi da concordare, la preparazione delle piante stesse.

L'eventuale taglio di vegetazione arbustiva ed arborea di interesse forestale dovrà essere preventivamente autorizzato dal Dipartimento Agricoltura, Sviluppo Rurale e Ambiente - Servizio Territoriale di Foggia nel rispetto del R.R. 13/10/2017, n.19 "Tagli boschivi".

34.2 - Accantonamento degli strati fertili del suolo e del materiale di scavo

Nel caso che il progetto di sistemazione ambientale preveda movimenti di terra dallo strato attivo del terreno, l'impresa è tenuta a provvedere alla rimozione e all'accantonamento nel luogo e con le modalità indicati dalla Direzione Lavori, degli strati fertili del suolo destinati ad essere riutilizzati nelle zone interessate ai lavori stessi.

Le quantità eccedenti e l'eventuale altro materiale di scavo saranno accantonati nel luogo e secondo le modalità indicate dalla Direzione Lavori.

34.3 - Approvvigionamento di acqua

Il Committente fornirà gratuitamente all'Impresa l'acqua nel luogo dei lavori (a piè d'opera). Qualora questa non fosse disponibile l'Impresa si approvvigionerà con propri mezzi.

Gli oneri relativi verranno contabilizzati sulla base dell'elenco prezzi.

34.4 - Pulizia dell'area del cantiere

A mano a mano che procedono i lavori di sistemazione e le operazioni di piantagione, l'Impresa, per mantenere il luogo più in ordine possibile, è tenuta a rimuovere tempestivamente tutti i residui di lavorazione (es. frammenti di pietre, spezzoni di filo metallico, di cordame e di canapa, contenitori, ecc..) e gli utensili inutilizzati.

I residui di cui sopra dovranno essere allontanati e portati dal cantiere alla discarica pubblica o su altre aree autorizzate.

Alla fine dei lavori tutte le aree e gli altri manufatti che siano stati in qualche modo imbrattati dovranno essere accuratamente ripuliti.

34.5 - Norme per misurazione e valutazione di lavori e somministrazioni

La quantità dei lavori e delle somministrazioni (forniture, trasporti e noli) saranno determinate con metodi geometrici, matematici o a peso in relazione a quanto previsto nell'Elenco prezzi. I lavori e le somministrazioni in genere saranno liquidati in base alle misure fissate dal progetto e dall'Elenco prezzi.

Le misure saranno prese in contraddittorio a mano a mano che si procederà nella esecuzione dei lavori e delle somministrazioni e verranno riportate su un apposito libretto che sarà firmato dagli incaricati dell'impresa e dalla Direzione Lavori. Resta sempre salva, in caso di riserve scritte da parte dell'Impresa, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di liquidazione finale dei lavori.

L'Impresa è tenuta ad eseguire i lavori a perfetta regola d'arte secondo i dettami ultimi della tecnica e a fornire materiali rispondenti a quanto determinato nel Capitolato e nei suoi allegati: tutte le opere e tutte le somministrazioni che a giudizio della Direzione Lavori non siano state eseguite a perfetta regola d'arte, oppure non rispettino le prescrizioni impartite, dovranno essere nuovamente eseguite a spese dell'Impresa.

34.6 - Lavori e somministrazioni in economia

Le prestazioni in economia avranno carattere di eccezionalità e potranno verificarsi soltanto per i lavori e

somministrazioni del tutto secondari o non altrimenti quantificabili: non verranno, in ogni caso, riconosciute e compensate se non rispondenti a preventive autorizzazioni della Direzione Lavori.

34.7 - Garanzia di attecchimento

L'Impresa si impegna a fornire una garanzia di attecchimento del 101% per tutte le piante.

L'attecchimento si intende avvenuto quando, al termine di 180 giorni a decorrere dall'inizio della prima vegetazione successiva alla messa a dimora, le piante si presentino sane e in buono stato vegetativo. L'avvenuto attecchimento deve essere verbalizzato in contraddittorio fra Direzione Lavori e Impresa entro 10 giorni dalla scadenza del periodo sopra definito.

L'Impresa è tenuta alla sostituzione delle piante non attecchite.

34.8 - Responsabilità dell'impresa nel corso dei lavori

L'Impresa è responsabile di ogni danno causato a terzi ed è tenuta, senza alcun rimborso, a ripristinare i manufatti, le aree, le attrezzature, gli impianti e le piantagioni danneggiati nel corso dei lavori, salvo casi di vandalismo riconosciuti dalle parti.

34.9 - Materiali

Tutto il materiale agrario (es. terra di coltivo, concimi, pali tutori ecc.) e il materiale vegetale (es. alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) occorrente per la sistemazione ambientale, dovrà essere delle migliori qualità, senza difetti e in ogni caso con qualità e pregi uguali o superiori a quanto è prescritto dal presente Capitolato, dal progetto e dalla normativa vigente. S'intende che la provenienza sarà liberamente scelta dall'impresa, ad eccezione del materiale vegetale reperibile in loco, sia da seme che per talea, a garanzia di un migliore attecchimento, purché, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, i materiali siano riconosciuti accettabili.

L'Impresa è obbligata a notificare, in tempo utile, alla Direzione Lavori la provenienza dei materiali per il regolare prelevamento dei relativi campioni.

L'Impresa dovrà sostituire a sua cura e spese, con altre rispondenti ai requisiti concordati, le eventuali partite non ritenute conformi dalla Direzione Lavori.

L'approvazione dei materiali consegnati sul posto non sarà tuttavia considerata come accettazione definitiva: la Direzione Lavori si riserva infatti la facoltà di rifiutare, in qualsiasi momento, quei materiali e quelle provviste che si siano, per qualsiasi causa, alterati dopo l'introduzione sul cantiere, nonché il diritto di farli analizzare a cura e spese dell'Impresa, per accertare la loro corrispondenza con i requisiti specificati nel presente Capitolato e dalle norme vigenti. In ogni caso l'Impresa, pur avendo ottenuto l'approvazione dei materiali dalla Direzione Lavori, resta totalmente responsabile della buona riuscita delle opere.

L'Impresa fornirà tutto il materiale agrario e vegetale indicato negli elenchi nelle quantità necessarie alla realizzazione della sistemazione.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno avere le seguenti caratteristiche:

a) materiale agrario: vedi successivi 101.10 - 101.18;

b) materiale vegetale: vedi successivi 101.19 – 101.26.

34.10 - Materiale agrario

Per materiale agrario si intende tutto il materiale usato negli specifici lavori di agricoltura, vivaismo e giardinaggio (es. terreni e substrati di coltivazione, concimi, fitofarmaci, tutori, ecc.), necessario alla messa a dimora, alla cura e alla manutenzione delle piante accorrenti per la sistemazione.

34.11 - Terra di coltivo riportata

L'impresa prima di effettuare il riporto della terra di coltivo dovrà accertarne la qualità per sottoporla all'approvazione della Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà disporre a proprie spese l'esecuzione delle analisi di laboratorio, per ogni tipo di suolo. Le analisi, da fornire alla Direzione Lavori, dovranno essere eseguite, salvo quanto diversamente disposto dal presente Capitolato, secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo.

La terra di coltivo riportata dovrà essere priva di pietre, tronchi, rami, radici e loro parti, che possano ostacolare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la posa in opera.

La quantità di scheletro con diametro maggiore di mm. 2,0 non dovrà eccedere il 25% del volume totale.

L'Impresa dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori l'impiego di terra le cui analisi abbiano oltrepassato i valori indicati nei parametri pubblicati dalla S.I.S.S.. La terra di coltivo dovrà essere priva di agenti patogeni e di sostanze tossiche per le piante, a giudizio della Direzione Lavori.

34.12 - Concimi minerali ed organici

I concimi minerali, organici, misti e complessi da impiegare dovranno avere titolo dichiarato secondo le vigenti disposizioni di legge ed essere forniti nell'involucro originale della fabbrica, fatta esclusione per i letami, per i quali

saranno valutate di volta in volta qualità e provenienza.

La Direzione Lavori si riserva il diritto di indicare con maggior precisione, scegliendoli di volta in volta in base alle analisi di laboratorio sul terreno e sui concimi e alle condizioni delle piante durante la messa a dimora e il periodo di manutenzione, quale tipo di concime dovrà essere usato.

34.13 - Ammendanti e correttivi

Con ammendanti si intendono quelle sostanze sotto forma di composti naturali o di sintesi in grado di modificare le caratteristiche fisiche del terreno.

Con correttivi si intendono quei prodotti chimici, minerali, organici o biologici capaci di modificare le caratteristiche chimiche del terreno.

In accordo con la Direzione Lavori si potranno impiegare prodotti con funzioni miste purché ne siano dichiarati la provenienza, la composizione e il campo di azione e siano forniti negli involucri originali secondo la normativa vigente.

34.14 - Pacciamatura

Con pacciamatura si intende una copertura del terreno, anche parziale, avente scopi diversi (es. controllo infestanti, limitazione dell'evaporazione, sbalzi termici. ecc.).

I materiali per pacciamatura comprendono prodotti di origine naturale e dovranno essere forniti (quando si tratti di prodotti confezionabili) in accordo con la Direzione Lavori, nei contenitori originali con dichiarazione della quantità, del contenuto e dei componenti.

Per i prodotti da pacciamatura forniti sfusi la Direzione Lavori si riserva la facoltà di valutare di volta in volta qualità e provenienza.

34.15 - Fitofarmaci

I fitofarmaci, da usare (es. anticrittogamici, insetticidi, diserbanti ecc.) dovranno essere forniti nei contenitori originali e sigillati dalla fabbrica, con l'indicazione della composizione e della classe di tossicità, secondo la normativa vigente.

34.16 - Pali di sostegno, ancoraggi e legature

Per fissare al suolo gli alberi e gli arbusti di rilevanti dimensioni, l'Impresa dovrà fornire pali di sostegno (tutori) adeguati per numero, diametro ed altezza alle dimensioni delle piante come indicato nella voce prezzo.

I tutori dovranno essere di legno, diritti, scortecciati, appuntiti dalla parte della estremità di maggiore diametro.

Qualora si dovessero presentare problemi di natura particolare (mancanza di spazio, esigenze estetiche, ecc.) i pali di sostegno, su autorizzazione della Direzione Lavori, potranno essere sostituiti con ancoraggi in corda di acciaio muniti di tendifilo.

Le legature dovranno rendere solidali le piante ai pali di sostegno e agli ancoraggi, pur consentendone l'eventuale assestamento; al fine di non provocare strozzature al tronco, dovranno essere realizzate per mezzo di collari speciali o di adatto materiale elastico (es. cinture di gomma, nastri di plastica, ecc.) oppure, in subordine, con corda di canapa (mai filo di ferro o altro materiale inestensibile). Per evitare danni alla corteccia, dovrà essere necessario interporre, fra tutore e tronco, un cuscinetto antifrizione di adatto materiale.

34.17 - Acqua

L'acqua da utilizzare per l'innaffiamento e la manutenzione potrà essere reperita presso fornitori privati, previa analisi di un campione di acque da effettuare con cadenza quadrimestrale: le spese di tali analisi saranno a carico dell'impresa. Qualora l'acqua venga attinta da altre fonti essa non dovrà contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.

L'Impresa, se le sarà consentito di approvvigionarsi da fonti del Committente sarà tenuta, su richiesta della Direzione Lavori, a verificare periodicamente per mezzo di analisi, la qualità dell'acqua da utilizzare e a segnalare le eventuali alterazioni riscontrate. Gli oneri relativi in tale caso saranno a carico del Committente; in caso contrario l'Impresa provvederà a sua cura e spese al controllo periodico della qualità dell'acqua.

34.18 - Materiale vegetale

Per materiale vegetale si intende tutto il materiale vivo (alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) occorrente per l'esecuzione del lavoro. **Tutta la vegetazione da utilizzare per le lavorazioni previste in progetto dovrà essere costituita da specie autoctone.**

Questo materiale dovrà provenire da Ditte appositamente autorizzate ai sensi delle leggi 18.06.1931 n. 987 e 22.05.1973 n. 269 e ss.mm.ii. e del D.Lgs. 10 novembre 2003, n. 386 "Attuazione della direttiva 1999/105/CE relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione" che fornisce indicazioni in merito alla vivaistica

forestale e domanda agli organismi ufficiali (Regioni e Province Autonome di Trento e Bolzano) la definizione delle modalità e dei criteri applicativi di dettaglio in merito ai requisiti dei materiali forestali di base, alla licenza per la produzione, ai certificati di provenienza, alle modalità di movimentazione ed identificazione dei materiali di moltiplicazione, ai requisiti per la commercializzazione, al registro dei materiali di base, ai controlli.

La Direzione dei Lavori si riserva comunque la facoltà di effettuare, contestualmente all'Impresa appaltatrice, visite ai vivai di provenienza allo scopo di scegliere le piante; si riserva quindi la facoltà di scartare quelle non rispondenti alle caratteristiche indicate nel presente Capitolato, nell'Elenco dei Prezzi e negli elaborati di progetto in quanto non conformi ai requisiti fisiologici e fitosanitari che garantiscano la buona riuscita dell'impianto, o che non ritenga comunque adatte alla sistemazione da realizzare.

Le piante dovranno essere esenti da attacchi di insetti, malattie crittogamiche, virus, altri patogeni, deformazioni ed alterazioni di qualsiasi natura che possano compromettere il regolare sviluppo vegetativo ed il portamento tipico della specie.

L'Impresa sotto la sua piena responsabilità potrà utilizzare piante non provenienti da vivaio e/a di particolare valore estetico unicamente se indicate in progetto e/o accettate dalla Direzione Lavori.

Le piante dovranno aver subito le necessarie lavorazioni in vivaio e rispondere alle specifiche contenute negli Allegati tecnici. Le piante dovranno essere etichettate singolarmente per mezzo di cartellini di materiale resistente alle intemperie sui quali sia stata riportata, in modo leggibile e indelebile la denominazione botanica (genere, specie, varietà, cultivar) a cui si riferiscono.

L'Impresa sarà tenuta a eseguire una comunicazione scritta della data in cui le piante verranno consegnate sul cantiere.

Per quanto riguarda il trasporto delle piante, l'impresa dovrà prendere tutte le precauzioni necessarie affinché queste arrivino sul luogo della sistemazione nelle migliori condizioni possibili, curando che il trasferimento venga effettuato con mezzi, protezioni e modalità di carico idonei con particolare attenzione perché, rami e corteccia non subiscano danni e le zolle non abbiano a frantumarsi o ad essiccarsi a causa dei sobbalzi o per il peso del carico del materiale soprastante.

Una volta giunte a destinazione, tutte le piante dovranno essere trattate in modo che sia evitato loro ogni danno: il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva (o la sistemazione in vivaio provvisorio) dovrà essere il più breve possibile.

In particolare l'Impresa curerà che le zolle e le radici delle piante che non possono essere immediatamente messe a dimora non subiscano ustioni e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

Quanto sopra sarà comunque in ottemperanza all'atto del Dirigente del Servizio Foreste 7 luglio 2006, n. 889 riguardante "Criteri e modalità tecniche per il controllo della provenienza e certificazione del materiale forestale di moltiplicazione".

34.19 - Alberi

Gli alberi dovranno presentare portamento e dimensioni rispondenti alle caratteristiche richieste dal progetto e tipici della specie, della varietà e della età al momento della loro messa a dimora.

Gli alberi dovranno essere stati specificatamente allevati per il tipo di impiego previsto (es. alberate, filari, esemplari isolati o gruppi, ecc.).

In particolare il fusto e le branche principali dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi origine e tipo, grosse cicatrici o segni conseguenti ad urti, grandine, scortecciamenti, legature, ustioni da sole, cause meccaniche in genere.

La chioma, salvo quanto diversamente richiesto, dovrà essere ben ramificata, uniforme ed equilibrata per simmetria e distribuzione delle branche principali e secondarie all'interno della stessa.

L'apparato radicale dovrà presentarsi ben accestito, ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane e privo di tagli di diametro maggiore di un centimetro. Le radici dovranno presentarsi pienamente compenstrate nel substrato di coltura senza fuoriuscire dal contenitore stesso.

Gli alberi dovranno essere normalmente forniti in contenitore o in zolla secondo quanto specificato nell'Elenco Prezzi; a seconda delle esigenze tecniche o della richiesta potranno essere eventualmente consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia decidua, purché di giovane età e di limitate dimensioni, previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Le zolle e i contenitori (vasi, mastelli di legno o di plastica, ecc..) dovranno essere proporzionati alle dimensioni delle piante.

Per gli alberi forniti con zolla o in contenitore, la terra dovrà essere compatta, ben aderente alle radici senza crepe evidenti con struttura e tessitura tali da non determinare condizioni di asfissia.

Le piante in contenitore dovranno essere state adeguatamente rinvasate in modo da non presentare un apparato radicale eccessivamente sviluppato lungo la superficie del contenitore stesso.

Le zolle dovranno essere ben imballate con un apposito involucro degradabile (juta, paglia, teli, reti di ferro non zincato, ecc..), rinforzato.

Gli alberi dovranno corrispondere alle richieste del progetto e dell'Elenco prezzi secondo quanto segue:

- altezza dell'albero: distanza che intercorre fra il colletto e il punto più alto della chioma;
- circonferenza del fusto: misurata a un metro dal colletto (non saranno ammesse sottomisure salva accettazione della Direzione dei Lavori);

Per gli alberi innestati dovranno essere specificati il tipo di portainnesto e l'altezza del punto d'innesto, che non dovrà presentare sintomi di disaffinità.

34.20 - Arbusti e cespugli

Arbusti e cespugli, qualunque siano le loro caratteristiche specifiche (a foglia decidua o sempreverdi), anche se riprodotti per via agamica, non dovranno avere portamento "filato" dovranno possedere un minimo di tre ramificazioni alla base e presentarsi dell'altezza prescritta in progetto o in Elenco prezzi, proporzionata al diametro della chioma e a quello del fusto.

Anche per arbusti e cespugli l'altezza totale verrà rilevata analogamente a quella degli alberi.

Tutti gli arbusti e i cespugli dovranno essere forniti in contenitore: a seconda delle esigenze tecniche e della richiesta potranno essere eventualmente consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia decidua, purché di giovane età e di limitate dimensioni previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Il loro apparato radicale dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari. Per le indicazioni riguardanti l'apparato radicale l'imballo delle zolle, la terra delle zolle e dei contenitori vale quanto esposto nel precedente articolo a proposito degli alberi.

34.21 - Talee

Le talee legnose di specie arbustive (Salici, Tamerici e altre specie) dovranno essere idonee a questa modalità di trapianto vegetativo, prelevate dal selvatico e messe a dimora nel verso di crescita previo taglio a punta e con disposizione perpendicolare o leggermente inclinata rispetto al piano di scarpata. I materiali impiegati constano di talee di due o più anni di età, L min. 50-80 cm e 2 – 5 cm e astoni (rami L= 100-300 cm, dritti e poco ramificati). Le talee dovranno sporgere al massimo per un quinto della loro lunghezza, ed in genere non più di 10-15 cm e con almeno 3 gemme fuori terra, adottando, nel caso, un taglio netto di potatura dopo l'infissione.

La densità d'impianto dovrà essere di 2-10 talee per m² a seconda delle necessità di consolidamento.

Le talee dovranno essere prelevate, trasportate e stoccate in modo da conservare le proprietà vegetative adottando i provvedimenti cautelativi in funzione delle condizioni climatiche e dei tempi di cantiere (copertura con teloni, immersione in acqua fredda, sotto la neve, in cella freddaumida).

La messa a dimora dovrà essere effettuata di preferenza nel periodo invernale, con esclusione dei periodi di gelo, e a seconda delle condizioni stagionali anche in altri periodi con esclusione del periodo di fruttificazione. La manutenzione prevedrà un'attività di potatura saltuaria al fine di irrobustire gli apparati radicali e di periodici sfoltimenti per evitare popolamenti monospecifici. In seguito ad una possibile fallanza superiore al 30-40%, potrebbe rendersi necessaria un'opera di integrazione dopo 1 anno.

34.22 - Bulbose, tuberose, rizomatose

Le piante che saranno consegnate sotto forma di bulbi o di tuberi dovranno essere sempre della dimensione richiesta (diametro o circonferenza), mentre quelle sotto forma di rizoma dovranno presentare almeno tre gemme. I bulbi, i tuberi, i rizomi, dovranno essere sani, turgidi, ben conservati ed in stasi vegetativa.

34.23 - Sementi

L'Impresa dovrà fornire sementi selezionate e rispondenti esattamente a genere, specie, e varietà richieste, sempre nelle confezioni originali sigillate munite di certificato di identità ed autenticità con l'indicazione del grado di purezza e di germinabilità e della data di confezionamento e di scadenza stabiliti dalle leggi vigenti.

L'eventuale mescolanza delle sementi di diverse specie dovrà rispettare le percentuali richieste negli elaborati di progetto.

Tutto il materiale di cui sopra dovrà essere fornito in contenitori sigillati e munito della certificazione E.N.S.E. (Ente Nazionale Sementi Elette).

Per evitare che possano alterarsi o deteriorarsi, le sementi dovranno essere immagazzinate in locali freschi e privi di umidità.

34.24 - Lavorazioni preliminari

L'impresa, prima di procedere alla lavorazione del terreno, deve provvedere come da progetto all'abbattimento delle

piante da non conservare, al decespugliamento, alla eliminazione delle specie infestanti e ritenute a giudizio della Direzione Lavori non conformi alle esigenze della sistemazione, all'estirpazione delle ceppaie e allo spietramento superficiale.

Queste operazioni saranno da computarsi in base all'Elenco prezzi.

34.25 - Lavorazione del suolo

Su indicazione della Direzione Lavori, l'Impresa dovrà procedere alla lavorazione del terreno fino alla profondità necessaria preferibilmente eseguita con l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzi specifici a seconda della lavorazione prevista dagli elaborati di progetto.

Le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno in tempera, evitando di danneggiarne la struttura e di formare suole di lavorazione.

Nel corso di questa operazione l'impresa dovrà rimuovere tutti i sassi, le pietre e gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione dei lavori provvedendo anche, su indicazioni della Direzione Lavori, ad accantonare e conservare le preesistenze naturali di particolare valore estetico (es. rocce, massi. ecc.) o gli altri materiali che possano essere vantaggiosamente riutilizzati nella sistemazione.

Nel caso si dovesse imbattere in ostacoli naturali di rilevanti dimensioni che presentano difficoltà ad essere rimossi, oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura di cui si ignori l'esistenza (es. cavi, fognature, tubazioni, reperti archeologici, ecc.), l'Impresa dovrà interrompere i lavori e chiedere istruzioni specifiche alla Direzione Lavori.

Ogni danno conseguente alla mancata osservanza di questa norma dovrà essere riparato o risarcito a cura e spese dell'Impresa.

34.26 - Tracciamenti e picchettature

Prima della messa a dimora delle piante e dopo le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'Impresa, sulla scorta degli elaborati di progetto e delle indicazioni della Direzione Lavori, predisporrà la picchettatura delle aree di impianto, segnando la posizione dove dovranno essere eseguite le piantagioni singole (alberi, arbusti, altre piante segnalate in progetto) e tracciando sul terreno il perimetro delle piantagioni omogenee (tappezzanti, macchie arbustive, boschetti, ecc.).

Prima di procedere alle operazioni successive, l'Impresa deve ottenere l'approvazione della Direzione Lavori.

Prima di procedere alle operazioni di messa a dimora, l'Impresa deve ottenere l'approvazione della Direzione Lavori relativamente alle dimensioni delle buche e delle caratteristiche del terreno sottostante.

A piantagione eseguita, l'Impresa, nel caso siano state adottate varianti al progetto esecutivo, dovrà consegnare una copia degli elaborati relativi con l'indicazione esatta della posizione definitiva delle piante e dei gruppi omogenei messi a dimora.

34.27 - Preparazione delle buche e dei fossi

Le buche ed i fossi per la piantagione delle specie vegetali dovranno avere le dimensioni più ampie possibili in rapporto alla grandezza delle piante da mettere a dimora, secondo quanto indicato in progetto.

Il materiale proveniente dagli scavi, se non riutilizzato e non ritenuto idoneo, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, dovrà essere allontanato dall'Impresa dalla sede del cantiere e portato alla pubblica discarica o su aree autorizzate.

Nella preparazione delle buche e dei fossi, l'impresa dovrà assicurarsi che nella zona in cui le piante svilupperanno le radici non ci siano ristagni di umidità e provvedere che lo scolo delle acque superficiali avvenga in modo corretto.

Nella preparazione delle buche e dei fossi, l'impresa dovrà assicurarsi che questi vengano eseguiti alcuni giorni prima della messa a dimora delle piante a insindacabile giudizio della Direzione Lavori: ciò allo scopo di fare arieggiare il terreno e valutare la presenza di ristagni idrici.

34.28 - Idrosemina

Si tratta del rivestimento di superfici estese più o meno acclivi mediante spargimento meccanico per via idraulica a mezzo di idroseminatrice a pressione atta a garantire l'irrorazione a distanza e con diametro degli ugelli e tipo di pompa tale da non lesionare i semi e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali.

L'idrosemina eseguita in un unico passaggio contiene:

- miscela di sementi idonea alle condizioni locali;
- collante in quantità idonea al fissaggio dei semi e alla creazione di una pellicola antierosiva sulla superficie del terreno, senza inibire la crescita e favorendo il trattenimento dell'acqua nel terreno nelle fasi iniziali di sviluppo; la quantità varia a seconda del tipo di collante, per collanti di buona qualità sono sufficienti piccole quantità pari a circa 10 g/m²;
- concime organico e/o inorganico in genere in quantità tali da evitare l'effetto "pompaggio" iniziale e successivo deficit delle piante;

- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste;
- altri ammendanti, fertilizzanti e inoculi.

L'esecuzione dovrà prevedere:

- ripulitura della superficie da trattare mediante allontanamento di sassi e radici;
- spargimento della miscela in un unico strato.

La composizione della miscela e la quantità di sementi per metro quadro sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche geo-litologiche, pedologiche, microclimatiche, floristiche e vegetazionali (in genere si prevedono 30 - 60 g/m²).

La provenienza e germinabilità delle sementi dovranno essere certificate e la loro miscelazione con le altre componenti dell'idrosemina dovrà avvenire in loco, onde evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna.

34.29 - Stabilizzazione corticale di versanti mediante piantumazione

Fornitura e posa di armatura vegetale del terreno con utilizzo di piante appartenenti a specie autoctone o comunque non infestanti per l'inerbimento, il controllo dell'erosione superficiale e la stabilizzazione corticale del pendio, che prevede la posa in opera, su una superficie piana o inclinata, di specie vegetali erbacee perenni, con ampia adattabilità, in pane di terra, associate a specifici microrganismi del suolo selezionati. Tali microrganismi associati appartengono alle classi dei rizobatteri PGPR (Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms), funghi micorrizici e batteri MBH associati alle ife fungine (Mycorrhiza Helper Bacteria), che contribuiscono all'aumento dei parametri di fitness delle piante (rapporto germoglio/radice, infoltimento dei peli radicali, etc.), alla loro tolleranza agli stress ambientali, all'incremento delle caratteristiche geotecniche degli apparati radicali (aumento della resistenza al taglio e rapido ed elevato sviluppo in profondità, etc.).

I valori medi di resistenza (sforzo di taglio) dovranno essere di 15-20 KPa dopo 4-6 mesi e di 30-40 KPa dopo 12-24 mesi dalla posa, con spostamenti orizzontali in esercizio trascurabili (inferiori a 20 mm).

La posa dell'impianto sarà eseguita a mano o con metodo meccanizzato, con disposizione dei sistemi ad interasse variabile, da definire in funzione delle caratteristiche geomorfologiche del sito (da 1 a 3/mq), su qualsiasi tipo di terreno, da solo o in abbinamento ad altre opere di ingegneria naturalistica; prima della messa in opera la scarpata andrà adeguatamente regolarizzata, sgombrata da massi di grosse dimensioni e radici legnose, per una profondità idonea e sufficiente alla realizzazione delle buche per la messa a dimora dei sistemi stessi. Per permettere l'attecchimento ottimale e funzionale delle piante si dovrà prevedere l'utilizzo di sistemi di contenimento della crescita delle malerbe di tipo chimico nel periodo pre-impianto e l'utilizzo di idrosemina semplice o a spessore con sementi a limitato sviluppo in altezza post-impianto. I tempi di attecchimento sono variabili e dipendono dalla tipologia delle lavorazioni superficiali del terreno adottate, dal periodo della posa in opera (stagionalità), dalle caratteristiche pedo-climatiche, dal numero e quantità delle irrigazioni di soccorso, etc. Nel prezzo sono da intendersi la fornitura e la messa a dimora delle piante, con realizzazione della buca con mezzi manuali o meccanizzati, posa dei sistemi in pane di terra, chiusura della buca. Sono esclusi la preparazione del piano di posa pre-impianto, la semina o l'idrosemina, la fornitura di sementi a limitato sviluppo in altezza ed eventuali irrigazioni all'impianto e di soccorso se necessarie.

34.30 - Trapianto rizomi e di cespi

Prelievo dal selvatico di rizomi, stoloni e cespi di graminacee ed altre specie idonee in pezzi di circa 10-15 cm e loro piantagione (per i rizomi fittonanti ad es. Phragmites) per circa 4 cm o deposizione sul terreno sminuzzati od interi e ricopertura con un leggero strato di terreno vegetale per evitarne il disseccamento. Il trapianto va eseguito all'inizio o al termine del periodo di riposo vegetativo in ragione di 3-5 pezzi per m². Tale tecnica va utilizzata per la riproduzione di specie non esistenti in commercio e di difficile riproduzione per seme. La moltiplicazione può essere effettuata anche tramite vivaio e successivo trapianto, utilizzando contenitori a bivalve in cui vengono inseriti frammenti di cespi dalle graminacee selvatiche, che vengono ritrapiantati dopo un ciclo di sviluppo nelle aree da colonizzare.

34.31 - Viminata

Realizzazione di una viminata costituita da paletti di legname idoneo (Ø c m 5, lung. m 1) posti ad una distanza di cm 50 ed infissi nel terreno per cm 70, collegati con un intreccio di verghe (altezza cm 30) legate con un filo di ferro zincato (Ø mm 3), utili alla stabilizzazione di pendio su pendenze massime di 30° - 35° e con necessità di drenaggio superficiale, da realizzare mediante scavo di un fosso di 0,3 - 0,5 m di larghezza ed uguale profondità, posa nei solchi di talee di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (Salici, Tamerici, ecc.), il tutto ricoperto con uno strato di terreno. La messa in opera potrà avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo.

34.32 - Gradonata

Realizzazione di gradoncini e/o banchette di larghezza non inferiore a 80 cm eseguiti a mano lungo le curve di livello con il decespugliamento, profilatura in contropendenza e regolarizzazione delle scarpate a monte e a valle, compresa la lavorazione del terreno ad una profondità, misurata a monte, non inferiore a 30 cm. Prima classe di pendenza (0-20%) (analisi per 100 ml). Per inclinazioni del pendio di 25° - 30° si attuerà una distanza tra gradoni successivi di 1 - 1,5 m, mentre per inclinazioni inferiori a 20° una distanza pari a 2 - 3 m. La distanza reciproca tra i gradoni è inoltre funzione del grado di umidità del terreno: quanto maggiore è il tasso di umidità, tanto minore sarà l'interasse. Per quanto riguarda i materiali, le talee o la ramaglia di Salice o Tamerice (disposte a pettine) devono avere lunghezza > 100 cm (10 - 20 cm > della profondità dello scavo) e diametro di 1 - 7 cm; le piantine radicate di latifoglie resistenti devono avere un'altezza di 100 cm (10 - 20 cm > della profondità dello scavo) e un diametro di 1- 3 cm. Le talee legnose con capacità di riproduzione vegetativa (Salici, Tamerici, ecc.) favoriscono la diminuzione del contenuto d'acqua del terreno rendendolo più stabile. Queste saranno in numero di almeno 10 pz/m disposta in modo incrociato alternando le diverse specie e i diversi diametri (età) dei rami. I rami devono sporgere per almeno 1/4 della loro lunghezza e gli interstizi tra i rami devono essere accuratamente intasati di terreno per evitare eccessive circolazioni di aria e disseccamento. Qualora si interviene con messa a dimora in appoggio al gradone di piante radicate di latifoglie, queste dovranno essere in grado di formare radici avventizie, di 2 - 3 anni, in ragione di 5 - 20 piante per metro, a seconda della specie, ed aggiunta di terreno vegetale per il miglioramento delle condizioni di crescita. Le piante dovranno sporgere per almeno 1/3 della loro lunghezza.

34.33 - Messa a dimora di alberi, arbusti e cespugli

Alcuni giorni prima della piantagione, l'Impresa dovrà procedere se richiesto dalla Direzione Lavori, al riempimento parziale delle buche già predisposte in modo che le piante possano essere collocate su uno strato profondo di spessore adeguato alle dimensioni della zolla o delle radici diverse specie vegetali.

La messa a dimora degli alberi, degli arbusti e dei cespugli dovrà avvenire in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto né risultino, una volta assestatosi il terreno, interrare oltre il livello del colletto.

L'imballo della zolla costituito da materiale degradabile (es. paglia, canapa, juta, ecc.), dovrà essere tagliato al colletto e aperto sui fianchi senza rimuoverlo da sotto la zolla, togliendo soltanto le legature metalliche e il materiale di imballo in eccesso.

La zolla deve essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta dovrà essere immersa temporaneamente in acqua con tutto l'imballo.

Analogamente si dovrà procedere per le piante fornite in contenitore, per le piante a radice nuda, parte dell'apparato radicale dovrà essere, ove occorra, spuntato alle estremità delle radici, privato di quelle rotte o danneggiate.

Le piante dovranno essere collocate ed orientate in modo da ottenere il miglior risultato estetico e tecnico in relazione agli scopi della sistemazione.

Prima del riempimento definitivo delle buche, gli alberi, gli arbusti e i cespugli di rilevanti dimensioni dovranno essere resi stabili per mezzo di pali di sostegno, ancoraggi e legature.

L'impresa procederà poi al riempimento definitivo delle buche con terra di coltivo, costipandola con cura in modo che non rimangano vuoti attorno alle radici o alla zolla.

Nel caso la Direzione Lavori decida che all'atto dell'impianto venga effettuata una concimazione localizzata, l'Impresa avrà cura di spargere il fertilizzante attorno alle radici o alle zolle, in modo da evitare danni per disidratazione.

A riempimento ultimato, attorno alle piante dovrà essere formata una conca o bacino per la ritenzione dell'acqua da addurre subito dopo in quantità abbondante, onde favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla.

Nell'eseguire tali operazioni, l'Impresa dovrà ricorrere ad operai specializzati con la qualifica di giardiniere e non fare esclusivo affidamento a lavoratori edili.

34.34 - Messa a dimora di astoni contestualmente alla realizzazione di una gabbionata

La fornitura e messa a dimora di astoni di specie arbustive ad elevata capacità vegetativa, andrà realizzata contestualmente alla realizzazione della gabbionata costituita da rete metallica conforme alle normative vigenti riempita con pietrame di cava o ciottoli di fiume. Nel prezzo della lavorazione è compresa la distribuzione del terreno vegetale sulla pedata della gabbionata la messa a dimora di almeno 5 talee per metro lineare, la prima innaffiatura ed eventuali irrigazioni di soccorso che si rendessero necessarie.

34.35 - Protezione delle piante messe a dimora

Nelle zone dove potrebbero verificarsi danni causati da animali domestici o selvatici oppure dal transito di persone o automezzi, l'impresa dovrà proteggere, singolarmente le piante messe a dimora con opportuni ripari costituiti da un

cilindro protettivo in rete per piantine (*tree shelter*) per la protezione della piantina dagli animali selvatici. Nel caso si tratti di prodotti confezionati devono riportare in etichetta tutte le informazioni richieste dalle leggi vigenti. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di controllare i prodotti e decidere sulla loro idoneità. I materiali devono avere una garanzia di durata di almeno cinque anni. Se previsto dal progetto, alcuni tipi di piante (tappezzanti, piccoli arbusti, ecc.) dovranno essere protette dai danni della pioggia battente, dalla essiccazione e dallo sviluppo di erbe infestanti per mezzo di pacciame (paglia, foglie secche, segatura, cippatura di ramaglia e di corteccia di conifere, ecc.) od altro analogo materiale precedentemente approvato dalla Direzione Lavori.

34.36 - Irrigazioni

L'Impresa è tenuta ad irrigare tutte le piante messe a dimora durante il periodo di garanzia concordato. Le irrigazioni di soccorso dovranno garantire per ciascun intervento e piantina una quantità di 20 l per gli alberi. Le irrigazioni dovranno essere tempestive e in relazione alla natura del terreno, alle caratteristiche specifiche delle piante, al clima e all'andamento stagionale: il programma di irrigazione (a breve e a lungo termine) e i metodi da usare dovranno essere determinati dall'Impresa e successivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Nel caso fosse stato predisposto un impianto di irrigazione, l'Impresa dovrà controllare che questo funzioni regolarmente. L'impianto di irrigazione non esonera però l'Impresa dalle sue responsabilità in merito all'irrigazione la quale pertanto dovrà essere attrezzata per effettuare, in caso di necessità, adeguati interventi manuali.

34.37 - Eliminazione e sostituzione delle piante morte

Le eventuali piante morte dovranno essere sostituite con altre identiche a quelle fornite in origine; la sostituzione deve, in rapporto all'andamento stagionale essere inderogabilmente effettuata nel più breve tempo possibile dall'accertamento del mancato attecchimento.

34.38 - Controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere

E' competenza dell'Impresa controllare le manifestazioni patologiche sulla vegetazione delle superfici sistemate provvedendo alla tempestiva eliminazione del fenomeno patogeno onde evitarne la diffusione e rimediare ai danni accertati.

Gli interventi dovranno essere preventivamente concordati con la Direzione Lavori.

Art. 35 - Monitoraggio geotecnico

Premessa

E' preciso onere dell'impresa appaltatrice mantenere in perfetta efficienza e conservazione durante tutto il corso dei lavori, la strumentazione geotecnica e topografica necessaria per l'esecuzione del monitoraggio in argomento.

35.1 - Sondaggi geotecnici

Generalità

Le perforazioni finalizzate all'esecuzione di *sondaggi geotecnici* sono caratterizzate dalle seguenti modalità esecutive:

- carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato, al fine di ricostruire il profilo stratigrafico mediante l'esame dei campioni estratti o "carote";
- prelievo di campioni indisturbati di terreno per la determinazione delle proprietà fisiche e meccaniche;
- prove in situ per la determinazione delle proprietà geotecniche;
- campionamento e rilievo del livello delle acque superficiali e sotterranee;
- descrizione stratigrafica in chiave geologica e geotecnica;
- annotazione di osservazioni atte alla caratterizzazione geotecnica del terreno.

Il dettaglio delle modalità esecutive, l'ubicazione e la profondità dei singoli sondaggi, le prove di laboratorio sui campioni indisturbati, le prove in situ e le relative quote sono precisate, su disposizione della direzione dei lavori, nel programma delle indagini.

Devono in ogni caso essere rispettate le norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione emanate con decreto del Ministero dei lavori pubblici dell' 11 marzo 1988.

Per perforazioni superiori a 30 m dovrà essere compilata, a norma della legge n. 464 del 4 agosto 1984, una dettagliata relazione, corredata dalla relativa documentazione, sui dati geologici e geofisici acquisiti.

Attrezzature di perforazione

L'attrezzatura di perforazione deve essere costituita da :

- sonda a rotazione (testa idraulica) a tavola rotary, a mandrino, con la quale, tramite aste di perforazione montate su carotieri, si ottiene l'avanzamento nel terreno. I requisiti minimi sono indicati in tabella:

Tabella - Requisiti minimi sonda di perforazione

Velocità di rotazione	0 - 500	rpm
Coppia massima	≥ 400	kg/m
Corsa continua	≥ 150	cm
Spinta	≥ 4000	kg
Tiro	≥ 4000	g
Pressione pompa (gruppo energia autonomo)	≥ 70	bar
Argano a fune	presente	- - -

- pompa con circuito supplementare per il rabbocco del fluido alla testa del foro.
- impianto per la preparazione ed il recupero di eventuali fanghi di circolazione
- corredo della sonda, completo di tutti gli accessori, necessari per l'esecuzione del lavoro a norma di specifica, e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

Perforazioni a distruzione di nucleo

Questo tipo di perforazione può essere eseguita per l'attraversamento di spessori di cui non interessi un'esatta conoscenza stratigrafica, per l'installazione di strumentazione geotecnica, per l'eventuale riperforazione o per l'esecuzione di prove in situ a determinate profondità. Prelevando campioni del cutting estratto dal foro può essere ricostruita una descrizione indicativa dei terreni attraversati.

Gli utensili utilizzati possono essere:

- triconi o scalpelli di vario tipo;
- martello rotopercolatore;
- punte distruttrici con eliche.

Per eseguire il foro è spesso necessario utilizzare fluidi di circolazione (acqua, fango o aria compressa) che vengono immessi nel foro in *circolazione diretta*, attraverso la batteria di aste, o in *circolazione inversa*, lungo le pareti del foro stesso. Il foro sarà sostenuto, a seconda delle esigenze, da tubo di rivestimento, da fluidi di circolazione o tramite la cementazione del foro stesso.

Perforazioni a carotaggio continuo

Le modalità esecutive del sondaggio saranno tali da rendere minimo il disturbo dei terreni attraversati consentendo il prelievo continuo di materiale rappresentativo (carote). La tecnica di perforazione deve essere adattata alla tipologia e alla natura del terreno, mediante la scelta appropriata dell'apparecchiatura, del tubo carotiere, della corona, della velocità di avanzamento, della portata e della pressione dell'eventuale fluido di circolazione.

Tale carotaggio integrale e rappresentativo del terreno attraversato deve essere caratterizzato da una percentuale di recupero ≥ 85 %.

Il carotaggio sarà eseguito a secco, senza fluido di perforazione, se con carotiere semplice (C.S.); con fluido di circolazione se si utilizzano carotieri doppi-tripli (T2, T6 etc.).

I carotieri saranno azionati ad aste; è ammesso, in alternativa, l'uso di sistemi "wire-line" purché si ottenga la richiesta percentuale di carotaggio e non si producano dilavamenti e/o rammollimenti del materiale. Qualora richiesto, l'impresa desisterà dall'uso di sistemi "wire-line" per proseguire con il tradizionale sistema ad aste.

Nei terreni prelevati a secco, qualora l'espulsione della carota dal carotiere sia eseguita con pressione idraulica, dovranno essere impiegati tamponi a tenuta.

In terreni scistosi o comunque in ammassi molto fratturati dovranno essere utilizzati carotieri apribili (T6S).

L'eventuale impiego di corone speciali (al diamante) deve essere realizzato in terreni e rocce con durezza da "medio dure" a "molto abrasive".

Utensili di perforazione

Gli utensili di perforazione devono essere costituiti da :

- *Carotieri semplici*, con valvola di testa a sfera e calice:

Diametro nominale \varnothing est = 101 ÷ 146 mm

Lunghezza utile L = 150 ÷ 300 cm

- *Carotiere doppio* a corona sottile (T2) o grossa (T6) con estrattore:

Diametro nominale \varnothing est = 101 mm

Lunghezza utile L = 150 ÷ 300 cm

- *Carotiere doppio* con portacampione interno apribile longitudinalmente (T6S), con estrattore a calice.

Diametro nominale \varnothing est ≥ 100 mm

Lunghezza utile L = 150 cm

- *Cestello di ritenuta* alla base per il carotaggio dei tratti costituiti da materiali grossolani sciolti
- *Corone* di perforazione in widia e diamante, del tipo adatto ai terreni incontrati.
- *Aste* di perforazione con filettatura tronco-conica.

Diametro esterno $\varnothing_{\text{est}} = 60 \div 76 \text{ mm}$.

Gli utensili di perforazione da utilizzare saranno comunque tali da consentire l'estrazione di tutto il materiale interessato dal sondaggio senza che avvengano fratturazioni e dilavamento.

Utensili di pulizia fondo del foro

Gli utensili per la pulizia del foro devono essere costituiti da :

- carotiere semplice, $l = 40 \div 80 \text{ cm}$;
- attrezzo a fori radiali, da impiegarsi con circolazione di fluido uscente dall'utensile con inclinazione di $45^\circ \div 90^\circ$ rispetto alla verticale;
- campionatore a pareti grosse $\varnothing 100 \text{ mm}$, con cestello di ritenuta alla base, per l'asportazione di eventuali ciottoli.

Stabilizzazione del foro di sondaggio

Durante le fasi lavorative, per evitare franamenti delle pareti del foro, la perforazione deve essere eseguita impiegando una tubazione metallica di rivestimento provvisoria o utilizzando fango di tipo bentonitico o a polimeri.

Rivestimenti provvisori

La necessità della posa di tubi di rivestimento provvisorio nel foro di sondaggio è da valutare in relazione alle reali caratteristiche del terreno: in particolare si adotteranno nei casi in cui sussista il rischio di franamenti delle pareti del foro stesso. Rappresenta il metodo più sicuro di stabilizzazione delle pareti. Vengono inoltre impiegati per fori nei quali si debbano eseguire prove sulle acque sotterranee.

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

- spessore tubo $s = 8 \div 10 \text{ mm}$
- diametro interno $\varnothing_{\text{interno}} = 107 \div 162 \text{ mm}$
- lunghezza spezzoni $l = 150 \div 200 \text{ cm}$

L'impresa potrà proporre l'impiego di rivestimenti con diverse caratteristiche, in relazione al tipo di attrezzatura di perforazione prescelta, subordinandone l'uso all'approvazione della direzione dei lavori.

L'infissione dei rivestimenti avviene di norma a rotazione con fluido di circolazione. Per garantire la stabilità di eventuali tratti di roccia intensamente fratturati, si ricorre alla cementazione del foro ed alla sua successiva riperforazione.

In particolare:

- la perforazione sarà seguita dal rivestimento provvisorio del foro solo in assenza di certo autosostentamento delle pareti, con l'uso di fluido in circolazione il cui livello deve essere sempre mantenuto mediante aggiunta opportuna fino ad una quota tale da bilanciare la pressione idrostatica nel terreno naturale (in particolare durante l'estrazione della batteria di aste);
- la pressione del fluido sarà minore possibile e controllata tramite manometro; il disturbo arrecato al terreno deve essere contenuto nei limiti minimi, fermando se necessario la scarpa del rivestimento a $20 \div 50 \text{ cm}$ dal fondo del foro (con l'esclusione del metodo wire-line);
- nei tratti di perforazione seguiti da prelievo di campioni indisturbati e/o prove in situ al fondo del foro, l'infissione della tubazione di rivestimento, così come la perforazione quando eseguita con fluido di circolazione, deve avvenire evitando punte di pressione del fluido dovute a: infissione molto rapida, formazione di "anelli" all'esterno del rivestimento, formazione di tappi nel carotiere. A tal fine occorre operare (verificando sul manometro o sul display) in modo che la pressione del fluido, al piano lavoro, non superi mai quella naturale alla quota del fondo del foro (pari a circa 0.1 bar per ogni metro di profondità);
- al fine di minimizzare il disturbo al fondo del foro, il rivestimento può essere arrestato 0.5 m al di sopra della quota di campionamento e/o prova di sito prevista.

Stabilizzazione con immissione di fanghi

I fanghi a base di bentonite esercitano un'efficace azione stabilizzante. Essi formano una sottile pellicola impermeabile, la quale esercita una pressione lungo le pareti del foro. Maggiore è la densità del fango e maggiore sarà l'efficacia della stabilizzazione.

Tale metodo è sconsigliato per fori destinati a misure e controlli sulle acque sotterranee.

Stabilizzazione a mezzo di carico d'acqua

In assenza di falde artesiane o di gas, mantenendo il livello dell'acqua nel foro al di sopra del livello della falda

freatica si può ottenere la stabilizzazione delle pareti del foro.

Nei terreni non saturi però, l'acqua contenuta nel foro può causare uno squilibrio nelle pressioni interstiziali provocando possibili rigonfiamenti ed ammorbidimenti.

Stabilizzazione a mezzo di cementazione del foro

La cementazione del foro o di parte dello stesso può essere utile per l'attraversamento di intervalli molto fessurati o franosi, per la stabilizzazione e tamponamento delle pareti e per evitare infiltrazioni d'acqua non desiderate. La cementazione può avvenire sia in fase di perforazione che a sondaggio ultimato.

Il riempimento del foro avverrà fino ad una quota superiore di 2.00 ml. rispetto al tetto dello strato da contenere o bonificare.

Stabilità al fondo del foro

La stabilità del fondo del 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 alla bocca del foro, mediante rabbocchi progressivi, specialmente durante l'estrazione del carotiere e delle aste, oppure occorre mantenerlo sempre più alto possibile, anche facendo sporgere fino a 1.0 m dal piano di lavoro l'estremità superiore del rivestimento, da mantenersi pieno di fluido.

L'estrazione degli utensili o dei campionatori deve avvenire con velocità iniziale molto bassa ($1 \div 2$ cm/sec), eventualmente intervallata da pause di attesa, al fine di ristabilire la pressione idrostatica del fluido sul fondo del foro. Ciò riguarda le fasi di estrazione del carotiere e delle fustelle dei campionatori ad infissione conclusa.

Indesiderabili effetti di risucchio (effetto "pistone") possono anche verificarsi nel caso di brusco sollevamento della batteria di rivestimento, qualora occlusa all'estremità inferiore del terreno per insufficiente circolazione di fluido durante l'infissione.

Pulizia del fondo del foro

La quota del fondo del foro sarà misurata con *scandaglio a filo graduato* prima di ogni manovra di campionamento indisturbato, di prova geotecnica SPT o prima dell'esecuzione di qualunque prova.

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

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

Campionamento in foro e prove geotecniche

In tutti i casi nei quali non si verificano repentini collassi del foro nel tratto non rivestito, il prelievo di campioni in foro o l'esecuzione di prove geotecniche SPT deve seguire la manovra di perforazione con carotiere, precedendo il rivestimento a fondo del foro, il quale sarà, se necessario, eseguito a campionamento/prova SPT ultimati.

Controllo della lunghezza delle batterie inserite in foro

La lunghezza esatta delle batterie inserite nel foro sarà misurata e riportata a cura del geologo responsabile della sonda in una apposita tabella.

Fluidi di circolazione

Il fluido di circolazione può essere costituito da:

- acqua;
- fango bentonitico;
- fanghi polimerici o addittivati;
- agenti schiumogeni.

L'utilizzo di sola acqua è tassativamente prescritto nel caso si eseguano prove di permeabilità in foro.

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

L'impresa potrà proporre, salvo approvazione, l'utilizzo di fluidi diversi dai sopra elencati, con la condizione che in ogni caso il fluido prescelto, oltre ad esercitare le funzioni di raffreddamento, asportazione dei detriti ed eventuale sostentamento, debba essere in grado di non pregiudicare la qualità del carotaggio, l'esito delle prove geotecniche ed il funzionamento della strumentazione.

La pompa utilizzata per la circolazione dei fanghi dovrà avere una potenza atta a sviluppare una adeguata velocità di fuoriuscita dei fanghi stessi dal foro, onde impedire la decantazione dei detriti nel foro di sondaggio.

Il fango bentonitico dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- viscosità, misurata con viscosimetro Marsh, $> 35^\circ$ Marsh;
- acqua libera $\leq 2\%$.

La confezione e la circolazione del fango bentonitico devono essere eseguite mediante l'utilizzo di adeguati

mescolatori, pompe, vasche di decantazione ed eventuali additivi di appesantimento o intasanti.

La composizione del fango bentonitico, prima dell'impiego, deve possedere i requisiti di uniformità, costanza e stabilità richiesti; durante l'impiego non deve dar luogo a fenomeni di flocculazione.

Può essere autorizzato e/o espressamente richiesto l'impiego di acqua anziché fango bentonitico. Possono essere inoltre utilizzati fanghi polimerici o altri fanghi speciali (ad esempio biodegradabili) subordinati all'approvazione della direzione dei lavori

Perforazione in materiali litoidi

La perforazione a carotaggio continuo di materiali litoidi verrà eseguita a mezzo di carotiere doppio T2 o similari, con diametro non inferiore a 85 cm, utilizzando acqua pulita come fluido di circolazione.

Prima di ogni operazione di carotaggio, l'operatore si accerterà dell'ottimo funzionamento del meccanismo che permette la rotazione autonoma del carotiere esterno.

L'uso di bentonite e/o polimeri sarà permesso solo in presenza di roccia molto fratturata e dietro autorizzazione della direzione dei lavori.

Strumenti di controllo e prova

Devono far parte del corredo della sonda i seguenti strumenti:

- scandaglio a filo graduato, per misura della quota reale di fondo del foro;
- freatimetro;
- penetrometro tascabile, fondo scala $\geq 5 \text{ kg/cm}^2$;
- Vane Test, fondo scala 2 kg/cm^2 .

Chiusura e sistemazione finale del foro

Ogni foro, al termine delle indagini, deve essere richiuso procedendo al relativo riempimento. L'intasamento si realizzerà con:

- iniezione di miscele cementizie;
- iniezione di miscele cementizie addizionate di bentonite o argilla;
- immissione di sabbia;
- inserimento di materiali di risulta.

Riempimento dei fori di sondaggio con miscele cementizie

Se richiesto dalla direzione dei lavori, 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 appositamente o con manichetta flessibile.

Solamente previo autorizzazione della direzione dei lavori è possibile tralasciare l'intasamento del foro di sondaggio.

Sistemazione sul piano campagna della bocca di sondaggio

Quando il foro di sondaggio deve essere ispezionabile o se in esso è stata installata strumentazione geotecnica, al fine di evitare manomissioni esterne e per permettere l'esecuzione dei controlli periodici e delle varie letture, si dovrà provvedere alla sistemazione della bocca del foro al piano campagna: si dovrà installare una flangia in ferro zincato con chiusura di sicurezza oppure, nel caso in cui la situazione locale lo richieda, si dovrà provvedere alla formazione di un adeguato pozzetto in muratura o di un conglomerato cementizio corredato di chiusino carrabile secondo le indicazioni della direzione dei lavori.

35.2 - Strumentazione geotecnica

Generalità

Al termine della perforazione possono essere poste in opera particolari strumentazioni geotecniche quali:

Piezometri:

- a tubo aperto
- celle di Casagrande
- elettrici
- elettropneumatici

Tubi inclinometrici

Tubi per prove geofisiche Down-hole

Tubi per prove geofisiche Cross-Hole

Assestimetri

Piezometro a tubo aperto in foro di sondaggio

L'installazione di un piezometro ha come scopo quello di potere controllare il livello della falda o delle falde di acqua presenti nel terreno e di seguirne nel tempo le variazioni

In seguito viene presa in esame l'installazione di piezometri a tubo microfessurato (open-stand-pipe) ovvero la posa di una batteria di tubi in PVC rigido; tali tubi hanno uno spessore di 1÷2 mm e diametro di 40÷80 mm (2"- 4"); vengono forniti in spezzoni ciechi o fessurati di lunghezza non superiore a 3 m con giunti filettati ben sigillanti; è necessario rivestire con calza geotessile il tratto ove, in base alla precedente perforazione, si suppone abbia sede la falda d'acqua. Il tratto fessurato, di lunghezza variabile, sarà realizzato alla distanza di 1 m dall'estremità inferiore del tubo piezometrico; la finestratura avrà apertura di 0.4÷1.0 mm. Nel fondo sarà applicato l'apposito tappo di chiusura.

L'impiego di questi piezometri è generalmente limitato al campo dei terreni uniformi permeabili o molto permeabili ($K > 10^{-5}$ m/sec).

L'utilizzo di tubi piezometrici di materiali o dimensioni diversi da quelli descritti dovrà essere subordinato ad approvazione da parte della direzione dei lavori.

Preparazione del foro

Dopo aver controllato la quota di fondo del foro con scandaglio si esegue il lavaggio della perforazione con acqua pulita immessa dal fondo.

Il foro o il tratto di foro dove deve essere installato il tubo piezometrico deve essere perforato ad acqua oppure con fanghi a polimeri degradabili.

Se il piezometro non deve essere posato a fondo del foro, prima dell'installazione, il foro deve essere riempito, (ritirando man mano i rivestimenti) fino alla quota 0.5÷1.5 m più in basso di quella di installazione del piezometro, con miscela cemento-bentonite-acqua in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a presa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Indicativamente una miscela costituita da 30÷50 parti in peso di cemento, 6÷10 di bentonite e 100 di acqua, può essere considerata adeguata nei terreni medi. Una volta avutasì la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

- a) prima di estrarre il rivestimento provvisorio si laverà l'interno del foro con abbondante acqua pulita;
- b) posa di uno strato di spessore 0.5 m di sabbia grossa pulita ($\varnothing = 1 - 4$ mm);
- c) discesa a quota del piezometro assemblato secondo la sequenza di tratti ciechi e fenestrati prevista dalla direzione dei lavori. Nel caso di piezometri collegati a mezzo di tubi rigidi o semirigidi (PVC), comunque in spezzoni aggiuntabili senza filettatura, le giunzioni devono essere sigillate con teflon, loctite, ecc. ed innastrate in modo da garantire la perfetta tenuta. Il tratto fenestrato dovrà essere protetto con geosintetico (tessuto non tessuto) e l'estremità inferiore del tubo sarà chiusa con apposito tappo di fondo. Le fessure avranno apertura ≤ 1 mm e la calza di geotessile avrà luce non superiore a 0.5 mm;
- d) posa di sabbia grossa ($\varnothing = 1 \div 4$ mm) pulita o materiale granulare pulito ($\varnothing = 2 \div 4$ mm) attorno al tubo fino a risalire di 1 m dall'estremità superiore del tratto fenestrato, ritirando man mano la colonna di rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti;
- e) posa del tappo impermeabile superiore, costituito da palline di bentonite preconfezionate ($\varnothing = 1 \div 2$ cm) in strati di 20 cm alternate a straterelli di ghiaietto di 2÷3 cm, per lo spessore complessivo di 1 m, ritirando man mano i rivestimenti (senza l'ausilio della rotazione) e costipando sui livelli di ghiaietto;
- f) riempimento del foro al di sopra del tappo impermeabile superiore fino alla sommità mediante miscela plastica identica a quella già menzionata, colata attraverso una batteria di tubi sottili (3/8"÷1/2") discesi al fondo del foro o utilizzando apposito tubicino (Rilsan) preassemblato esternamente al tubo in PVC. In alternativa si potrà colmare il tratto superiore dell'intercapedine con materiale limo-argilloso o sabbioso. L'estremità superiore dei tubi sarà protetta con apposito tappo;
- g) sistemazione e protezione del piezometro con la creazione di pozzetto in lamiera verniciata, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che verranno consegnate al direttore dei lavori; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta della direzione dei lavori, in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;
- h) spurgo, collaudo del piezometro ed esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale dopo aver

eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra; a questa fase dovrà presenziare la direzione dei lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro. Per la lettura del livello dell'acqua si utilizzeranno sonde freatiche (scandagli elettrici).

Documentazione

La documentazione relativa alla posa in opera di un tubo piezometrico deve comprendere:

- stratigrafia del foro di sondaggio;
- schema, tipo e posizione del piezometro installato;
- quote del tratto cieco e di quello finestrato;
- quota assoluta del bordo superiore del pozzetto di protezione;
- tabella con valori delle letture eseguite fino alla consegna.

Piezometro di Casagrande

È uno strumento posto in opera in fori di sondaggio, finalizzato alla misura della pressione neutra dell'acqua in particolari intervalli di profondità. Presenta tempi di risposta relativamente brevi dato il piccolo volume di acqua contenuto nello strumento. Isolando il tratto di misura questo tipo di piezometro è indicato anche in corrispondenza di falde sospese minori; il suo impiego è limitato ai terreni con permeabilità medio-bassa ($K > 10^{-5}$ cm/sec).

Nei normali fori di sondaggio è possibile installare 1 o 2 celle piezometriche. Per una corretta installazione è comunque necessario che il foro stesso sia realizzato con l'ausilio di tubi di rivestimento.

Strumentazione

La verticale strumentale completa deve essere costituita dai seguenti elementi:

- cella o celle di Casagrande;
- tubi di misura e di spurgo e manicotti.

Cella piezometrica o Casagrande

La cella piezometrica deve essere composta da un filtro a candela e da un telaio. Il filtro, avente un diametro esterno di circa 55 mm e lunghezza compresa tra 100 e 500 mm, deve essere costituito da agglomerato di silice, o materiale equivalente, con porosità compresa tra 0,2 e 0,6 mm; il telaio deve avere ad una estremità due raccordi da 1/2".

Tutti i materiali che costituiscono la cella piezometrica devono essere tali da evitare l'aggressione da parte della ruggine.



Cella di Casagrande

Tubi di misura e di spurgo

Ogni cella piezometrica deve essere munita di un tubo di misura e di un tubo di spurgo in PVC aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro nominale 1/2";
- lunghezza degli spezzoni pari a 3 m uniti tramite appositi manicotti
- filetti: gas normale.

Le celle predisposte per la misura automatica della colonna d'acqua avranno uno dei due tubicini di diametro maggiorato (1.5" gas) per permettere l'inserimento all'interno della tubazione di un trasduttore di pressione elettrico. L'innesto tra la cella e la tubazione da 1.5" dovrà essere realizzato mediante apposito raccordo idraulico.

L'utilizzo di celle o tubi piezometrici di materiali o dimensioni diversi da quelli descritti dovrà essere subordinato ad approvazione da parte della direzione dei lavori.

Modalità di installazione

Le modalità di installazione sono le seguenti:

- controllo della quota di fondo del foro con idoneo scandaglio;
- se richiesto, riempimento del foro con malta di cemento-bentonite-acqua (50-10-100 parti in peso), fino alla quota di 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 ($\varnothing=1-2$ cm.) precedentemente confezionate, costipate con pestello, per lo spessore di 1 m., con ritiro ulteriore del rivestimento;
- abbondante lavaggio del foro con acqua pulita immessa dal fondo;
- controllo della profondità del foro;
- posa di uno strato (spessore 0.5 m.) di materiale granulare pulito uniforme e saturo ($\varnothing=1-4$ mm.), ritirando i rivestimenti; tale operazione deve avvenire con il foro pieno d'acqua;
- controllo della profondità del foro;
- discesa a quota del piezometro preventivamente saturato (mantenuto fino a quel momento in acqua pulita) collegando i tubi di andata e ritorno, assicurandosi della perfetta tenuta dei giunti mediante sigillanti idraulici;
- posa di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro (0.5 m.) con ritiro della colonna di rivestimento senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che il piezometro non risalga assieme ai rivestimenti e che in colonna sia sempre presente sabbia;
- posa di un tappo impermeabile di palline bentonitiche di circa 15 cm, costipate con pestello ad aste, con progressivo ritiro del rivestimento;
- posa di uno strato di 15 cm di ghiaia compattata con pestello;
- realizzazione di un ulteriore strato di 15 cm con palle di bentonite compattate tramite pestello;
- innalzamento graduale della colonna di rivestimento mentre si compiono le operazioni di sigillatura;
- cementazione del tratto di foro rimanente, come nel caso del primo riempimento, fino alla sommità (se non prevista l'installazione della seconda cella piezometrica), ritirando gradualmente la colonna di rivestimento;
- spurgo della cella con acqua pulita per almeno 20 minuti;
- protezione delle estremità dei tubi con tappi avvitati.
- posa di un pozzetto metallico con chiusura a lucchetto e chiave per la protezione dei terminali piezometrici. Le chiavi, identificate da un cartellino completo delle indicazioni del caso, saranno consegnate al direttore dei lavori. A protezione ulteriore del tubo metallico può essere posato un pozzetto in calcestruzzo di profondità sufficiente per evitare lo scalzamento ad opera delle acque superficiali e/o la manomissione da parte di maleintenzionati. Qualora si preveda di installare all'interno della stessa perforazione due celle Casagrande a differenti profondità, deve essere eseguito un adeguato tappo impermeabile che consenta un completo isolamento fra le due celle piezometriche. Tale isolamento può essere realizzato con strati alternati di palline di bentonite e ghiaietto dello spessore di circa 10 cm per una lunghezza totale di almeno 3 m;
- esecuzione della prima lettura significativa, da considerarsi tale dopo aver eseguito almeno tre letture, la prima delle quali deve avvenire a non meno di due ore dalla realizzazione del piezometro e le successive a distanza di 24 ore l'una dall'altra, fino a completa stabilizzazione del livello dell'acqua nel foro; la misura del livello dovrà essere eseguita in entrambi i tubi del piezometro, controllando così che il circuito e il filtro siano liberi da bolle d'aria o impurità che possano impedire il libero flusso dell'acqua; in caso di rilevamento di un livello dell'acqua non uguale nei due tubi, dovrà essere eseguito il lavaggio dei tubi; a questa fase di controllo dovrà presenziare la direzione dei lavori che successivamente prenderà in consegna il piezometro.

Documentazione

La documentazione comprenderà, per ciascuna cella (o coppia) installata:

- informazioni generali;
- schema geometrico di installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabelle e grafici con letture piezometriche eseguite.

Piezometri elettrici

Questi piezometri hanno la possibilità di controllo della deriva di zero del tipo elettrico o pneumatico.

Le caratteristiche tecniche di riferimento delle celle piezometriche da impiegarsi sono riportate nella seguente tabella:

Tabella - Caratteristiche tecniche dei trasduttori

Campo di misura	0÷10 bar
Risoluzione	0.1% fondo scala
Precisione	0.3% fondo scala
Pressione massima ammissibile	20 bar
Sovraccarico	30% fondo scala
Segnale elettrico in uscita	4 ÷ 20 mA
Temperatura d'esercizio	-10 - +55°C.
Materiale:	acciaio inox

Inoltre il piezometro elettrico avrà sensibilità pari allo 0.01 % del fondo scala, precisione pari allo 0.3% del fondo scala, deriva termica di zero inferiore all'1% del fondo scala (nel campo di compensazione); il campo di misura, fino ad un massimo di 20 bar, sarà stabilito dal progetto delle indagini o dalla direzione dei lavori.

Il cavo elettrico tra il piezometro e la superficie collegherà il terminale di misura, il quale sarà alloggiato in apposito pozzetto di protezione.

L'impresa dovrà preventivamente indicare alla direzione dei lavori il modello che intende utilizzare, specificandone le caratteristiche tecniche, per ottenere l'autorizzazione all'installazione.

La centralina elettronica di misura, elaborazione, memorizzazione e restituzione dati fornirà in modo continuo i valori numerici ed i grafici analogici ottenuti. Anche in questo caso l'impresa indicherà alla direzione dei lavori, il tipo e le caratteristiche dell'attrezzatura che intende impiegare per l'approvazione.

Preparazione del foro

La perforazione dovrà essere eseguita utilizzando, come fluido di circolazione, acqua oppure fango a polimeri degradabili. Non è permesso l'uso di fango bentonitico.

Se il piezometro non deve essere posato a fondo del foro, il foro dovrà essere riempito, ritirando man mano il rivestimento fino ad una quota di 0.5 m più bassa di quella di installazione, con una miscela acqua-cemento-bentonite in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a posa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Una volta avutasì la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), realizzando una serie di tappi di 20 cm ciascuno di palline di bentonite alternati a ghiaietto, per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Al fine di evitare perdite di saturazione del piezometro durante le fasi di installazione, il foro dovrà essere mantenuto costantemente pieno d'acqua. Inoltre prima dell'inserimento nel foro il piezometro, contenuto in un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, dovrà essere inserito in un secondo sacchetto impermeabile pieno d'acqua da rompere una volta immerso in acqua all'interno del foro. L'inserimento del piezometro nel sacchetto di geotessile e nel sacchetto impermeabile verrà realizzato all'interno di un contenitore pieno d'acqua.

Modalità di installazione

Le modalità di installazione saranno conformi a quanto indicato dal costruttore per il modello prescelto ed approvato dalla direzione dei lavori, fornendo a quest'ultima la relativa documentazione o copia di essa realizzata dalla casa costruttrice (manuale di uso e manutenzione).

L'impresa provvederà per intero all'installazione e messa in funzione (azionabile a richiesta) del sistema delle piezometriche-unità di misura e registrazione, quest'ultima debitamente alloggiata o protetta dagli agenti atmosferici, eseguendo frequenti letture per l'intera durata del cantiere.

In particolare si seguiranno le seguenti direttive:

- posa di uno spessore di 0.5 m di sabbia fine e pulita;
- discesa a quota del piezometro elettrico, inserito all'interno di un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, e del cavo elettrico di collegamento;
- posa di sabbia attorno al piezometro e al di sopra per circa 0.5 m, ritirando man mano il rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che cella e cavi non risalgano assieme al rivestimento;
- posa di un tampone impermeabile dello spessore complessivo di 1 m, realizzato inserendo bentonite in palline ($\varnothing = 1 \div 2$ cm) in strati di 20 cm alternata a ghiaietto in strati di $2 \div 3$ cm, ritirando sempre man mano il rivestimento;
- riempimento del foro al di sopra del tampone impermeabile con una miscela plastica acqua-cemento-bentonite (con proporzioni in peso rispettivamente di 100, 30 e 5), calata attraverso apposite aste discese sul fondo del foro;
- sistemazione e protezione della estremità del foro con la realizzazione di un chiusino di protezione;
- esecuzione della prima lettura significativa.

Documentazione

La documentazione comprenderà per ciascuna cella installata:

- informazioni generali;
- log stratigrafico del sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- tipo e caratteristiche della cella piezometrica e dell'unità di misurazione;
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazione e graficizzazione dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

Piezometro elettropneumatico

Tale strumento viene utilizzato in terreni di varia natura e granulometria; la sua installazione è consigliata quando necessita una risposta rapida alle variazioni delle pressioni neutre nel terreno. In definitiva il piezometro elettropneumatico deve essere posto in opera in terreni con permeabilità da media a bassa ($K < 10^{-4}$ cm/sec). Per una corretta installazione è comunque necessario che il foro di sondaggio sia realizzato mediante l'utilizzo di tubi di rivestimento.

Nonostante la massima cura durante l'installazione della strumentazione possono verificarsi frequenti guasti o la non completa affidabilità degli strumenti; è consigliabile dunque aumentarne il numero rispetto a quelli previsti e/o affiancarli anche a sistemi di rilevazione tradizionali.

Strumentazione

Il piezometro è costituito da un telaio, un filtro, un diaframma, un trasduttore ed un cavo esterno. Se la pressione idrostatica che agisce sul diaframma viene bilanciata da un gas, il piezometro si dice pneumatico; se invece l'inflessione del diaframma viene misurata con estensimetri si dice elettrico.

Tabella - Caratteristiche tecniche dei piezometri elettropneumatici

CARATTERISTICHE TRASDUTTORI DI PRESSIONE	
Campo di misura tipico	2 - 20 bar
Massimo sovraccarico	min. 1,5 volte il fondo scala
Precisione tipica	0,25 - 1% fondo scala
Risoluzione tipica	0,03% fondo scala
Segnale in uscita	tensione o corrente
Deriva termica(zero-span)	$\geq 0,03\%/^{\circ}\text{C}$
Campo di temperatura	0÷50°C
CARATTERISTICHE DEI FILTRI	
Materiale	acciaio inox sinterizzato, bronzo sinterizzato, ceramica, silice
Porosità tipica	0,2 - 0,6 μm
CARATTERISTICHE DEI CAVI	
Conduttori	rame stagnato
Isolamento tipico	PVC, PE, PT-FE
Carico di rottura	$\geq 100 \text{ Kg/cm}^2$
Schermatura	90% in calza di rame stagnato
Rigidità dielettrica	$\geq 5000 \text{ V}$
Isolamento dei conduttori	$\geq 1000 \text{ V}$
Guaine di protezione (interna ed esterna)	in funzione delle condizioni di installazione

Installazione

Prima dell'inizio della posa in opera devono essere eseguiti i seguenti controlli:

- a) controllo visivo dell'integrità e del corretto montaggio dello strumento, con particolare riguardo al filtro ed alla connessione del cavo e del relativo terminale;
- b) verifica del corretto funzionamento dello strumento.

Dopo aver eseguito i controlli di cui sopra, devono essere effettuate le seguenti operazioni preliminari alla posa:

- 1) preparazione del piezometro in un sacchetto di iuta, riempito con sabbia fine, e sistemazione dello strumento in

un contenitore con acqua;

2) esecuzione di una lettura con centralina portatile;

3) preparazione del materiale per la formazione degli strati filtrante e di sigillatura.

Per lo strato filtrante devono essere utilizzati sabbia e ghiaia fine pulite ($\varnothing=1\div5$ mm).

Per la sigillatura si utilizzano palline di bentonite precompressa con diametro $\varnothing=1\div2$ cm e ghiaietto da $2\div3$ cm.

Modalità esecutive

La posa in opera dei piezometri è eseguita secondo le seguenti specifiche:

a) lavaggio della perforazione con acqua dolce pulita;

b) realizzazione dello strato filtrante in sabbia per uno spessore di almeno 0,5 mm, compattando leggermente con apposito pestello e ritirando i rivestimenti. Tale operazione deve essere eseguita con il foro pieno d'acqua;

c) controllo della quota superiore dello strato di sabbia, mediante scandaglio;

d) posizionamento del piezometro nella perforazione alla quota prevista;

e) esecuzione di una lettura per controllare il corretto funzionamento del piezometro;

f) immissione di sabbia pulita attorno e sopra il piezometro per una altezza di circa 0,5 m, ritirando progressivamente i rivestimenti di perforazione, senza l'ausilio della rotazione e controllando che il piezometro non risalga con i rivestimenti;

g) controllo della quota superiore dello strato filtrante mediante apposito scandaglio;

h) formazione del tappo impermeabile costituito da palline di bentonite da $2\div3$ cm di diametro, con spessore superiore a 1,00 m; ritiro progressivo dei rivestimenti di perforazione, non utilizzando la rotazione e compattando leggermente con pestello per evitare di danneggiare il cavo;

i) riempimento del tratto del foro compreso tra l'estremità superiore del tappo impermeabile e il piano campagna con miscela di cemento e bentonite (dosaggio a/c/b rispettivamente 100/50/10 in peso) ed altro materiale idoneo;

j) esecuzione di una lettura di controllo del buon funzionamento del piezometro.

Nei giorni successivi all'installazione di ogni piezometro devono essere eseguite alcune letture al fine di controllarne il corretto funzionamento e la stabilizzazione della pressione interstiziale. La misura deve essere effettuata connettendo il cavo alla centralina di lettura mediante l'apposito connettore.

Misure

Per la lettura dei trasduttori di pressione devono essere utilizzate centraline di lettura con le caratteristiche tecniche riportate nella tabella 15.3.

Tabella - Caratteristiche tecniche delle centraline di lettura dei piezometri elettropneumatici

CENTRALINE	
Display	4 1/2 digits - LCD
Risoluzione	1 digit
Precisione tipica	% 2 digits
Coefficiente di deriva termica	$\leq 0,3$ digit /°C
Temperatura di utilizzo	0÷50°C
Grado minimo di protezione	IP64
Connettori	stagni IP65
Alimentazione	con batterie interne ricaricabili
Autonomia	min. 10 ore

Sul display della centralina deve essere visualizzata la misura in unità elettriche (L) da cui viene ricavata la profondità della falda (Z) mediante la seguente formula:

$$Z = P - \frac{L - F}{S}$$

dove:

Z = profondità della falda dal p.c. (m)

P = profondità in installazione del sensore piezometrico (m)

L = lettura sul display centralina (unità elettriche)

F = misura elettrica del trasduttore fuori acqua (unità elettriche/m)

S = sensibilità del trasduttore (mV/m)

Si deve quindi fornire la quota assoluta rispetto al livello del mare corrispondente al valore della pressione interstiziale nel punto di misura. A tale scopo si deve usare la seguente relazione:

$$Q_{pa} = q_{cella} + (1 - O_{ff}) * K$$

dove:

- Q_{pa}= quota piezometrica assoluta rispetto al livello mare (m)
 q_{cella}= quota assoluta di installazione della cella piezometrica (m)
 I = lettura elettrica
 O_{ff}= offset pari all'ultimo controllo di zero effettuato (lettura elettrica)
 K= sensibilità dello strumento (m/lettura elettrica).

Documentazione

Per ogni piezometro installato dovranno essere riportate nel documento stratigrafico della perforazione tutte le informazioni sulla ubicazione e relative caratteristiche e sul livello piezometrico rilevato.

La documentazione comprenderà, per ciascuna cella installata:

- informazioni generali (profondità, quota bocca foro ecc.);
- tipo e caratteristiche della cella piezometrica e dell'unità di misurazione;
- schema geometrico dell'installazione;
- quota assoluta dei terminali piezometrici;
- tabulazioni dei dati piezometrici raccolti per la durata del cantiere.

Sistemazione esterna per qualsiasi tipo di piezometro

Per qualunque tipo di piezometro è fondamentale prevedere la sistemazione esterna della bocca di perforazione. E' necessario predisporre:

- pozzetto di protezione cementato in modo da evitare scalzamento provocato da eventuali percolazioni, scorrimento di acque superficiali e manomissioni da parte di malintenzionati;
- flangia esterna di protezione con chiusura a lucchetto;
- locale o cabina per la sistemazione della centralina di lettura dei dati per piezometri di tipo elettropneumatico.

Installazione e letture di tubi inclinometrici

L'installazione di un tubo inclinometrico in un foro di sondaggio consente, attraverso misure ripetute nel tempo, la misura dello spostamento orizzontale del terreno lungo tutta la verticale. Tali misure vengono effettuate introducendo nel tubo una apposita sonda inclinometrica che, dotata di sensori servoaccelerometrici o potenziometrici di elevata precisione, consente di misurare l'inclinazione del tubo in corrispondenza di una determinata sezione.

I tubi inclinometrici sono caratterizzati da una sezione circolare, provvista di quattro scanalature o guide, con funzioni di guida per la sonda inclinometrica, con diametro esterno di 80÷90 mm e lunghezza non inferiore a 3,0 m.

Per l'accettazione della fornitura si richiede che:

- la spiralatura dei tubi sia inferiore a 0,5°/metro lineare,
- la perpendicolarità delle sezioni terminali dei tubi deve essere garantita con la tolleranza di 1°

I tubi, realizzati in spezzoni di 3,0 m, sono assemblati mediante manicotti di giunzione, la cui lunghezza non deve essere inferiore a 300 mm e devono presentare le seguenti dimensioni:

- \varnothing_{int} guide manicotto $\approx \varnothing_{est}$ guide tubo (+ 0.1 mm. max);
- il gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti, non dovrà comunque essere superiore a 1°/giunto.

I tubi inclinometrici possono essere realizzati nei seguenti materiali:

- alluminio (UNI 3569/66),
- ABS : installati in ambiente aggressivo (ambienti alcalini, presenza di correnti vaganti, ecc.) in luogo dei tubi in alluminio di spessore minimo non inferiore a 4 mm, il cui utilizzo tuttavia dovrà essere subordinato a preventiva autorizzazione da parte della direzione dei lavori.

Le caratteristiche dei tubi e dei manicotti di giunzione sono riportate nella tabella 15.4.

Tabella - Caratteristiche tecniche dei tubi inclinometrici

TUBI INCLINOMETRICI	
Dimensioni	\varnothing_{int} guide = 80÷82 mm
Dimensioni	\varnothing_{est} guide = 86÷88 mm
Lunghezza tubi	3 m
Materiali	alluminio, vetroresina, ABS, PVC, o altro purché idoneo
Eventuali protezione	anodizzazione o verniciatura con vernici

	epossidiche
Angolo di spiralatura max	1°/m
Perpendicolarità delle sezioni terminali	± 1°
MANICOTTI DI GIUNZIONE	
Dimensioni	Ø _{int} guide = 87÷89 mm
Lunghezza	300 mm
Materiali	alluminio, vetro resina, ABS, PVC, o altro purché idoneo
Gioco massimo di accoppiamento tra i tubi, dovuto ai soli manicotti	± 2°/giunto

L'utilizzo di tubi in alluminio in ambiente aggressivo dovrà essere subordinato alla realizzazione di opportune protezioni (anodizzazioni o verniciatura con resine epossidiche); per tali ambienti aggressivi è comunque consigliabile l'utilizzo di inclinometri in ABS.

La cementazione dei tubi in alluminio dovrà comunque sempre essere eseguita mediante l'utilizzo di cemento pozzolanico.

In nessun caso potranno essere installati tubi inclinometrici in materiali diversi (ad es. PVC o vetroresina).

Normative e specifiche di riferimento:

- ASTM D 4622 - 86 (1993) - Standard Test Method for Rock Mass Monitoring Using Inclinometers

Sonda inclinometrica

La sonda inclinometrica utilizzata per le letture dovrà possedere le caratteristiche della tabella 15.5.

Tabella - Caratteristiche tecniche della sonda inclinometrica

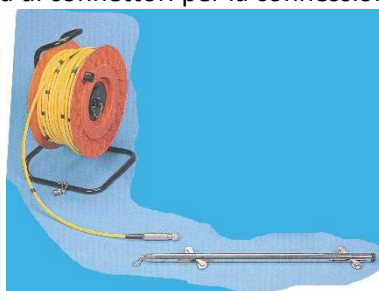
SONDA INCLINOMETRICA	
Tipo di sonda	biassiale
Sensori	servoinclinometri
Passo tra le ruote	50 cm
Campo di misura	± 14,5 , ± 30°
Connettore per giunzione al cavo	stagno (500 m)
Materiale	acciaio inox
Carrelli	basculanti a due ruote
Risoluzione	1" di grado

Cavo

Il cavo deve fornire l'alimentazione alla sonda e trasmettere i segnali rilevati, nonché garantirne il sostegno e permettere la determinazione della profondità di lettura. A questo scopo esso deve essere dotato di tacche di riferimento ogni 50 cm.

Deve essere di tipo inestensibile con armatura interna in acciaio o Kevlar e deve avere la guaina esterna antiabrasione, con tacche di riferimento ogni mezzo metro, in accordo al passo tra le ruote della sonda.

Inoltre deve essere provvisto alle estremità di connettori per la connessione alla sonda ed alla centralina di lettura.



Sondina

Centralina di misura

La lettura delle inclinazioni rilevate dalla sonda devono essere eseguite per mezzo di una centralina portatile dotata

di uno o due display su cui vengono visualizzati o i gradi dell'angolo di inclinazione rispetto alla verticale o le inclinazioni espresse in seno dell'angolo ($\sin \alpha$), amplificate di un fattore pari a 10.000 o 20.000, con coefficiente di deriva termica compreso tra 0,01 e 0,03% fondo scala/°C.

La centralina può registrare i dati in automatico (con un tempo scelto dall'operatore) o secondo l'impulso fornito dal comando manuale. L'elaborazione successiva verrà eseguita tramite personal computer.

Le caratteristiche della centralina di misura dovranno essere quelle riportate nella tabella 15.6.

Tabella - Caratteristiche tecniche della centralina Data-Logger

CENTRALINA DATA-LOGGER	
Display	4 1/2 digits LCD
Risoluzione	1/10.000; 1/20.000
Precisione tipica	+2 digits; $\pm 0,3$ digit/°C
Lettura	10.000/20.000 sen a
Temperatura di utilizzo	0÷50°C
Alimentazione	batterie interne ricaricabili
Autonomia	10 ore
Protezioni	IP 64

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. A questa misura va aggiunto il diametro del tubetto di iniezione (Rilsan);
- deviazione globale dalla verticale max 1,5%.

Prima dell'installazione vera e propria dovrà essere controllato quanto segue:

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

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

- a) lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita; mantenere il foro pieno il più possibile di acqua e verificare la profondità con lo scandaglio;
- b) 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 ed 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.
- c) montare sul primo spezzone, già munito di manicotto, il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;
 - d) 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);
 - e) bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente il manicotto di giunzione;
 - f) inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio, la rivettatura e la sigillatura del giunto;
 - g) 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;

h) procedere di seguito fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti, provvedendo, ad intervalli opportuni, a fissare al tubo inclinometrico i tubetti di iniezione;

i) completata la colonna, inserire all'interno del tubo inclinometrico un tubo di iniezione (se previsto) agganciato alla valvola di fondo a perdere; iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione ($P = 2 \text{ atm}$) attraverso il tubo d'iniezione, osservando la risalita della miscela all'esterno del tubo (l'operazione si considera ultimata dopo avere osservato, per un congruo intervallo di tempo, la fuoriuscita di miscela in superficie). Un altro metodo possibile è l'iniezione di miscela dal fondo del foro attraverso un tubicino di plastica a perdere (Rilsan) che viene affiancato al tubo inclinometrico: l'iniezione deve essere effettuata lentamente con una bassa pressione. 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 dalla testa del foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a piano campagna; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;

l) nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo inclinometrico di un tubo di protezione in acciaio o PVC pesante (diametro interno minimo $D = 0.12 \text{ m}$. lunghezza $L = 1,0 \text{ m}$. Il tubo sposterà di $10 \div 15 \text{ cm}$. dalla sommità del tubo inclinometrico e sarà provvisto di un coperchio in acciaio con chiusura antigelo, dotato di lucchetto;

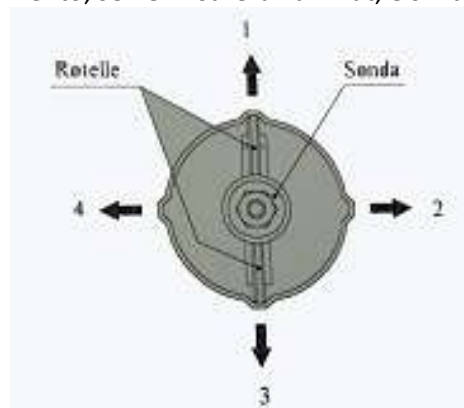
m) terminata la cementazione il tubo inclinometrico sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita; l'attrezzo dovrà essere dotato di pattini zigrinati per la pulizia delle guide e consentire un prolungato ed efficace lavaggio interno della colonna inclinometrica.

Collaudo del tubo inclinometrico e lettura iniziale di riferimento

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, non prima di $10 \div 15$ giorni dalla installazione del tubo, si dovrà verificare la funzionalità della tubazione inclinometrica attraverso il controllo della continuità e dell'allineamento degli spezzoni di tubo e la verifica della rispondenza dell'inclinazione e della spiralatura della tubazione alle specifiche di accettazione.

Le operazioni di collaudo e la lettura iniziale di riferimento saranno eseguite dalla società incaricata del successivo monitoraggio, in contraddittorio con l'impresa e alla presenza della direzione dei lavori. La strumentazione necessaria per il collaudo della tubazione inclinometrica dovrà comprendere una sonda testimone per il controllo dell'integrità della tubazione, una sonda inclinometrica, con le caratteristiche tecniche già specificate per il controllo della verticalità ed una sonda spiralometrica, a controllo meccanico o elettronico, che consenta la misura dell'azimut del tubo in ogni sezione con una sensibilità non inferiore a $0.1^\circ/\text{m}$.

Il controllo verrà eseguito calando nel foro una sonda testimone (di caratteristiche analoghe a quella da utilizzarsi per le successive misure), facendola scorrere lungo le quattro guide del tubo fino a fondo del foro. Il tubo inclinometrico verrà dichiarato idoneo se la sonda testimone sarà passata nelle quattro guide, senza incontrare ostacoli, sia in discesa che in risalita. In questa fase inoltre verrà scelta la guida di riferimento (guida 1), preferibilmente orientata secondo la probabile direzione di movimento, se ne misurerà l'azimut, e si numereranno le guide:



Numerazione guide per lettura

Successivamente dovranno essere verificate anche la verticalità e la spiralatura del tubo, che verrà dichiarato idoneo se la deviazione dalla verticale rilevata sarà inferiore al 2% e se la spiralatura totale sarà inferiore a $0.5^\circ/\text{metro}$ lineare.

Documentazione per posa di inclinometri

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali;

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

Manutenzione e gestione dei tubi

Periodicamente (almeno ogni 6 mesi) o se durante l'esecuzione delle misure ne emergesse la necessità, si deve procedere ad un calaggio dei tubi per rimuovere eventuali incrostazioni o depositi di materiale sul fondo. Il lavaggio deve essere effettuato con un tubo idoneo ad un getto di acqua a bassa pressione.

Inoltre si deve porre attenzione alla manutenzione della testa dei tubi, perché non subisca danneggiamenti per urti o schiacciamenti che precludano l'accesso della sonda o possano invalidare l'eventuale riferimento topografico realizzato alla testa del tubo.

Gestione delle letture inclinometriche

A circa 10-15 giorni dalla avvenuta presa della miscela cementizia, si eseguirà la lettura di "0" ovvero la taratura del tubo inclinometrico: le letture verranno eseguite su tutte e quattro le guide, ogni 0,5 m di tubo.

A richiesta e con frequenza semestrale verranno eseguite le altre letture d'esercizio.

La quota assoluta della testa del tubo inclinometrico deve essere rilevata mediante livellazione di precisione con frequenza almeno semestrale. Il rilievo deve essere ripetuto ogni qualvolta si effettuano operazioni di variazione di quota della testa del tubo.

L'esecuzione di una lettura deve essere eseguita registrando i valori letti al display della centralina quando la sonda inclinometrica si trova posizionata ad una profondità nota.

Questi valori dipendono dalla costante di misura della sonda e sono proporzionali all'inclinazione locale.

Le letture devono essere eseguite in tutte le quattro guide dei tubi: la prima eseguita con la ruota di riferimento nella guida 1, la seconda lettura nella guida 3, la terza nella guida 2 e la quarta nella 4, per cui, utilizzando sonde biassiali, le profondità saranno lette complessivamente in otto componenti (A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4).

Le letture devono essere eseguite secondo le seguenti modalità:

A. Lettura dall'alto

a) la sonda inclinometrica viene inserita nella guida 1, quindi calata lentamente a -0.5m del tubo fino alla stabilizzazione del valore visualizzato sul display per circa 10 minuti;

c) la sonda viene spostata nella successiva posizione di lettura, distante dalla precedente una quantità pari all'interasse dei carrelli, ovvero 0,50 m. Atteso qualche secondo per la stabilizzazione dei valori visualizzati, si digita il pulsante per la lettura.

d) le successive letture vengono proseguite fino al fondo-foro completando così il ciclo.

e) Con le stesse modalità, verranno eseguiti i cicli di letture nelle restanti guide nell'ordine 3-2-4.

B. Lettura dal basso

Per le letture dal basso la procedura è simile a quella descritta precedentemente, considerando che la prima lettura è quella al fondo e la sonda viene man mano sollevata ad intervalli di 0.5m..

Documentazione per letture ed elaborazione dati

Al termine dell'installazione e della prima serie di misure e comunque dopo ogni serie di misure entro 15 giorni dalla loro effettuazione dovrà essere consegnata alla direzione dei lavori la seguente documentazione:

- planimetria con ubicazione di ciascun tubo, schema della numerazione delle guide ed orientamento esatto della guida n.1 rispetto al Nord geografico (Valore di Azimut);
- misura di deviazione dalla verticale;
- misura della spirality;
- eventuali coefficienti di correlazione applicati alla strumentazione utilizzata in fase di rilevazione dati;
- lista dei dati originali rilevati con l'indicazione dello scostamento rispetto alla media teorica e degli spostamenti massimi e minimi;
- elaborazione dei dati rispetto alla lettura di riferimento, secondo il passo con cui è stata effettuata la misura stessa ed elencazione numerica, al decimo di millimetro, degli spostamenti assoluti, dei relativi azimut riferiti alla guida 2 e delle componenti di spostamento parziale lungo l'asse x (guida 1-3) e lungo l'asse y (guida 2-4);
- indicazione di eventuali coefficienti di correlazione applicati in fase di elaborazione per l'eliminazione degli errori sistematici;
- elaborazioni grafiche con disegni in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati degli

spostamenti, dei relativi azimut e delle componenti di spostamento x e y.

Al termine dell'ultima serie di misure richieste (entro 30 giorni):

– elaborazioni grafiche comparative per ogni singolo tubo, con disegno in linea continua ed in scala appropriata agli ordini di grandezza riscontrati, riportanti contemporaneamente sui singoli elaborati le curve di spostamento, di azimut e delle componenti di spostamento lungo le direzioni x e y, di tutte le letture effettuate, in modo da evidenziare le eventuali differenze nel tempo.

Installazione di tubi per prove geofisiche "down-hole"

I tubi per prospezioni sismiche "down-hole" hanno sezione circolare, con le seguenti caratteristiche:

- spessore = 3 mm.
- diametro interno $\phi_{int} = 75-100$ mm.

I tubi sono realizzati in PVC in spezzoni da 3 m. di lunghezza ed assemblati mediante filettatura a vite o eventuali manicotti di giunzione.

Modalità di installazione

La perforazione sarà eseguita con diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro del tubo completo dei tubi esterni di iniezione.

Nel corso della perforazione si avrà cura di evitare reflussi in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro.

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

Prima dell'installazione, dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllare che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi stessi;
- verifica della disponibilità e dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllo e preparazione dei 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;
- controllo degli utensili per l'installazione; diametro delle punte del trapano, diametro e lunghezza dei rivetti, tipo e scadenza del collante, efficienza della morsa di sostegno.

La posa in opera dei tubi dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità (l'uso dei manicotti e dei rivetti è facoltativo):

- a) lavare accuratamente la perforazione con acqua pulita;
- b) preassemblare i tubi in spezzoni di 6,00 m, terminanti ad un estremo con un manicotto, nella forma seguente:
 - inserire il manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
 - praticare i fori per i rivetti 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 o serrare con nastro adesivo;
 - evitando bruschi movimenti che possano causare torsioni, fasciare abbondantemente con nastro autovulcanizzante.
- c) montare sul primo spezzone, già munito di manicotto, il tappo di fondo e fissare il tubo per l'iniezione;
- d) 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);
- e) bloccare il tubo mediante l'apposita morsa in modo che dalla perforazione fuoriesca solamente il manicotto di giunzione;
- f) inserire lo spezzone successivo ed eseguire l'incollaggio, la rivettatura e la sigillatura del giunto;
- g) 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;
- h) procedere di seguito fino al completamento della colonna annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti;
- i) completata la colonna, iniziare la cementazione che dovrà avvenire a bassa pressione ($P = 2$ atm) attraverso il tubo di 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 dalla testa del foro anziché attraverso il tubo di iniezione,

per mantenere il livello costante a piano campagna.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;

l) nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo di prova di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo $\varnothing_{int} = 0,12$ m, lunghezza $L = 1,00$ m.) (*Flangia*). Il tubo sporgerà di 10÷15 cm. dalla sommità del tubo per prove geofisiche e sarà provvisto di un coperchio in acciaio dotato di lucchetto;

m) terminata la cementazione il tubo di prova sarà accuratamente lavato con un attrezzo a fori radiali e acqua pulita;

n) 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.

Dispositivo di energizzazione

La direzione dei lavori può richiedere alla distanza di 2,00 m. dalla bocca del foro la realizzazione di un cubo in calcestruzzo di lato 50 cm., inserito nel terreno per 20 cm. e reso ben solidale con il medesimo.

A presa e indurimento avvenuti, tale cubo deve 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.

Documentazione

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali;
- 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.

Installazione di tubi per prove geofisiche "cross-hole"

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

- spessore = 3 mm.
- diametro interno $\varnothing_{int} = 90 \div 100$ mm.

I tubi sono realizzati in PVC in spezzoni da 3 m di lunghezza ed assemblati mediante filettatura a vite ed eventuali manicotti di giunzione.

Modalità di installazione

La perforazione sarà eseguita con diametro sufficiente a permettere l'installazione nel foro del tubo completo dei tubi esterni di iniezione.

Nel corso della perforazione si avrà cura di evitare reflussi in colonna e decompressioni del terreno nell'intorno del foro.

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

Prima dell'installazione, dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllare che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi stessi;
- verifica della disponibilità e dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;
- controllo e preparazione dei 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;
- controllo degli utensili per l'installazione; diametro delle punte del trapano, diametro e lunghezza dei rivetti, tipo e scadenza del collante, efficienza della morsa di sostegno.

Prima dell'installazione vera e propria, dovranno essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllare che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- controllare che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi stessi;
- verifica della disponibilità e dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione da applicare all'esterno della colonna;

- controllo e preparazione dei 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;
- controllo degli utensili per l'installazione: diametro delle punte del trapano, diametro e lunghezza dei rivetti, tipo e scadenza del collante, efficienza della morsa di sostegno.

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 6,00 m, terminanti ad un estremo con un manicotto, nella forma seguente:
 - inserire il manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
 - praticare i fori per i rivetti 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 ($P = 2 \text{ atm}$) 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 dalla testa del foro anziché attraverso il tubo di iniezione, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
- Nella fase finale della cementazione si dovrà provvedere all'installazione attorno al tratto superiore del tubo di prova di un tubo di protezione in acciaio o p.v.c. pesante (diametro interno minimo $\varnothing_{\text{int}} = 12 \text{ m.}$, lunghezza $L = 1,00 \text{ m.}$). Il tubo sposterà di 10÷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.

Controllo della verticalità

Al termine dell'installazione delle tubazioni per le misure, deve esserne verificata la verticalità, al fine di conoscere puntualmente l'effettiva distanza tra i fori eseguiti.

Per queste misure verrà utilizzata una sonda inclinometrica con 2 sensori ortogonali con sensibilità superiore a 0.07° . La sonda sarà del tipo a controllo azimutale e sarà calata con aste con connessione a baionetta; tale connessione è in grado di evitare modifiche dell'orientazione azimutale della sonda per l'intera durata della prova. Le misure verranno effettuate ogni metro e la loro restituzione grafica, che evidenzia la distanza in ogni punto della coppia di fori cross-hole, farà parte integrante della documentazione.

Documentazione

La documentazione comprenderà:

- informazioni generali;
- 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.

Assestimetri

Questo tipo di strumentazione consente la misurazione di spostamenti verticali all'interno di un foro. Un tubo guida di acciaio inossidabile viene calato nel foro ed ancorato a varie profondità. Un sistema di lettura posto in superficie misura l'abbassamento tra la testa della colonna ed i punti di riferimento. L'allestimento più utilizzato è caratterizzato da una serie di punti magnetizzati ad alette sporgenti ancorati a differenti altezze.

Assestimetri a punti magnetizzati

Si tratta di uno strumento in grado di determinare cedimenti differenziali (sensibilità 1 mm) in corrispondenza di determinati punti strumentali lungo una verticale di sondaggio geognostico.

Attrezzatura

La strumentazione è costituita da:

- un tubo parete in PVC deformabile corrugato lungo la sua lunghezza ($\varnothing_{est} = 54$ mm, spessore 1 mm avente ondulazioni ogni 10 mm, profonde 4 mm), filettato all'estremità e fornito generalmente in spezzoni di 1,00 m con una punta da avvitare nell'estremità inferiore;
- anelli magnetizzati installati coassialmente ed esternamente al tubo parete ($h = 58,5$ mm, $\varnothing_{est} = 90$ mm), e resi solidali al terreno circostante grazie a molle che permettono di raggiungere un diametro fino a 30 cm al fine di garantire un sicuro ammorsamento nel terreno;
- un tubo guida in duralluminio ($\varnothing_{est} = 31$ mm, $\varnothing_{int} = 20$ mm) in spezzoni di 1,5 m filettati alle estremità, fissato solo superiormente (onde garantirne verticalità e rettilineità) tramite un anello di sospensione ad un tubo di testa a sua volta fissato al terreno tramite apposita gabbia di ancoraggio.

Modalità esecutive e controlli

In cantiere prima dell'installazione devono essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllo che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciamenti soprattutto nelle parti terminali;
 - controllo che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
 - verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
 - verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
 - controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
 - controllo degli utensili per l'installazione: diametro delle punte del trapano, rivetti, collante, etc.;
- verifica della quota del fondo del foro.

Ci si atterrà alle seguenti modalità esecutive:

- accoppiamento degli spezzoni tramite la filettatura;
- avvitamento della puntazza metallica all'estremità inferiore del tubo parete corrugato;
- inserimento di questo nel foro di sondaggio rivestito;
- inserimento del tubo guida all'interno del tubo parete e suo fissaggio superiore;
- graduale sollevamento del rivestimento del sondaggio con progressivo riempimento del foro con ghiaietto;
- posa in opera di uno strato di sabbia e sollevamento del rivestimento poco al di sopra (circa 30 cm) della quota prevista per il primo anello magnetico;
- controllo profondità foro;
- inserimento tramite apposito strumento guida del primo anello magnetico (le molle devono aderire al terreno al di sotto dell'estremità inferiore dei tubi di rivestimento);
- riempimento dell'intercapedine con palline di bentonite;
- sollevamento del rivestimento fino alla successiva posizione con riempimento del foro mediante sabbia;
- ripetizione successiva delle operazioni per tutti gli anelli previsti;
- realizzazione del blocco di ancoraggio al terreno e fissaggi definitivi, controllo preliminare della strumentazione.

Misure

La misurazione avviene tramite sondina manuale costituita a sua volta da un cavo metrato alla cui estremità è posizionato un puntale che emette un segnale acustico a contatto con il campo magnetico prodotto da ciascun anello:

Le letture vengono eseguite con le seguenti modalità:

- calaggio della sondina nel tubo guida svolgendo lentamente il cavo;
- nel momento dell'emissione del segnale acustico rialzare leggermente il cavo e riabbassarlo nuovamente annotando la quota relativa sul cavo;
- ripetere la misurazione per almeno 4 volte e mediare il risultato ottenuto (o comunque fino al

raggiungimento di una precisione di +/-2 mm)

Documentazione

Al completamento delle operazioni dovranno essere riportate nel documento stratigrafico del sondaggio tutte le informazioni generali e le letture effettuate comprendenti:

- informazioni generali (profondità, quota boccaforo slm etc..);
- caratteristiche dei tubi installati;
- schema geometrico di installazione che indichi anche le quote assolute e relative degli anelli magnetici.

Inoltre:

- entro 15 giorni dall'installazione dell'assestometro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato, nonché una tabella con i dati relativi alla misura base;
- entro 15 giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui al punto precedente più l'andamento degli assestamenti rilevati posti anche in diretto raffronto con i precedenti rilievi mediante tabelle e grafici.

Assestometro orizzontale a cella idraulica

L'assestometro orizzontale idrostatico è composto da un tubo flessibile, installato orizzontalmente, all'interno del quale viene inserita una sonda idrostatica piena di liquido le cui variazioni di altezza misurano i cedimenti del terreno in cui sono in opera e sono funzione della deformata del tubo stesso.

Attrezzatura

Il tubo flessibile da porre in situ avente diametro di 2" è costituito da polietilene ad alta densità.

La sonda di misura è costituita da un cilindro di acciaio ($\varnothing_{est} = 32$ mm) con trasduttore di pressione; viene collegata all'esterno con un cavo metrato in nylon riempito di liquido apposito (acqua distillata o soluzione di acqua distillata e etilenglicole).

Il cavo viene avvolto in apposito avvolgicavo all'interno del quale è posizionato il serbatoio del liquido nonché la centralina di misura.

Modalità esecutive e controlli

In cantiere prima dell'installazione devono essere eseguiti i seguenti controlli:

- controllo che i tubi ed i manicotti non presentino lesioni o schiacciamenti soprattutto nelle parti terminali;
- controllo che le estremità dei tubi e dei manicotti non presentino sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento di tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione dalla valvola di fondo;
- verifica del corretto montaggio della valvola di fondo;
- controllo e preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
- controllo degli utensili per l'installazione: diametro delle punte del trapano, rivetti, collante, etc.;
- verifica della quota del fondo del foro.

Ci si atterrà alle seguenti modalità esecutive:

- preparazione di apposita trincea e suo livellamento;
- posizionamento del tubo orizzontalmente nel terreno;
- riempimento con materiale idoneo adatto (sabbia o altri) tale da garantire la deformazione uniforme al terreno circostante, una volta realizzata la sovrastruttura della quale si vogliono misurare i cedimenti ;
- realizzazione di due blocchetti in calcestruzzo alle estremità del tubo ai quali il tubo stesso viene vincolato, ma in modo da poter scorrere;
- messa in opera di tasselli di riferimento sui blocchetti;
- inserimento di tappi di protezione;
- rilievo topografico dei blocchetti di calcestruzzo e della sovrastruttura durante i vari stadi di costruzione.

Misure

Dopo avere eseguito il rilievo topografico dei blocchi di calcestruzzo e della sovrastruttura, una volta raggiunto l'equilibrio termico dell'insieme è necessario procedere alla calibratura del sistema attraverso apposita base di misura adiacente al foro del tubo assestimetrico; ciò avviene inserendo la sonda in due fori aventi dislivello noto.

Dopo avere inserito la sonda nel tubo, le misurazioni saranno eseguite a distanze regolari, predeterminate con il cavo metrato.

Documentazione

Al completamento delle operazioni dovranno essere consegnati i seguenti elaborati:

- a) entro quindici giorni dall'installazione dell'assestometro, un grafico con l'esatta indicazione delle caratteristiche e delle misure del dispositivo installato, nonché una tabella con i dati relativi alla misura di base;

b) entro quindici giorni da ogni misura, gli stessi elaborati di cui al punto precedente più gli elementi, in tabelle e grafici, degli assestamenti rilevati, posti anche in diretto raffronto con i precedenti rilievi.

Art. 36 - Iniezioni

36.1 - Generalità

Le iniezioni costituiscono una tecnica atta a modificare le caratteristiche meccaniche (resistenza o deformabilità) e le caratteristiche idrauliche (permeabilità) di terreni porosi e di rocce fessurate o fratturate, o aventi cavità di varie dimensioni, per effetto dell'immissione di idonee miscele, attraverso fori di piccolo diametro. Tali miscele sono dei fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotate di proprietà reologiche evolutive, inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche adeguate agli scopi del trattamento. I terreni iniettabili comprendono i terreni alluvionali o detritici, fino ad un certo limite di permeabilità (dalle ghiaie alle sabbie fini) e le rocce (da carsiche a microfessurate).

I trattamenti possono definirsi di:

- Impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- Intasamento, quando tendono a riempire fratture a cavità della roccia;
- Ricompressione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili, ottenuto per fratturazione idraulica (claquage).

Le miscele di iniezione consistono in:

- Sospensioni di un legante idraulico in acqua con eventuali additivi stabilizzanti (miscele cementizie);
- Soluzioni colloidali, ottenute sciogliendo in acqua colloidali puri (silicato di sodio) ed utilizzando reagenti organici (acetato di etile);
- Soluzioni pure inorganiche, costituite da soluzioni acquose di silice pura con impiego di reagenti inorganici.

In relazione alla penetrabilità ed alla stabilità le sospensioni cementizie si definiscono in:

- Miscele cementizie instabili, costituite da miscele binarie, nelle quali la fase solida tende a sedimentare con rilevante cessione di acqua libera (bleeding);
- Miscele cementizie stabili, costituite da miscele ternarie (acqua-cemento-bentonite) o da miscele binarie corrette con additivi disperdenti e stabilizzanti;
- Miscele con cementi microfini, costituite da miscele binarie, con impiego di cementi macinati e additivi.

36.2 - Soggezioni geotecniche ed ambientali

a) Conoscenze geotecniche e geologiche

Poiché la corretta scelta delle metodologie e dei prodotti di iniezione è basilare per la corretta realizzazione dei trattamenti, l'Impresa dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche dei terreni (stratigrafia, granulometria, etc.), o i caratteri strutturali e morfologici degli ammassi rocciosi (grado di fratturazione, permeabilità Lugeon, etc.). Dovrà inoltre valutare attentamente l'influenza della falda (pressione, velocità di filtrazione, etc.).

Ove ne ricorra l'opportunità la D.L. richiederà l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari, secondo quanto precisato successivamente.

b) Salvaguardia ambientale

Gli interventi con finalità impermeabilizzanti non dovranno modificare le condizioni idrologiche del sottosuolo all'esterno delle aree immediatamente adiacenti ai trattamenti.

E' consentito esclusivamente l'impiego di prodotti stabili nel tempo, e che non cedano al terreno ed alle falde circostanti liquidi residuali inquinanti. Di norma quindi è fatto divieto all'uso di soluzioni colloidali e di reagenti organici.

c) Controllo degli stati tenso-deformativi

I procedimenti di iniezione dovranno essere definiti ed applicati in modo da evitare che abbiano luogo modificazioni indesiderate dello stato di deformazione e dello stato di sollecitazione su opere vicine.

36.3 - Prove tecnologiche preliminari

I prodotti ed i procedimenti esecutivi prescelti dovranno essere preventivamente comunicati dall'Impresa alla D.L.

Se richiesto dalla D.L., in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità delle miscele e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove preliminari.

36.4 - Tolleranze

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nella posizione e con le inclinazioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate piano-altimetriche	$\pm 5 \text{ cm}$
- scostamento dall'asse teorico	$\pm 2\%$
- lunghezza	$\pm 15 \text{ cm}$

36.5 - materiali

Le prescrizioni che seguono sono integrative di quelle di cui alla Cat. Opere in Conglomerato Cementizio che si intendono quindi integralmente applicabili.

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di penetrabilità ed alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o di solfati, non inquinata da materie organiche, o comunque annose alla idratazione dei leganti utilizzati. E' ammesso l'uso di additivi stabilizzanti, disperdenti e/o fluidificanti. Le schede tecniche dei prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere preventivamente consegnate alla D.L. per opportuna informazione.

a) Miscele cementizie normali

a.1) Dosaggi

Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti di impregnazione saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto cemento/acqua:

$$0.2 \leq c/a \leq 0.6$$

con impiego di additivi stabilizzanti e disperdenti; per ottenere la stabilizzazione potrà essere utilizzato un agente colloidale, ad esempio bentonite, con rapporto:

$$0.01 \leq b/a \leq 0.04$$

per i trattamenti di intasamento di rocce fessurate il dosaggio c/a può variare nell'intervallo:

$$0.4 \leq c/a \leq 1.4$$

a.2) Caratteristiche reologiche

Le miscele cementizie dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh $35 \div 45$ secondi
- viscosità apparente $10 \div 20$ cP
- rendimento volumetrico (per miscele stabili) $\geq 95\%$

b) Miscele con cementi microfini

b.1) Caratteristiche dei cementi e dosaggi

Le miscele con cementi microfini saranno ottenute a seguito di processi di produzione tali da aumentare la finezza del cemento fino a valori dell'ordine di $8500 \div 12000 \text{ cm}^2/\text{g}$ (Blaine). I processi di macinazione e separazione dovranno quindi consentire di ottenere un fuso granulometrico delle particelle solide presenti nella sospensione caratterizzata dai seguenti valori:

$$D_{98} = 10 \div 20 \text{ um}$$

$$D_{50} = 3 \div 5 \text{ um}$$

La granulometria sarà determinata con porosimetri a mercurio o apparecchiature di equivalente precisione. Il dosaggio, in relazione agli impieghi, potrà variare nell'intervallo: $0.5 \leq c/a \leq 0.6$

E' ammesso l'impiego di eventuali additivi disperdenti e fluidificanti inorganici.

b.2) Caratteristiche reologiche

Le miscele con cementi microfini dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- Viscosità Marsh $27 \div 30$ secondi
- Rendimento volumetrico $\geq 95\%$

Controlli e documentazione

Le miscele confezionate in cantiere saranno di norma sottoposte alle seguenti tipologie di controllo:

- Peso specifico;
- Viscosità Marsh;
- Decantazione o resa volumetrica;
- Viscosità apparente (Rheometer);
- Pressofiltrazione;
- Tempo di presa;
- Prelievo di campioni per prove di permeabilità e di compressione.

La frequenza delle prove è indicata nel "Controllo Qualità".

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 95% di quello teorico, calcolato assumendo 3 g/cm³ il peso specifico del cemento. Nelle prove di decantazione l'acqua separata il 24 ore non dovrà superare il 5% in volume per le miscele stabili.

36.6 - Modalità esecutive

a) Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto. Il diametro di norma sarà non superiore a 100 mm.

Nel caso di fori stabili, ad esempio in rocce non eccessivamente fratturate, il rivestimento potrà essere in parte o in tutto omesso.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate.

I fluidi di perforazione potranno essere costituiti da:

- Acqua;
- Fanghi bentonitici o cementizi;
- Aria, nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro, o in altri casi proposti dall'Impresa.

b) Allestimento dei fori di iniezione

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire la canna di iniezione, in PVC o metallica, Ø 1½ ÷ 2, munita di valvole di non ritorno del tipo a "manchettes", fino a raggiungere la profondità di progetto; numero e passo delle valvole dovranno essere conformi a quanto indicato in progetto. La canna valvolata dovrà essere prolungata fino a fuoriuscire a boccaforo per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di iniezione, si procederà immediatamente alla cementazione del foro (iniezione di "guaina", iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e la canna stessa. Contemporaneamente si procederà all'estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia.

In alternativa, per fori non rivestiti e previa comunicazione alla D.L. si formerà dapprima la guaina, facendo circolare miscela attraverso le aste di perforazione, e quindi si inserirà la canna di iniezione. Per la formazione della guaina di norma si utilizzerà una miscela cementizia di composizione uguale a quella prevista per il trattamento di iniezioni. È ammesso l'impiego o l'aumento della dose di bentonite per favorire la successiva rottura della guaina.

Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno della canna.

c) Preparazione delle miscele

Le miscele saranno confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico e semiautomatico, costituiti dai seguenti principali componenti:

- Bilance elettroniche per componenti solidi;
- Vasca volumetrica per acqua;
- Mescolatore primario ad elevata turbolenza, min. 1500 giri/min.;
- Vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici.

Gli impianti di preparazione delle miscele con cementi microfini saranno inoltre attrezzati in relazione alle varie caratteristiche tecnologiche di produzione, con dispositivi di macinazione e separazione in grado di aumentare la finezza dei cementi.

A valle degli impianti di produzione saranno disposti gli iniettori, in numero sufficiente ad alimentare i vari fori di iniezione contemporaneamente utilizzati. Gli iniettori saranno costituiti da pompe oleodinamiche a pistoncini aventi le

seguenti caratteristiche minime:

- Pressione max di iniezione ≥ 100 bar
- Portata max $2 \div 4 \text{ m}^3 \text{ ora}$
- Max pistonate/minuto ≥ 60

Le caratteristiche delle attrezzature che si prevede di utilizzare dovranno essere preventivamente comunicate alla D.L., specificando in particolare alesaggio o corsa dei pistoncini.

d) Iniezione

Trascorso un periodo di $24 \div 36$ ore dalla formazione della guaina, si darà luogo all'esecuzione delle iniezioni selettive, a pressioni e volumi controllati, in conformità alle indicazioni di progetto.

d.1) Trattamento di impregnazione

Si procederà valvola per valvola, a partire al fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

Nei trattamenti di impregnazione l'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min , e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

La distanza minima tra due fori iniettati contemporaneamente dovrà essere determinata in relazione alle pressioni di iniezione in modo da provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. A tal fine l'Impresa, sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione, o viceversa, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di $12 \div 24$ ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

d.2) Trattamenti di intasamento

Saranno eseguiti in conformità con le modalità e le indicazioni date nel progetto di intervento. Ove previsto le iniezioni potranno essere realizzate anche in fase unica, in risalita o in avanzamento, attraverso le aste di perforazione.

d.3) Trattamenti di ricompressione

Verificato l'esatto posizionamento delle valvole, si darà luogo alle iniezioni utilizzando portate e pressioni atte a produrre la fratturazione idraulica del terreno, registrando opportunamente la pressione di picco e la successiva pressione di alimentazione della frattura. L'iniezione sarà arrestata al raggiungimento dei previsti volumi di miscela cementizia.

d.4) Controlli e documentazione

Per ogni foro eseguito ed iniettato l'Impresa dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- Del foro e data di esecuzione;
- Lunghezza della perforazione modalità di esecuzione della perforazione:
 1. utensile
 2. fluido
 3. rivestimenti
- caratteristiche della canna di iniezione (n., passo e posizione delle valvole);
- volume dell'iniezione di guaina;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
 1. data
 2. pressioni di apertura
 3. volumi di assorbimento
 4. pressioni raggiunte

- caratteristiche della miscela utilizzata:
- 1. composizione
- 2. peso specifico
- 3. viscosità Marsh
- 4. rendimento volumetrico o decantazione
- 5. dati di identificazione dei campione prelevati per le successive prove di laboratorio

CAPO 15. NORME PER LA MISURAZIONE DEI LAVORI

Art. 37 - Norme per la misurazione e valutazione dei lavori -

37.1 - Scavi in Genere

Oltre che per gli obblighi particolari emergenti dal presente articolo, con i prezzi di elenco per gli scavi in genere l'Esecutore deve ritenere compensato per tutti gli oneri che esso dovrà incontrare:

- per taglio di piante, estirpazione di ceppaie, radici, ecc.;
- per il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle materie sia asciutte che bagnate, di qualsiasi consistenza ed anche in presenza d'acqua;
- per paleggi, innalzamento, carico, trasporto e scarico a rinterro od a rifiuto entro i limiti previsti in elenco prezzi, sistemazione delle materie di rifiuto, deposito provvisorio e successiva ripresa;
- per la regolazione delle scarpate o pareti, per lo spianamento del fondo, per la formazione di gradoni, attorno e sopra le condotte di acqua od altre condotte in genere, e sopra le fognature o drenaggi secondo le sagome definitive di progetto;
- per puntellature, sbadacchiature ed armature di scavi aventi una profondità non maggiore di 200 centimetri, da eseguire secondo tutte le prescrizioni contenute nel presente capitolato, compresi le composizioni, scomposizioni, estrazioni ed allontanamento, nonché sfridi, deterioramenti, perdite parziali o totali del legname o dei ferri;
- per impalcature ponti e costruzioni provvisorie, occorrenti sia per il trasporto delle materie di scavo e sia per la formazione di rilevati, per passaggi, attraversamenti, ecc.;
- per ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

La misurazione degli scavi verrà effettuata nei seguenti modi:

- il volume degli scavi di sbancamento verrà determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate in base ai rilevamenti eseguiti in contraddittorio con l'Esecutore, prima e dopo i relativi lavori;
- gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto della base di fondazione per la sua profondità sotto il piano degli scavi di sbancamento, ovvero del terreno naturale quando detto scavo di sbancamento non viene effettuato.

Al volume così calcolato si applicheranno i vari prezzi fissati nell'elenco per tali scavi; vale a dire che essi saranno valutati sempre come eseguiti a pareti verticali ritenendosi già compreso e compensato con il prezzo unitario di elenco ogni maggiore scavo.

Tuttavia per gli scavi di fondazione da eseguire con l'impiego di casseri, paratie o simili strutture, sarà incluso nel volume di scavo per fondazione anche lo spazio occupato dalle strutture stesse.

I prezzi di elenco, relativi agli scavi di fondazione, sono applicabili unicamente e rispettivamente ai volumi di scavo compresi fra piani orizzontali consecutivi, stabiliti per diverse profondità, nello stesso elenco dei prezzi. Pertanto la valutazione dello scavo risulterà definita per ciascuna zona, dal volume ricadente nella zona stessa e dall'applicazione ad esso del relativo prezzo di elenco.

37.2 - Rilevati e Rinterri

Il volume dei rilevati sarà determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilevamenti eseguiti come per gli scavi di sbancamento. I rinterri di cavi a sezione ristretta saranno valutati a metro cubo per il loro volume effettivo misurato in opera. Nei prezzi di elenco sono previsti tutti gli oneri per il trasporto dei terreni da qualsiasi distanza e per gli eventuali indennizzi a cave di prestito.

37.3 - Riempimenti con Misto Granulare

Il riempimento con misto granulare a ridosso delle murature per drenaggi, vespai, ecc., sarà valutato a metro cubo per il suo volume effettivo misurato in opera.

37.4 - Murature in Genere

Tutte le murature in genere, salvo le eccezioni in appresso specificate, saranno misurate geometricamente, a volume od a superficie, secondo la categoria, in base a misure prese sul vivo dei muri, esclusi cioè gli intonaci. Sarà fatta deduzione di tutti i vuoti di luce superiore a 1,00 m² e dei vuoti di canne fumarie, canalizzazioni, ecc., che abbiano sezione superiore a 0,25 m², rimanendo per questi ultimi, all'Esecutore, l'onere della loro eventuale chiusura con materiale in cotto. Così pure sarà sempre fatta deduzione del volume corrispondente alla parte incastrata di pilastri, piattabande, ecc., di strutture diverse, nonché di pietre naturali od artificiali, da pagarsi con altri prezzi di tariffa.

Nei prezzi unitari delle murature di qualsiasi genere, qualora non debbano essere eseguite con paramento di faccia vista, si intende compreso il rinzafo delle facce visibili dei muri. Tale rinzafo sarà sempre eseguito, ed è compreso nel prezzo unitario, anche a tergo dei muri che debbono essere poi caricati a terrapieni. Per questi ultimi muri è pure sempre compresa l'eventuale formazione di feritoie regolari e regolarmente disposte per lo scolo delle acque ed in generale quella delle immorsature e la costruzione di tutti gli incastri per la posa in opera della pietra da taglio od artificiale.

Nei prezzi della muratura di qualsiasi specie si intende compreso ogni onere per la formazione di spalle, sguinci, canne, spigoli, strombature, incassature per imposte di archi, volte e piattabande.

Qualunque sia la curvatura data alla pianta ed alle sezioni dei muri, anche se si debbano costruire sotto raggio, le relative murature non potranno essere comprese nella categoria delle volte e saranno valutate con i prezzi delle murature rette senza alcun compenso in più.

Le ossature di cornici, cornicioni, lesene, pilastri, ecc., di aggetto superiore a 5 cm sul filo esterno del muro, saranno valutate per il loro volume effettivo in aggetto con l'applicazione dei prezzi di tariffa stabiliti per le murature.

Per le ossature di aggetto inferiore ai 5 cm non verrà applicato alcun sovrapprezzo.

Quando la muratura in aggetto è diversa da quella del muro sul quale insiste, la parte incastrata sarà considerata come della stessa specie del muro stesso.

Le murature di mattoni ad una testa od in foglio si misureranno a vuoto per pieno, al rustico, deducendo soltanto le aperture di superficie uguale o superiori a 1 m², intendendo nel prezzo compensata la formazione di sordini, spalle, piattabande, ecc., nonché eventuali intelaiature in legno che la direzione dei lavori ritenesse opportuno di ordinare allo scopo di fissare i serramenti al telaio anziché alla parete.

37.5 - Murature in Pietra da Taglio

La pietra da taglio da pagarsi a volume sarà sempre valutata a metro cubo in base al volume del primo parallelepipedo retto rettangolare, circoscrivibile a ciascun pezzo. Le lastre, i lastroni e gli altri pezzi da pagarsi a superficie, saranno valutati in base al minimo rettangolo circoscrivibile.

Per le pietre di cui una parte viene lasciata grezza, si comprenderà anche questa nella misurazione, non tenendo però alcun conto delle eventuali maggiori sporgenze della parte non lavorata in confronto delle dimensioni assegnate dai tipi prescritti.

Nei prezzi relativi di elenco si intenderanno sempre compresi tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione.

37.6 - Calcestruzzi

I calcestruzzi per fondazioni, murature, volte, ecc., e le strutture costituite da getto in opera, saranno in genere pagati a metro cubo e misurati in opera in base alle dimensioni prescritte, esclusa quindi ogni eccedenza, ancorché inevitabile, dipendente dalla forma degli scavi aperti e dal modo di esecuzione dei lavori. Nei relativi prezzi, oltre agli oneri delle murature in genere, si intendono compensati tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione.

37.7 - Conglomerato Cementizio Armato

Il conglomerato per opere in cemento armato di qualsiasi natura e spessore sarà valutato per il suo volume effettivo, senza detrazione del volume del ferro che verrà pagato a parte.

Quando trattasi di elementi a carattere ornamentale gettati fuori opera (pietra artificiale), la misurazione verrà effettuata in ragione del minimo parallelepipedo retto a base rettangolare circoscrivibile a ciascun pezzo, e nel relativo prezzo si deve intendere compreso, oltre che il costo dell'armatura metallica, tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, nonché la posa in opera, sempreché non sia pagata a parte.

I casseri, le casseforme e le relative armature di sostegno, se non comprese nei prezzi di elenco del conglomerato cementizio, saranno computati separatamente con i relativi prezzi di elenco. Pertanto, per il compenso di tali opere, bisognerà attenersi a quanto previsto nell'Elenco dei Prezzi Offerti.

Nei prezzi del conglomerato sono inoltre compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio, dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di cemento armato dovrà essere eseguita, nonché per il getto e la vibratura.

Il ferro tondo per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo nonché la rete elettrosaldata sarà valutato secondo il peso effettivo; nel prezzo oltre alla lavorazione e lo sfrido è compreso l'onere della legatura dei singoli elementi e la posa in opera dell'armatura stessa.

37.8 - Gabbioni Metallici

I prezzi assegnati in elenco saranno da applicare separatamente per la fornitura e confezione in opera dei gabbioni mediante rete metallica e per il riempimento.

Il riempimento sarà valutato a seconda dell'effettiva lavorazione che verrà ordinata dalla Direzione dei lavori. Salvo disposizioni contrarie da impartire di volta in volta dalla Direzione dei lavori, la parte esterna in vista, nonché quella relativa ai piani di posa e di combaciamento laterale, esclusa quella contro terra, verrà valutata come muratura a secco, calcolando il volume in base ad una rientranza pari a una volta e mezzo la rientranza media della pietra di paramento. Il resto del volume del gabbione sarà valutato come bloccaggio.

37.9 - Manufatti in ferro – Parapetti in ferro tubolare

I lavori in ferro profilato o tubolare saranno valutati a peso ed i relativi prezzi applicati al peso effettivamente determinato prima della posa in opera mediante pesatura diretta a spese dell'Impresa o mediante dati riportati da tabelle ufficiali U.N.I. I prezzi comprendono pure, oltre la fornitura, la posa in opera, l'esecuzione dei necessari fori, la saldatura, la chiodatura e ribattitura, le armature di sostegno e le impalcature di servizio, gli sfridi di lavorazione e una triplice mano di vernicitura di cui la prima di antiruggine e le due successive di biacca ad olio, od altra vernice precisata nell'elenco prezzi.

Per i parapetti, la valutazione verrà effettuata a peso complessivo dell'opera con tutti gli oneri sopra esposti e tenendo presente che nel prezzo unitario è pure compresa la posa in opera.

37.10 - Rivestimenti

I rivestimenti mediante pietra locale verranno misurati per la superficie effettiva qualunque sia la sagoma e la posizione da rivestire. Nel prezzo al metro quadrato sono comprese la fornitura della pietra e la relativa collocazione secondo eventuali disposizioni indicate dalla D.L. e/o dalla Sovrintendenza BB.CC, nonché l'onere per la preventiva preparazione con malta delle pareti da rivestire, la stuccatura finale dei giunti e la fornitura di collante per rivestimenti.

37.11 - Fornitura in Opera dei Marmi, Pietre Naturali od Artificiali.

I prezzi della fornitura in opera dei marmi e delle pietre naturali od artificiali, previsti in elenco saranno applicati alle superfici effettive dei materiali in opera. Ogni onere derivante dall'osservanza delle norme, prescritte nel presente capitolato, si intende compreso nei prezzi.

Specificatamente detti prezzi comprendono gli oneri per la fornitura, lo scarico in cantiere, il deposito e la provvisoria protezione in deposito, la ripresa, il successivo trasporto ed il sollevamento dei materiali a qualunque altezza, con eventuale protezione, copertura o fasciatura; per ogni successivo sollevamento e per ogni ripresa con boiaccia di cemento od altro materiale, per la fornitura di lastre di piombo, di grappe, staffe, regolini, chiavette, perni occorrenti per il fissaggio; per ogni occorrente scalpellamento delle strutture murarie e per la successiva, chiusura e ripresa delle stesse, per la stuccatura dei giunti, per la pulizia accurata e completa, per la protezione a mezzo di opportune opere provvisorie delle pietre già collocate in opera, e per tutti i lavori che risultassero necessari per il perfetto rifinito dopo la posa in opera.

I prezzi di elenco sono pure comprensivi dell'onere dell'imbottitura dei vani dietro i pezzi, fra i pezzi stessi o comunque tra i pezzi e le opere murarie da rivestire, in modo da ottenere un buon collegamento e, dove richiesto, un incastro perfetto.

37.12 - Lavori di Metallo.

Tutti i lavori di metallo saranno in generale valutati a peso ed i relativi prezzi verranno applicati al peso effettivo dei metalli stessi a lavorazione completamente ultimata e determinato prima della loro posa in opera, con pesatura diretta fatta in contraddittorio ed a spese dell'Esecutore, escluse ben inteso dal peso le verniciature e coloriture.

Nei prezzi dei lavori in metallo è compreso ogni e qualunque compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montatura e posizione in opera.

37.13 - Approntamento e trasporto dell'attrezzatura di perforazione.

L'approntamento e trasporto in A/R dell'attrezzatura di perforazione al sito d'indagine, compreso il viaggio del personale tecnico e della mano d'opera di cantiere sarà pagato a corpo.

37.14 - Installazione dell'attrezzatura per l'esecuzione di sondaggi a rotazione.

L'installazione dell'attrezzatura per l'esecuzione di sondaggi a rotazione su ciascun punto di perforazione sarà pagata a corpo.

37.15 - Realizzazione di piste di accesso e o di piazzole.

La realizzazione di piste di accesso e o di piazzole (di lunghezza non superiore a 15 m), con l'utilizzo di mezzi meccanici per l'installazione delle attrezzature di sondaggio o delle attrezzature per l'esecuzione di prove penetrometriche per ogni metro lineare di pista o piazzola, sarà pagato a corpo.

37.16 - Approvvigionamento dell'acqua necessaria alla perforazione.

L'approvvigionamento dell'acqua necessaria alla perforazione, qualora non reperibile ad una distanza inferiore a m. 300, sarà pagata a metro cubo.

37.17 - Perforazione ad andamento verticale.

La perforazione ad andamento verticale, eseguita a rotazione a carotaggio continuo, sarà compensata per ogni metro lineare.

37.18 - Perforazione a rotazione a carotaggio continuo di conglomerati bituminosi o cementizi, armati e non.

La perforazione a rotazione a carotaggio continuo di conglomerati bituminosi o cementizi, armati e non, compreso l'uso di doppio carotiere e di corone diamantate ed il taglio di ferri incontrati durante la perforazione, sarà pagata per ogni metro di perforazione.

37.19 - Perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a distruzione di nucleo.

La perforazione ad andamento verticale eseguita a rotazione a distruzione di nucleo sarà pagata per ogni metro di perforazione.

37.20 - Piezometro a tubo aperto in PVC.

La fornitura e posa di piezometro a tubo aperto in PVC microfessurato e rivestito con calza in tessuto non tessuto nei tratti filtranti, compresa la realizzazione dei filtri in ghiaietto e dei tamponi impermeabili, la cementazione del foro, la sistemazione alla bocca del foro di chiusino cementato al terreno, la determinazione della prima lettura significativa con esecuzione di almeno tre letture, sola esclusa l'esecuzione del foro e il rilievo della quota assoluta o relativa dell'estremità superiore del chiusino di protezione, sarà pagata a metro lineare.

37.21 - Piezometri tipo Casagrande a doppio tubo.

L'installazione di piezometri tipo Casagrande a doppio tubo, compresa la fornitura dei materiali occorrenti, la formazione del manto drenante e l'esecuzione di tappi impermeabili in fori già predisposti, esclusa la fornitura del pozzetto protettivo, sarà pagato come segue:

a) per ogni installazione;

b) per ogni metro lineare di doppio tubo installato.

37.22 - Esecuzione di misura in piezometro.

L'esecuzione di misura in piezometro sarà pagata per ogni misurazione.

37.23 - Cella piezometrica elettrica.

La fornitura e posa di cella piezometrica elettrica, compresa la realizzazione dei filtri in ghiaietto e dei tamponi impermeabili, la cementazione del foro, la determinazione della prima lettura significativa, esclusa l'esecuzione del foro esclusa la fornitura del pozzetto protettivo, sarà pagata come segue:

- a) per ogni cella piezometrica;
- b) per ogni metro di cavo.

37.24 - Piezometro elettropneumatico.

L'installazione di piezometro elettropneumatico, compreso telaio, filtro, diaframma, trasduttore e cavo esterno, sarà pagata come segue:

- a) per ogni installazione;
- b) per ogni metro lineare di piezometro installato.

37.25 - Tubo inclinometrico in alluminio o altro materiale.

La fornitura e posa di tubo inclinometrico in alluminio o altro materiale a quattro guide, compresa la cementazione del tubo con miscela cemento-bentonite da eseguire dal fondo a bassissima pressione, nonché la fornitura dei tubi, della valvola a perdere, dei manicotti ed il lavaggio finale interno della tubazione installata, sarà pagata come segue:

- a) per ogni installazione;
- b) per ogni metro lineare di tubo installato.

37.26 - Collaudo di tubazione inclinometrica.

Il collaudo di tubazione inclinometrica ed esecuzione di misura iniziale di riferimento con sonda inclinometrica sarà pagata per ogni metro.

37.27 - Esecuzione di misura su tubi inclinometrici.

L'esecuzione di misura su tubi inclinometrici con sonda inclinometrica sarà pagata per ogni metro.

37.28 - Installazione di tubi in PVC per prove sismiche.

L'installazione di tubi in PVC * 80-100 mm per prove sismiche, compreso la fornitura dei materiali occorrenti, la cementazione del foro, ma esclusa la fornitura del pozzetto protettivo, sarà pagata come segue:

- a) per ogni installazione;
- b) per ogni metro lineare di tubo installato.

37.29 - Pozzetti metallici (flange) a protezione della strumentazione

I pozzetti metallici (flange) a protezione della strumentazione, compresa la relativa posa in opera e lucchetto di chiusura saranno pagati a numero.

37.30 - Pozzetti di protezione in cls.

I pozzetti di protezione in cls. con chiusino in cemento o ghisa carrabile saranno pagati a numero.

37.31 - Lavori vari

Salvo diverse indicazioni del presente capitolato, i lavori saranno pagati con riferimento all'unità di misura indicata nell'elaborato *Elenco dei prezzi*.