


**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLA DIGA DI GIUDEA  
A GELLO NEL COMUNE DI PISTOIA (PT)**



**PROGETTO DEFINITIVO**

Elaborato <b>ET25</b>	Nome Elaborato: <b>DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI TECNICI</b>	Scala: -
		Data: 27/12/2019

Settore: <b>INGEGNERIE TOSCANE</b> <small>Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</small>		Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488	
<b>PROGETTAZIONE :</b> <b>PROGETTISTA - PROJECT MANAGER :</b> ING. GIOVANNI SIMONELLI <b>GEOLOGO :</b> DOTT. GEOL. FILIPPO LANDINI <b>ESPROPRI :</b> GEOM. ANDREA PATRIARCHI		<b>COLLABORATORI :</b> DOTT. GEOL. CARLO FERRI GEOM. MATTEO MASI	
<b>CONSULENTI TECNICI :</b> <b>WEST Systems</b> ING. DAVID SETTESOLDI <b>idroGeo</b> DOTT. GEOL. SIMONE FIASCHI <b>Tree</b> ING. GIOVANNI CANNATA <small>EUROPEAN ENVIRONMENTAL ENGINEERING</small>		<b>COMMESSA I.T. :</b> INGT-TPLPD-PBAAC252 <b>RESPONSABILE COMMITTENTE :</b> ING. CRISTIANO AGOSTINI	
<b>DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE :</b>  ING. PAOLO PIZZARI		<b>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :</b> ING. LEONARDO ROSSI	

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
01	27/12/2019	Prima Emissione	Catella	Settesoldi

## INDICE

<b>CAPO 1. NORME MATERIALI.....</b>	<b>1</b>
Art. 1. MATERIALI PER OPERE MURARIE - MURATURE PORTANTI .....	1
Art. 2. OPERE IN C.A. ....	3
Art. 3. STRUTTURE METALLICHE E STRUTTURE COMPOSTE .....	11
Art. 4. Strutture prefabbricate in c.a. e manufatti .....	15
Art. 5. MATERIALI PER L'IMPERMEABILIZZAZIONE E TRATTAMENTI SUPERFICIALI VASCHE E MANUFATTI.....	16
Art. 6. MATERIALI PER OPERE STRADALI.....	17
Art. 7. CONDOTTE PER MICROTUNNELING .....	21
Art. 8. CARATTERISTICHE TECNICHE TUBAZIONI E PEZZI SPECIALI VALVOLE CHIUSINI POZZETTI CADITOIE .....	22
Art. 9. OPERE DI DIFESA DEL SUOLO .....	39
Art. 10. NORME TECNICHE ZINCATURA.....	43
Art. 11. MOTORI ELETTRICI.....	44
<b>CAPO 2. NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI .....</b>	<b>47</b>
Art. 12. Scavi.....	47
Art. 13. Rilevati e rinterrati.....	50
Art. 14. Infissione tubazioni a spinta idraulica .....	51
Art. 15. Pozzetti .....	51
Art. 16. Opere e strutture in muratura.....	52
Art. 17. Opere e strutture in calcestruzzo normale e armato.....	54
Art. 18. Strutture prefabbricate in c.a e c.a.p.....	64
Art. 19. Solai .....	66
Art. 20. Strutture in acciaio .....	68
Art. 21. Esecuzioni di pavimentazioni.....	68
Art. 22. Paratie e diaframmi.....	69
Art. 23. Fondazioni speciali.....	70
Art. 24. Colonne di terreno consolidato (Jet-Grouting) .....	103
Art. 25. Fanghi bentonitici.....	106
Art. 26. Perforazione orizzontale direzionata (TOC o HDD-Horizontal Directional Drilling) .....	109
Art. 27. Microtunneling .....	111
Art. 28. Palancolati.....	112
Art. 29. Marciapiedi, corpo stradale, sovrastruttura: binder e tappeti.....	114
Art. 30. Modalità di esecuzione massetti .....	118
Art. 31. Tubazioni e materiale vario.....	119
Art. 32. Aggottamenti .....	127
Art. 33. Well Point .....	127
Art. 34. Scogliere in massi ciclopici per sistemazioni di difese radenti.....	127
Art. 35. Costruzione di gabbionate metalliche .....	128
Art. 36. Geosintetici e geocompositi .....	129
Art. 37. Rilevato per argini e riconformazione delle sponde dei canali.....	130

Art. 38.	<i>Giunti</i> .....	133
Art. 39.	<i>Pannelli rivestiti con pietra di vario genere</i> .....	134
Art. 40.	<i>Valvola a clapèt a doppio braccio bilanciata</i> .....	134
Art. 41.	<i>Valvole automatiche antiriflusso (clapèt)</i> .....	134
Art. 42.	<i>Paratoie a strisciamento</i> .....	134
Art. 43.	<i>Barriere di sicurezza e parapetti per manufatti stradali in elementi prefabbricati in lamiera d'acciaio zincato</i> .....	135
Art. 44.	<i>Recinzioni</i> .....	136
Art. 45.	<i>Cancelli metallici</i> .....	136
Art. 46.	<i>Formazione tappeto verde</i> .....	136
Art. 47.	<i>Semina</i> .....	137
<b>CAPO 3.</b>	<b>NORME PER ATTIVITÀ DI CONFERIMENTO TERRE E RIFIUTI</b> .....	<b>139</b>
Art. 48.	<i>Descrizione sommaria delle lavorazioni</i> .....	139
Art. 49.	<i>Oneri dell'Appaltatore</i> .....	139
Art. 50.	<i>Istruzioni operative per la gestione ed il monitoraggio in opera e post-operam delle attività ed esecuzione di analisi di laboratorio</i> .....	143
<b>CAPO 4.</b>	<b>NORME IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI</b> .....	<b>149</b>
Art. 51.	<i>Osservanza delle Leggi, Regolamenti e Norme in materia di Appalto e conoscenza delle Norme dell'Appalto</i> .....	149
Art. 52.	<i>Designazione delle opere elettriche e speciali da eseguire e definizioni relative agli impianti.</i> .....	150
Art. 53.	<i>Prescrizioni riguardanti i circuiti</i> .....	150
Art. 54.	<i>Cavi elettrici</i> .....	163
Art. 55.	<i>Verifiche quadri elettrici – motori – impianto terra</i> .....	166
Art. 56.	<i>Protezione contro i contatti indiretti</i> .....	167
Art. 57.	<i>Protezione delle condutture elettriche</i> .....	168
Art. 58.	<i>Illuminazione esterna</i> .....	169
Art. 59.	<i>Trasformatori e loro protezioni</i> .....	169
Art. 60.	<i>Standard qualitativo dei materiali</i> .....	169
Art. 61.	<i>Qualità e caratteristiche dei materiali</i> .....	169
Art. 62.	<i>Verifiche e prove in corso d'opera degli impianti</i> .....	170
Art. 63.	<i>Verifica provvisoria, consegna e norme per il collaudo degli impianti</i> .....	170
Art. 64.	<i>Norme generali comuni per le verifiche in corso d'opera, per la verifica provvisoria e per il collaudo definitivo degli impianti</i> .....	173
Art. 65.	<i>Garanzia degli impianti elettrici e speciali</i> .....	173
Art. 66.	<i>Schemi elettrici e documentazione</i> .....	173
Art. 67.	<i>Specifiche tecniche software PLC e HMI</i> .....	174

## CAPO 1. NORME MATERIALI

**Per maggiori dettagli su prescrizioni tecniche e qualità dei materiali si rimanda ai disciplinari tecnici allegati al progetto che fanno parte integrante del presente capitolato speciale per le prescrizioni di dettaglio.**

### ART. 1. MATERIALI PER OPERE MURARIE - MURATURE PORTANTI

#### ▪ ACQUA:

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da sostanze organiche o comunque dannose all'uso cui è destinata.

#### ▪ LEGANTI IDRAULICI:

Dovranno corrispondere alle norme in vigore e a quelle che potranno essere emanate durante il corso dei lavori; al momento dell'uso dovranno trovarsi in perfetto stato di conservazione. Il loro impiego nella preparazione di malte e calcestruzzi dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori regole dell'arte.

#### ▪ GHIAIE – GHIAIETTI – PIETRISCHETTI – SABBIE:

Da impiegarsi nella formazione dei calcestruzzi, escluse le pavimentazioni stradali.

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dalle norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice ed armato, in vigore o che potranno essere emanate durante il corso dei lavori. Le dimensioni di massima non dovranno superare quelle compatibili per la struttura cui il calcestruzzo è destinato. Il Direttore dei Lavori ha in ogni caso ampia facoltà di respingere tutti quei materiali che per dimensioni, per forma, per costituzione petrografica, ecc. non fossero ritenuti idonei alla confezione dei calcestruzzi.

#### ▪ MATERIALI LATERIZI:

Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione stabiliti dalle norme in vigore o che potranno essere emanate durante il corso dei lavori.

#### ▪ MANUFATTI DI CEMENTO:

Dovranno essere fabbricati a regola d'arte, dosature e spessori dovranno corrispondere alle prescrizioni e ai tipi; dovranno essere ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione, senza screpolature o sbavature, i tubi dovranno essere con diametro uniforme e muniti alle due estremità delle opportune sagomature per consentire un giunto a sicura tenuta.

#### ▪ LEGNAMI:

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

#### ▪ MATERIALI METALLICI:

I materiali metallici da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, ecc. o da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, e dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dai Decreti Ministeriali vigenti.

#### ▪ BLOCCHI PER MURATURA

Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771:2015 e, secondo quanto specificato al punto A del §11.1 (NTC2018), recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente Tabella 11.10.I (NTC2018).

Tab. 11.10.I

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6	Categoria I	2+
	Categoria II	4

Gli elementi di categoria I hanno un controllo statistico, eseguito in conformità con le citate norme armonizzate, che fornisce resistenza caratteristica dichiarata a compressione riferita al frattile 5%.

Gli elementi di categoria II non soddisfano questi requisiti.

L'uso di elementi per muratura portante di Categoria I e II è subordinato all'adozione, nella valutazione della resistenza di progetto, del corrispondente coefficiente di sicurezza  $\gamma_M$  riportato nel §4.5 (NTC2018).

#### Prove di Accettazione

Oltre a quanto previsto al punto A del §11.1 (NTC2018), il Direttore Lavori è tenuto a far eseguire ulteriori prove di accettazione sugli elementi per muratura portante pervenuti in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nelle citate norme armonizzate.

Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. 380/2001.

#### Resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali o naturali

Il controllo di accettazione in cantiere ha lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore.

Tale controllo sarà effettuato su almeno 3 campioni costituiti ognuno da 3 elementi da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  la resistenza a compressione dei tre elementi con  $f_1 < f_2 < f_3$  il controllo si considera positivo se risultino verificate entrambe le disuguaglianze:

- $(f_1 + f_2 + f_3)/3 \geq 1,2 \times f_{bk}$
- $f_1 \geq 0,9 \times f_{bk}$

dove  $f_{bk}$  è la resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore.

Al Direttore Lavori spetta comunque l'obbligo di assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove ai laboratori siano effettivamente quelli prelevati in cantiere con indicazioni precise sulla fornitura e sulla posizione che occupa nella muratura la fornitura medesima.

Le modalità di prova sono riportate nella UNI EN 772-1:2015.

- MALTE PER MURATURA

#### Malte a prestazione garantita

La malta per muratura portante deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere conforme alla norma armonizzata UNI EN 998-2:2016 e, secondo quanto specificato al punto A del §11.1 (NTC2018), recare la Marcatura CE, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente Tabella 11.10.III (NTC2018):

Tab. 11.10.III

Specifica Tecnica Europea di Riferimento	Uso Previsto	Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione
Malta per murature UNI EN 998-2	Usi strutturali	2+

Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose. Le calci aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme.

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione  $f_m$ . La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza  $f_m$  espressa in  $N/mm^2$  secondo la Tabella 11.10.II (NTC2018). Per l'impiego in muratura portante non è ammesso l'impiego di malte con resistenza  $f_m < 2,5 N/mm^2$ .

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nella norma UNI EN 1015-11:2007.

**Tab. 11.10.II - Classi di malte a prestazione garantita**

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione N/mm <sup>2</sup>	2,5	5	10	15	20	d
d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm <sup>2</sup> dichiarata dal fabbricante						

Malte a composizione prescritta.

Le classi di malte a composizione prescritta sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la Tabella 11.10. V (NTC2018).

**Tab. 11.10.V - Corrispondenza tra classi di resistenza e composizione in volume delle malte**

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M 2,5	Idraulica	–	–	1	3	–
M 2,5	Pozzolanica	–	1	–	–	3
M 2,5	Bastarda	1	–	2	9	–
M 5	Bastarda	1	–	1	5	–
M 8	Cementizia	2	–	1	8	–
M 12	Cementizia	1	–	–	3	–

Malte di diverse proporzioni nella composizione, preventivamente sperimentate con le modalità riportate nella norma UNI EN 1015-11:2007, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione non risulti inferiore a quanto previsto in Tabella 11.10.II.

**ART. 2. OPERE IN C.A.**

▪ **LEGANTI**

Devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 595 del 26/5/1965.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, da norme armonizzate europee e fino alla disponibilità di esse, da norme nazionali, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o ad eventuali altre specifiche azioni aggressive.

▪ **AGGREGATI**

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620:2008 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055:2016.

Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del D.P.R. 246/93 è indicato nella seguente Tabella 11.2.II (NTC2018):

**Tab. 11.2.II**

Specifica Tecnica Europea armonizzata di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2 +

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tabella 11.2.III (NTC2018), a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

**Tab. 11.2.III**

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	= C 8/10	fino al 100%
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a.	≤ C20/25	fino al 60%
(frammenti di calcestruzzo ≥ 90%, UNI EN 933-11:2009)	≤ C30/37	≤ 30%
	≤ C45/55	≤ 20%
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe	Classe minore del calcestruzzo di origine	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 10%

Nelle prescrizioni di progetto si potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520-1:2015 e UNI 8520-2:2016 al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella tabella sopra esposta.

Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore Lavori, questi sono finalizzati almeno alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella Tabella 11.2.IV (NTC2018). I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

**Tab. 11.2.IV – Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale**

Caratteristiche tecniche
Descrizione petrografica
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)
Indice di appiattimento
Tenore di solfati e zolfo
Dimensione per il filler
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo Rck ≥ C50/60 e aggregato proveniente da riciclo)

Il progetto, nelle apposite prescrizioni, potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520-1:2015 e UNI 8520-2:2016, al fine di individuare i limiti di accettabilità delle caratteristiche tecniche degli aggregati.

▪ **ADDITIVI**

Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2:2012.

▪ **ACQUA DI IMPASTO**

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

▪ **MISCELE PRECONFEZIONATE DI COMPONENTI PER CALCESTRUZZO**

In assenza di specifica norma armonizzata europea, il produttore di miscele preconfezionate di componenti per calcestruzzi, cui sia da aggiungere in cantiere l'acqua di impasto, deve documentare per ogni componente utilizzato la conformità alla relativa norma armonizzata europea.

▪ **CONTROLLI DI ACCETTAZIONE DEL CALCESTRUZZO IN CANTIERE**

L'Appaltatore, prima dell'inizio della costruzione delle opere, deve effettuare idonee prove preliminari di studio, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni (resistenza caratteristica) richieste dal progetto.

L'Appaltatore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore Lavori, secondo le procedure di accettazione di cui al §11.2.5 del D.M. 17/1/2018 (NTC2018).

*Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art.59 D.P.R. 380/2001.*

Nel corso dell'esecuzione dei lavori, secondo le prescrizioni della normativa vigente e le indicazioni della D.L., verranno prelevati campioni di conglomerato cementizio costituiti da n. 2 provini per ogni prelievo effettuato in conformità a D.M. 17/1/2018.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo" che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

È obbligo del Direttore Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, tutte le volte che variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2012 e UNI EN 12390-2:2009.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2009 e UNI EN 12390-4:2002.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-7:2009.

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare. Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A di cui al § 11.2.5.1 NTC2018;
- controllo di tipo B di cui al § 11.2.5.2 NTC2018.

**Tab. 11.2.I**

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_{cmin} \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_{cm28} \geq R_{ck} + 3,5$	$R_{cm28} \geq R_{ck} + 1,48 s$
(N° prelievi: 3)	(N° prelievi $\geq 15$ )

Ove:  $R_{cm28}$  = resistenza media dei prelievi (N/mm<sup>2</sup>);  $R_{cmin}$  = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm<sup>2</sup>);  
 s = scarto quadratico medio

Controllo Tipo A

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup>. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da 3 prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.



### Controllo Tipo B

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione tipo statistico (tipo B).

Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m<sup>3</sup> di calcestruzzo.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m<sup>3</sup>.

Per calcestruzzi con coefficiente di variazione (s/Rm) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al §11.2.7 NTC2018.

Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dal Direttore Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2009.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore Lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori di resistenza misurati.

Per gli elementi prefabbricati in serie realizzati con processo industrializzato, sono valide le specifiche indicazioni di cui al §11.8.3.1 NTC2018.

Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, oppure si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera, si può procedere ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso una serie di prove sia distruttive che non distruttive.

Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.

L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal costruttore, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore Lavori e conformemente a quanto indicato nel §11.2.6 NTC2018. Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si dovrà procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero soddisfacenti si può dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa.

I “*controlli di accettazione*” sono obbligatori e il collaudatore è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai “*controlli di accettazione*”.

Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si potrà fare utile riferimento alle norme UNI EN 12504-1:2009, UNI EN 12504-2:2012, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504-4:2005 nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato si intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

I documenti che accompagnano ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi della certificazione (FPC Controllo del processo di fabbrica) in coerenza della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2015.

Il Direttore Lavori, che è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi, dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al §11.2.5 NTC2018 e ricevere, prima dell’inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

A scelta e discrezione della Direzione Lavori, possono essere richiesti controlli circa la valutazione della consistenza attraverso la Prova dell’abbassamento al cono di Abrams o slump test secondo le prescrizioni della UNI EN 12350-2:2009 e delle Linee guida sul calcestruzzo strutturale. La prova deve essere eseguita al momento dello scarico dalla betoniera e durante il getto e, in funzione dell’andamento della prova, verranno verificate le classi di consistenza come previste dalla norma UNI EN 206:2016 e dalle linee guida sul calcestruzzo strutturale, riportate nella seguente tabella:

TABELLA 1 – *Classi di consistenza mediante la misura dell’abbassamento al cono*

Classe di consistenza	Abbassamento mm	Denominazione corrente
<b>S1</b>	da 10 a 40	Umida
<b>S2</b>	da 50 a 90	Plastica
<b>S3</b>	da 100 a 150	Semifluida
<b>S4</b>	da 160 a 210	Fluida
<b>S5</b>	> 210	Superfluida

▪ **CONTROLLI GENERALI DI ACCETTAZIONE DELL’ACCIAIO IN CANTIERE**

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall’Attestato di Qualificazione del Servizio Tecnico Centrale ottenuto secondo le disposizioni della Normativa vigente (NTC2018) e deve esserne fatto riferimento nel documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

L’identificazione dell’acciaio prevede che su un lato della barra o rotolo vengano riportati dei simboli che identifichino il marchio indelebile, depositato presso il Servizio Tecnico Centrale, che consente di risalire all’azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua saldabilità. Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l’unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l’originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti, oltre che dover predisporre idonee zone di stoccaggio, documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l’intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione, specificata nel seguito, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell’attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;

- dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il Direttore Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore, che riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

▪ ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al paragrafo §11.3.1.2 NTC2018 e controllati con le modalità riportate nel §11.3.2.11 NTC2018.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al §11.3.1.7 NTC2018.

Acciaio per cemento armato B450C

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

**Tab. 11.3.Ia**

$f_{y\text{ nom}}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t\text{ nom}}$	540 N/mm <sup>2</sup>

**Tab. 11.3.Ib**

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_{y\text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo $f_{tk}$	$\geq f_{t\text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
	$< 1,35$	
$(f_y/f_{y\text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:	$\phi < 12\text{ mm}$	4 $\phi$
	$12 \leq \phi \leq 16\text{ mm}$	5 $\phi$
	per $16 < \phi \leq 25\text{ mm}$	8 $\phi$
	per $25 < \phi \leq 40\text{ mm}$	10 $\phi$

Acciaio per cemento armato B450A

L'acciaio per cemento armato B450A, caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio B450C, deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab.11.3.Ic.

Tab. 11.3.Ic

Caratteristiche		Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq f_{y\text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo	$f_{tk}$	$\geq f_{t\text{ nom}}$	5.0
	$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,05$	10.0
	$(f_y/f_{y\text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento	$(A_{gt})_k$	$\geq 2,5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:	per $\phi \leq 10\text{ mm}$	4 $\phi$	

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche di cui alle precedenti tabelle vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1:2010.

Ai fini della qualificazione, le barre devono superare con esito positivo prove di aderenza conformemente al metodo Beam - test da eseguirsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. 380/2001, con le modalità specificate nella norma UNI EN 10080:2005.

▪ CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE DELL'ACCIAIO PER C.A.

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione (max 30 t), con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.3.2.10.1.2 NTC2018, in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

Le prove, effettuate e certificate presso uno dei laboratori di cui all'art.59 del D.P.R.380/2001, devono fornire valori di resistenza ed allungamento, accertati in accordo con il punto 11.3.2.3 NTC2018, di ciascun campione compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella Tabella 11.3.Via e 11.3.VIb (NTC 2018).

Tab. 11.3.VII a) – Valori di accettazione in cantiere – barre

Caratteristica	Valore limite	Note
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C
$A_{gt}$ minimo	$\geq 6,0\%$	per acciai B450C
$A_{gt}$ minimo	$\geq 2,0\%$	per acciai B450A
$f_t / f_y$	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
$f_t / f_y$	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per acciai B450A e B450C

**Tab. 11.3.VII b) – Valori di accettazione in cantiere – reti e tralicci**

Caratteristica	Valore limite	Note
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C
$A_{gt}$ minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
$A_{gt}$ minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
$f_t / f_y$	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
$f_t / f_y$	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Distacco del nodo	≥ Sez. nom. Ø maggiore × 450 × 25%	per acciai B450A e B450C

Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per 60 minuti a 100 ±10°C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si sostituisce  $f_y$  con  $f(0, 2)$ .

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di 20 ±5°C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti a 100 ±10°C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

Per le reti e i tralicci elettrosaldati valgono le medesime procedure per le barre: il prelievo interessa n. 3 saggi ricavati da 3 diversi pannelli nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con prove di trazione ed allungamento e di distacco dal nodo, oltre alle verifiche dimensionali.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal D.L. e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del Committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore Lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

### ART. 3. STRUTTURE METALLICHE E STRUTTURE COMPOSTE

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025:2005 (per i laminati), UNI EN 10210:2006 (per profilati cavi finiti a caldo) e UNI EN 10219-1:2006 (per profilati cavi saldati formati a freddo), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del §11.1 NTC2018.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità, ed in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  da utilizzare nei calcoli si assumono i valori nominali  $f_y = R_eH$  e  $f_t = R_m$  riportati nelle relative norme di prodotto. Per i prodotti per cui non sia applicabile la Marcatura CE, si rimanda a quanto specificato al punto B del §11.1 NTC2018 e si applica la procedura di cui al §11.3.4.11 NTC2018.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:2017, UNI ISO TR 12735-2:2009; UNI EN ISO 6892-1:2016, UNI EN ISO 148-1:2016. In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$ ;
- modulo di elasticità trasversale  $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$ ;
- coefficiente di Poisson  $\nu = 0,3$ ;
- coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$  (per temperature fino a  $100^\circ\text{C}$ );
- densità  $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ .

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  riportati nelle tabelle seguenti (NTC2018):

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	$f_{yk} \text{ [N/mm}^2]$	$f_{tk} \text{ [N/mm}^2]$	$f_{yk} \text{ [N/mm}^2]$	$f_{tk} \text{ [N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		
S460 NH/NHL	460	550		

Per le zone dissipative di strutture in acciaio in zona sismica, si applicano le seguenti regole aggiuntive:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura f<sub>tk</sub> (nominale) e la tensione di snervamento f<sub>yk</sub> (nominale) deve essere maggiore di 1, 20 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento massima f<sub>y, max</sub> deve risultare f<sub>y, max</sub> ≤ 1, 2 f<sub>yk</sub>;
- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 o 10.9.

Gli acciai laminati di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte comprendono:

Prodotti lunghi

- laminati mercantili (angolari, L, T, piatti e altri prodotti di forma);
- travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN;
- laminati ad U.

Prodotti piani

- lamiere e piatti;
- nastri;
- profilati cavi;
- tubi prodotti a caldo.

Prodotti derivati

- travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo);
- profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo);
- tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo);
- lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo).

▪ BULLONI

Per i Bulloni "non a serraggio controllato" agli assiemi Vite/Dado/Rondella impiegati nelle giunzioni 'non precaricate' si applica quanto specificato al punto A del § 11.1 delle NTC2018 in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 15048-1. In alternativa anche gli assiemi ad alta resistenza conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1 sono idonei per l'uso in giunzioni non precaricate. Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come in tabella 11.3.XIII.a.

Tab. 11.3.XIII.a

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1:2013	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2:2012	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8		
8.8	8 oppure 10	100 HV min oppure 300 HV min.	
10.9	10 oppure 12		

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente tabella sono riportate nella seguente Tab. 11.3.XIII.b delle NTC2018:

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

Per i bulloni "a serraggio controllato" agli assiemi Vite/Dado/Rondella impiegati nelle giunzioni 'Precaricate' si applica quanto specificato al punto A del § 11.1 in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1. Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come in tabella 11.3.XIV delle NTC2018.

Tab. 11.3.XIV

Sistema	Viti		Dadi		Rondelle	
	Classe di resistenza	Riferimento	Classe di resistenza	Riferimento	Durezza	Riferimento
HR	8.8	UNI EN 14399-1	8	UNI EN 14399-3	300-370 HV	UNI EN 14399 parti 5 e 6
	10.9	UNI EN 14399-3	10	UNI EN 14399-3		
HV	10.9	UNI EN 14399-4	10	UNI EN 14399-4		

▪ PROCESSI DI SALDATURA

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2011.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2012 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:2012, i saldatori che



eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa. Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN ISO 14732:2013. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2017.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2017; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011-1:2009 e UNI EN 1011-2:2005 per gli acciai ferritici e della norme UNI EN 1011-3:2005 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2013. Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione. L'entità e il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Tab. 11.3.XII

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
	A	B	C	
<b>Riferimento</b>				<b>D</b>
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature	S235, s ≤ 30 mm S275, s ≤ 30 mm	S355, s ≤ 30 mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, s ≤ 30 mm	S235 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare UNI EN ISO 3834-4	Medio UNI EN ISO 3834-3	Medio UNI EN ISO 3834-3	Completo UNI EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di Coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN ISO 14731:2007	Di base	Specifico	Completo	Completo

Nota 1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635:2017. Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9712:2012 almeno di secondo livello. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. I requisiti sono riassunti nel Tab. 11.3.XI (NT 2008) sopra riportata.

La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un Ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

▪ **CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE DELL'ACCIAIO DA CARPENTERIA**

Nelle strutture metalliche è consentito l'impiego dei soli acciai qualificati, o provvisti di Marcatura CE, e solo dopo l'esito dei controlli di accettazione effettuati a cura del Direttore Lavori.

Tutte le forniture che arrivano in cantiere devono essere accompagnate dalla documentazione necessaria, come già indicato in precedenza nel paragrafo "CONTROLLI GENERALI DI ACCETTAZIONE DELL'ACCIAIO IN CANTIERE"; tali documenti devono avere l'indicazione degli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di trasformazione (di cui al §11.3.1.7 NTC2018), ed inoltre, nel caso di prodotti coperti da Marcatura CE (caso A di cui al §11.1 NTC2018), ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da copia della dichiarazione, fatta dal Centro di Trasformazione, sulle caratteristiche tecniche previste nelle norme armonizzate applicabili.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di bulloni o chiodi da carpenteria devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità.

Il Direttore Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

I controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere eseguiti dal Direttore Lavori; consistono nel prelievo per ogni lotto di spedizione, di max 30 tonnellate, di almeno 3 saggi, di cui uno sullo spessore massimo ed uno sullo spessore minimo, da cui ricavare le provette per le prove di trazione ed allungamento, di resilienza oltre che per la determinazione della composizione chimica. I prelievi devono essere eseguiti alla presenza del Direttore Lavori o di un Tecnico di sua fiducia. I prelievi debbono essere etichettati e, unitamente alla richiesta di prove firmata dal Direttore Lavori, devono essere inviati al Laboratorio.

È consentito, ove previsto in progetto e/o su prescrizioni della D.L., l'utilizzo di acciaio inossidabile per strutture metalliche.

#### **ART. 4. STRUTTURE PREFABBRICATE IN C.A. E MANUFATTI**

Il Direttore Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto riportato nel presente paragrafo.

Il Direttore lavori prima della accettazione dei manufatti e prima della produzione in stabilimento dovrà approvare le caratteristiche tecniche del manufatto in produzione e in particolare dovrà verificare le specifiche tecniche rispetto a quanto previsto in Elenco prezzi., anche relativamente al dimensionamento per carichi stradali 1° categoria oltre alle specifiche dei materiali impiegati in produzione. Ogni fornitura in cantiere di elementi costruttivi prefabbricati, sia di serie che occasionali, dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art. 58 del D.P.R. 380/2001, da consegnare al Direttore Lavori dell'opera in cui detti elementi costruttivi vengono inseriti, che ne curerà la conservazione:

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

- a) i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, compreso l'elenco degli elementi forniti con relativi contrassegni;
- b) apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
- c) le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
- d) elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei Lavori al Committente, a conclusione dell'opera;
- e) per elementi di serie qualificati, certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare il nominativo del progettista e copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;
- f) documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore Lavori di cui all'art.65 del D.P.R. 380/2001.

Prima di procedere all'accettazione dei manufatti, il Direttore de Lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati, come prescritto dal §11.8.3.4 NTC2018.

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore dei Lavori, e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione,

secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- g) destinazione del prodotto;
- h) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;
- i) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;
- j) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- k) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;
- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;
- la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono.

## ART. 5. MATERIALI PER L'IMPERMEABILIZZAZIONE E TRATTAMENTI SUPERFICIALI VASCHE E MANUFATTI

### ▪ MALTA A RITIRO CONTROLLATO FIBRORINFORZATA PER IL RISANAMENTO DEL CALCESTRUZZO

Ricostruzione volumetrica del calcestruzzo mediante applicazione in uno o più strati (spessore di circa 3 cm ciascuno) di malta fibrorinforzata, a reattività pozzolanica, a base di cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati, speciali additivi, resine sintetiche (tipo Mapegrout Tissotropico MAPEI o similare). Per assicurare un'espansione all'aria durante i primi giorni di stagionatura, il prodotto deve essere additivato, durante la fase di preparazione, con lo 0,25-0,5% di Mapecure SRA. La malta dovrà essere applicata sul sottofondo sano e compatto opportunamente irruvidito (asperità non inferiori a 5 mm) e preventivamente saturato con acqua.

Ad indurimento completo la malta dovrà avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- massa volumica dell'impasto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ): 2100;
- spandimento (UNI 7044:1972) (%): 70;
- pH dell'impasto: 12,5;
- spessore massimo applicabile per strato (mm): 30-35;
- resistenza a compressione ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ):  $\geq 60$  (a 28 gg);
- resistenza a flessione ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ):  $\geq 8,5$  (a 28 gg);
- aderenza al supporto dopo 28 gg ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ):  $\geq 2,0$  (rottura del calcestruzzo);
- modulo elastico statico a compressione ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ): 25.000 (a 28 gg);
- consumo ( $\text{kg}/\text{m}^2$  per cm di spessore): 19.

Note: questo tipo di malta ad alta resistenza si consiglia solo nel caso il ripristino sia strutturale.

Normalmente, per interventi di comune edilizia civile quali frontalini di balconi, fasce marcapiano, aggetti ecc., si consiglia l'utilizzo di una malta a media resistenza quale ad esempio Mapegrout T40 o Mapegrout BM.

### ▪ MALTA PREMISCELATA PRONTA ALL'USO PER MASSETTI

Esecuzione di massetto con malta premiscelata pronta all'uso, a base di legante idraulico speciale a presa normale (tipo Topcem Pronto MAPEI o equivalente), staggiato e frattazzato, realizzato: in aderenza, per spessore finito non inferiore a 1 cm, su sottofondi sani e compatti, mediante applicazione di una boiaccia d'aggrappo preparata con lo stesso legante, impastata con acqua e lattice di gomma sintetica (tipo Planicrete MAPEI o equivalente); desolidarizzato dal sottofondo, per spessore finito non inferiore a 4 cm, mediante interposizione di barriera a vapore in politene.

Il prodotto dovrà avere le seguenti caratteristiche prestazionali:

- rapporto di miscelazione: 1,7 l di acqua ogni 25 kg di malta;
- massa volumica dell'impasto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ): 2100;
- pedonabilità: dopo 12 h;
- resistenza alla temperatura: da  $-30^\circ\text{C}$  a  $+90^\circ\text{C}$ ;
- resistenza a compressione ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ):  $> 30$  (a 28 gg);

- spessore minimo del massetto (cm): 1;
- umidità residua (%): < 2 (dopo 4 gg a +23°C);
- consumo (kg/m<sup>2</sup>) (per cm di spessore): 18-20;
- conformità alla classe CT – C30 – F6 – A1fl secondo EN 13813.

Note: adatto per pavimentazioni in legno che potranno essere posate dopo 4 gg dall'esecuzione del massetto.

## ART. 6. MATERIALI PER OPERE STRADALI

### ▪ SABBIA PER IL RINFIANCO DELLE TUBAZIONI:

Dovrà provenire, quando non diversamente specificato in progetto anche nel caso di recupero materiale da demolizione, da cave fluviali o da frantumazione di materiali lapidei (polvere di cava), comunque assolutamente scevra da terra, argilla, materiali organici od altri componenti estranei alla propria natura silicea.

La rispondenza delle caratteristiche granulometriche ed organiche della sabbia approvvigionata sul cantiere alle esigenze d'impiego dovranno in ogni caso essere verificate dalla Direzione Lavori, che avrà piena facoltà di pretendere la sostituzione di partite giudicate non idonee.

### ▪ GHIAIA IN NATURA:

Dovrà provenire da cave fluviali (tout-venant) ed essere costituita da un miscuglio di sabbia e ghiaia derivante da rocce non gelive, di natura compatta e resistente, con esclusione di qualsiasi materiale eterogeneo o comunque dannoso per l'impiego a cui è destinato; dovrà inoltre risultare ben assortita nei suoi componenti con esclusione degli elementi litici non passanti al vaglio di cm 7 e con percentuale di sabbia compresa fra il 40% ed il 60% del miscuglio.

### ▪ PIETRISCHI – PIETRISCHETTI – GRANIGLIA:

Al pari della ghiaia, dovranno derivare da rocce non gelive aventi alta resistenza alla compressione, essere scevri da sabbia, polvere od altre sostanze eterogenee, inoltre dovranno essere formati da elementi aventi più facce a spigoli vivi, avere i requisiti di durezza e potere legante richieste per le diverse categorie di lavori ed in generale dovranno avere caratteristiche corrispondenti alle norme del CNR edizione 1953.

### ▪ MISTO GRANULARE:

Dovrà essere costituito da una miscela di materiali granulari appartenenti alla classe A1 delle norme CNR-UNI 10006 con fuso granulometrico di tipo B dimensioni setaccio 0,075-30 mm. Tale materiale potrà essere di provenienze diverse, in proporzioni che in ogni caso saranno stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio della quale dovrà essere fornita idonea certificazione alla Direzione dei Lavori.

La rispondenza alle caratteristiche di seguito dettagliate potrà essere verificata dalla Direzione dei Lavori, che avrà piena facoltà di pretendere la sostituzione delle parti non giudicate idonee.

### ▪ GEOCOMPOSITO:

Geocomposito di rinforzo e di separazione della fondazione stradale dovrà essere composto da geogriglia biorientata monolitica in polipropilene, accoppiata per termosaldatura a geotessile non tessuto di almeno 140 g/m<sup>2</sup>, resistenza a trazione longitudinale e trasversale almeno 30 kN/m (UNI EN ISO 10319:2015), resistenza a punzonamento almeno 3 kN, provvisto di Marcatura CE. Il materiale dovrà essere isotropo, atossico, completamente imputrescibile, resistente agli agenti chimici presenti nei terreni nelle normali concentrazioni, inattaccabile da insetti, muffe e microrganismi, compatibile con la calce ed il cemento.

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà presentare alla Direzione Lavori i certificati rilasciati dal Costruttore che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali. Prima dell'esecuzione la Direzione Lavori verificherà comunque la rispondenza del materiale ai requisiti prescritti, prelevando dei campioni di materiale in quantità tale da poter effettuare almeno una serie di prove di controllo ogni 1000 metri quadrati di telo da posare e almeno una per quantità globale inferiore. Se i risultati delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale cui la prova si riferisce verrà scartato.

### ▪ MALTA CEMENTIZIA AERATA

Dovrà essere composta da aggregati selezionati e lavati (granuli di sabbia fino a 6 mm) del tutto privi di sostanze reattive dannose o materiali terrosi, tenuti insieme da una matrice di pasta di cemento; dovrà presentarsi omogenea, compatta e priva di segregazioni o di essudazione, con consistenza variabile da fluida a autolivellante,

secondo la necessità di impiego o le prescrizioni degli Enti proprietari delle strade; in particolare dovrà presentare le seguenti caratteristiche tecniche:

- 1) assoluta permeabilità al gas metano;
- 2) tempo di indurimento sufficiente per sviluppare una buona portanza da 12 a 24 ore;
- 3) contenuto di aria inglobata, omogeneamente distribuita in micro e macro bolle non comunicanti, compreso tra il 25% e il 30%;
- 4) massa volumica allo stato indurito compresa tra 1'700 e 1'800 kg/m<sup>3</sup>;
- 5) resistenza a compressione dopo 28 giorni maggiore 15 kg/cm<sup>2</sup>;

▪ **MISTO CEMENTATO**

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato dovrà essere non plastica (terre appartenenti ai gruppi A1-a della norma UNI 10006/2002) ed avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 1.

Serie crivelli e setacci UNI	Passante (%)
Crivello 40	100
Crivello 30	-
Crivello 25	65-100
Crivello 15	45-78
Crivello 10	35-68
Crivello 5	23-53
Setaccio 2	14-40
Setaccio 0.4	6-23
Setaccio 0.18	2-15
Setaccio 0.075	-

Tabella 1: Granulometria misto cementato

Le percentuali di acqua e cemento da aggiungere alla miscela di aggregati dovranno essere tali da garantire il rispetto di entrambe le caratteristiche meccaniche riportate in Tabella 2. Dovrà pertanto essere dosato una quantità minima di 80 Kg di cemento tipo 325 per ogni metro cubo di riempimento finito in opera.

Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 7 gg.	CNR 29/72	2.5<Rc<4.5 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg. (Prova Brasiliana)	CNR 97/84	Rt>0.25 N/mm <sup>2</sup>

Tabella 2: Caratteristiche prestazionali del misto cementato

Eventuali materiali differenti dai suddetti che potranno essere utilizzati per circostanza particolari (es. calcestruzzi reoplastici causa traffico veicolare, ecc.) potranno essere utilizzati previa valutazione degli uffici dell'A.C. e sempre a condizione che sia rispettato il valore finale di modulo di deformazione Md pari a 120 N/mm<sup>2</sup>.

In ogni caso i valori dei moduli di deformazione Md valutati al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup> secondo la Norma CNR B.U. 146/1992, rilevati in un tempo compreso tra 12 e 24 ore dal termine della compattazione, non potranno essere inferiori a 120 N/mm<sup>2</sup>. Il materiale dovrà essere compattato in strati successivi ciascuno dello spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 15 cm.

▪ **EMULSIONI BITUMINOSE**

Dovranno essere di composizione costante, perfettamente omogenee, e stabilizzate all'atto dell'impiego; dovranno contenere non meno del 50% in peso del materiale solubile in solfuro di carbonio e non essere fabbricate con bitumi duri flussati. L'emulsionante adoperato nella fabbricazione dovrà avere caratteristiche atte ad assicurare la perfetta rottura delle emulsioni stesse all'atto del loro impiego e tale da evitare che il bitume possa concentrarsi nei recipienti prima dell'uso. Le emulsioni che manifestassero nei recipienti tale fenomeno saranno senz'altro rifiutate.

Nel periodo invernale il Direttore Lavori potrà ordinare per l'esecuzione dei ripristini, l'uso di emulsioni aventi particolari caratteristiche di resistenza alle basse temperature senza che perciò l'Appaltatore abbia diritto a prezzi diversi da quelli previsti nell'allegato elenco.

La miscela degli aggregati di primo impiego da adottarsi per i diversi strati in conglomerato bituminoso deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 3 con inerti le cui caratteristiche fisico-qualitative verificano le prescrizioni riportate in Tabella 4.

La quantità di bitume di effettivo impiego dovrà essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall; per la realizzazione degli strati di binder ed usura dovrà essere impiegato un bitume modificato con penetrazione a 25°C compresa tra 50 e 70 dmm.

Le caratteristiche fisico-qualitative e prestazionali richieste per gli strati di base, binder ed usura sono riportate in Tabella 5.

Serie crivelli e setacci UNI		Base	Binder	Usura
Crivello	40	100	-	-
Crivello	30	80-100	-	-
Crivello	25	70-95	100	-
Crivello	15	45-70	65-85	100
Crivello	10	35-60	55-75	70-90
Crivello	5	26-50	35-55	40-60
Setaccio	2	20-35	25-38	25-38
Setaccio	0.4	6-20	10-20	11-20
Setaccio	0.18	4-14	5-15	8-15
Setaccio	0.075	4-8	4-8	6-10
% bitume		4, 0-5, 0	4, 5-5, 5	5, 0-6, 0

Tabella 3: Granulometria conglomerato bituminoso

Trattenuto al crivello UNI n.5					
Indicatori di qualità			Strato di pavimentazione		
Parametro	Normativa	U. M.	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	<30	<30	<20
Micro Deval Umida (*)	CNR 109/85	%	<25	<25	<15
Quantità di frantumato	-	%	>70	>80	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	<30	<30	<30
Spogliamento	CNR 138/92	%	<5	<5	0
Passante allo 0.0075	CNR 75/80	%	<1	<1	<1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%		<30	<30
Porosità	CNR 65/78	%		<1.5	<1.5
CLA	CNR 140/92	%			>40
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					

Tabella 4: Requisiti aggregato grosso

Strato di pavimentazione				
Condizioni di prova	U. M.	Base	Binder	Usura
Costipamento	75 colpi x faccia			
Risultati richiesti				
Stabilità Marshall	KN	8	10	11
Rigidità Marshall	KN/mm	>=2, 5	3-4, 5	3-4, 5
Vuoti residui (*)	%	4-7	4-6	3-6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 gg di immersione in acqua	%	>=25	>=25	>=25
Resistenza a trazione indiretta a 25°C	N/mm <sup>2</sup>			>0, 7
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C	N/mm <sup>2</sup>			>70
(*) vuoti corrispondenti alla densità di progetto				

Tabella 5: Requisiti delle miscele di conglomerato bituminoso

▪ **MANUFATTI IN CALCESTRUZZO DI CEMENTO**

Saranno confezionati con alti dosaggi di cemento e vibrati in modo da ottenere un peso specifico non inferiore a 2,4 Kg/dm<sup>3</sup>.

I cordonati per il contenimento dei marciapiedi saranno rifiniti nelle facce a vista e con lo spigolo esterno smussato.

I pozzetti di raccolta delle acque meteoriche avranno dimensioni interne non inferiori a cm 40×40×40 ed avranno il foro di uscita per tubo DN20 cm collocato a richiesta sia verso la strada che di lato. L'altezza dal fondo del pozzetto al tubo di scarico dovrà risultare comunque non inferiore a cm 20.

Dovranno presentare il diaframma con funzione di tenuta idraulica facilmente asportabile per la pulizia.

Le botole con relative controbotole, avranno le dimensioni minime di cm 6, ma il loro impiego sarà consentito solo nelle zone soggette a traffico pedonale e comunque solo su autorizzazione della Direzione Lavori.

▪ **MANUFATTI IN CEMENTO ARMATO PER PROTEZIONE SOTTOSERVIZI**

Le lastre piane a protezione dei sottoservizi saranno confezionate con alti dosaggi di cemento vibrato, in modo da ottenere un peso specifico non inferiore a 2,4 Kg/dm<sup>3</sup>.

L'armatura sarà eseguita con rete elettrosaldata del diametro di mm 8 e maglia cm 10×10.

Le dimensioni di ogni singola lastra saranno cm 100×40×4.

▪ **LASTRE IN PORFIDO**

Le lastre per la formazione delle zanelle avranno dimensioni di cm 20×20 spessore compreso fra cm 2,5 e 4,5 e tonalità il più possibile uniforme e comunque di gradimento della Direzione Lavori.

▪ **CORDONATI DI GRANITO**

I manufatti per il contenimento dei marciapiedi di cm 15×27 e lunghezza non inferiore a cm 100 saranno a grana e tonalità uniformi, privi di venature o di intrusioni di minerali diversi.

▪ **NASTRO SEGNALE DELLA PRESENZA DI SOTTOSERVIZI**

Il nastro segnalatore di avvertimento della presenza dei sottoservizi dovrà essere strutturato a rete di alta resistenza, in polipropilene (tipo Signal K 150 o similari), fornito in rotoli di colore azzurro (per acqua potabile), avente una larghezza cm 50.

▪ **TUBAZIONI IN P.V.C**

I manufatti dovranno essere in tutto rispondenti alla norma UNI EN 1401-1:2009 ed essere contrassegnati con il marchio di conformità IIP.

▪ **MANICOTTI IN POLIETILENE**

I manicotti in polietilene dovranno essere usati per proteggere le tubazioni in ghisa sferoidale dall'aggressione al rivestimento esterno portata da terreni altamente corrosivi.

Essi sono costituiti da una pellicola tubolare in polietilene a bassa densità, infilata e fissata al momento della posa del tubo da proteggere, in modo da avvolgerlo completamente, tanto che nessuna parte del tubo stesso possa venire a contatto con i materiali da riempimento.

Il manicotto dovrà essere approvvigionato in pellicola tubolare in PEbd (polietilene a bassa densità) rispondente alla norma UNI ISO 8180:2007.

▪ **MATERIALI PER CONSOLIDAMENTI E SISTEMAZIONI FLUVIALI**

Prima della messa in opera dei gabbioni e dei materassi e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla Direzione Lavori il relativo certificato di collaudo a garanzia rilasciato dalla Ditta che ha fabbricato i manufatti metallici, redatto a norma della Circolare del Ministero dei LL. PP. 2078 del 27/8/1962. La Direzione Lavori procederà quindi, al prelievo dei campioni ed ai collaudi della zincatura, sia dei fili della rete che del filo delle cuciture secondo le norme previste dalla citata Circolare.

▪ **GABBIONI METALLICI ZINCATI**

I gabbioni a scatola dovranno essere fabbricati con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8×10 in accordo con la norma UNI EN 10223-3:2014, tessuta con trafilato di ferro conforme alle norme UNI 3598 Ø3,0 mm, a forte zincatura e rispondente a quanto previsto dalla Circolare del Ministero dei LL. PP. 2078 del 27/8/1962 vigente in materia.

La rete dovrà avere il perimetro rinforzato e maglie uniformi.

Il filo da impiegarsi nelle cuciture per i tiranti dovrà possedere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete, ma di diametro inferiore. Nel caso di utilizzo di punti metallici per le operazioni di legatura, i punti saranno costituiti da filo a forte zincatura con filo del  $\varnothing 3,0$  mm e carico di rottura di  $170 \text{ kg/mm}^2$ .

Le operazioni di preparazione ed assemblaggio dei singoli elementi, nonché l'unione degli elementi contigui mediante legature fatte con l'apposito filo di cucitura, o con punti metallici, dovranno essere tali da creare una struttura continua e monolitica.

Il materiale di riempimento potrà essere costituito da ciottolo di fiume o pietrame di cava, purché abbia una composizione compatta, sia di elevato peso specifico, non friabile né gelivo e di dimensioni tali da non fuoriuscire dalla maglia della rete e da realizzare il maggior costipamento possibile.

#### ▪ MATERASSI METALLICI ZINCATI

I materassi metallici a tasche (con interasse 1,0 m) ed aventi spessore di cm 23, dovranno essere fabbricati con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo  $8 \times 10$  in accordo con la norma UNI EN 10223-3:2014, tessuta con trafilato di ferro conforme alle norme UNI 3598 del  $\varnothing 3,0$  mm, a forte zincatura e rispondente a quanto previsto dalla Circolare del Ministero dei LL. PP. 2078 del 27/8/1962 vigente in materia. La rete dovrà avere il perimetro rinforzato e maglie uniformi.

Il filo da impiegarsi nelle cuciture per i tiranti dovrà possedere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete, ma di diametro inferiore. Nel caso di utilizzo di punti metallici per le operazioni di legatura, i punti saranno costituiti da filo a forte zincatura con filo del  $\varnothing 3,0$  mm e carico di rottura di  $170 \text{ kg/mm}^2$ .

Le operazioni di preparazione ed assemblaggio dei singoli elementi, nonché l'unione degli elementi contigui mediante legature fatte con l'apposito filo di cucitura, o con punti metallici, dovranno essere tali da creare una struttura continua e monolitica.

Il materiale di riempimento potrà essere costituito da ciottolo di fiume o pietrame di cava, purché abbia una composizione compatta, sia di elevato peso specifico, non friabile né gelivo e di dimensioni tali da non fuoriuscire dalla maglia della rete e da realizzare il maggior costipamento possibile.

## ART. 7. CONDOTTE PER MICROTUNNELING

La tubazione per la realizzazione del microtunneling avrà un diametro interno di 2.0 m spessore non inferiore a 20cm e lunghezza dei conci non inferiore a 3.0m.

La tubazione sarà realizzata in calcestruzzo armato vibrato e compresso per microtunneling realizzata con calcestruzzo classe di resistenza C40/50, prodotto con l'impiego di materie prime marcate CE secondo le normative vigenti e nel rispetto delle classi di esposizione specificate nel progetto. L'armatura è costituita da doppia gabbia a spirale continua in acciaio trafilato ad aderenza migliorata del tipo B450A e da barre longitudinali lisce con forchette di testata per l'ancoraggio delle armature interne ed esterne.

Il sistema di giunzione è del tipo maschio e femmina, completo di giunto a tenuta, costituito da un manicotto in acciaio del tipo S275JR smussato, verniciato e incorporato nel calcestruzzo in fase di getto e da una guarnizione in gomma elastomerica SBR-40 a sezione cuneiforme montata sul giunto maschio atta a garantire la tenuta idraulica per pressioni idrostatiche esterne di massimo 3 bar e per pressione idrostatica interna in esercizio pari a 3 bar e allo stato ultimo (collaudo) pari a 4,5 bar. Tutte le tubazioni sono munite di chiodi di sollevamento di adeguata portata integrati nel calcestruzzo che utilizzati con l'ausilio di appositi maniglioni, permettono di effettuare la movimentazione e la posa in totale sicurezza, questo sistema di sollevamento è costruito con coefficiente di sicurezza  $k \geq 3$ .

Inoltre su tutte le tubazioni sarà premontato un legno a schegge orientate di tipo OSB 3 per la ripartizione della spinta e in funzione al tipo di lavorazione si possono inserire delle valvole di lubrificazione, in numero di 3 per tubazione disposte a  $120^\circ$  sulla circonferenza, inserite solitamente su un tubo ogni tre posati in successione.

#### NORMATIVE DI RIFERIMENTO TUBI SPINTA

- DM 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare applicativa 21.01.2019 n 7 C.S.LL.PP.
- UNI EN 1992: 2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo;



- UNI EN 1998: 2005 - Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
- UNI EN 1916: 2004 "Tubi e raccordi in Calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali."
- D.M. n. 2445 del 23.02.1971 "Norme Tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali";
- UNI EN 206: 2016 "Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità";
- UNI EN 13369: 2013 "Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo";
- UNI EN 681-1 Elementi di tenuta in elastomero – Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua – Gomma vulcanizzata
- ATV A-161 – Structural calculation of driven pipes
- ATV A-125 – Pipe driving

E' richiesta la dichiarazione di conformità e la marcatura CE, per le macchine impiegate, secondo la Direttiva UE 89/106/CEE; eventuali deroghe sono solo nelle facoltà della Direzione dei Lavori.

## ART. 8. CARATTERISTICHE TECNICHE TUBAZIONI E PEZZI SPECIALI VALVOLE CHIUSINI POZZETTI CADITOIE

### ▪ LEGGI E NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO PER IMPIANTI E COMPONENTI MECCANICI

L'impianto oggetto dell'intervento dovrà essere rispondente a Leggi e Decreti nonché alle indicazioni fornite dalle Norme UNI e CEI specifiche in materia, vigenti alla data di redazione del presente progetto. Si riportano anche le normative internazionali che potranno essere utilizzate laddove le normative italiane risultassero carenti o deficitarie

Si riportano qui di seguito alcuni riferimenti, non esaustivi, alle principali Norme e Leggi (e successive modifiche ed integrazioni) a cui ci si dovrà attenere in fase di realizzazione dell'opera oggetto della presente relazione. Per quanto riguarda i materiali impiegati, la certificazione degli stessi, le norme di collaudo dei componenti e le procedure di calcolo è consentito, laddove la normativa UNI risulti carente o laddove le norme alternative risultino più restrittive delle norme UNI e purché non in conflitto con le stesse, l'utilizzo di normativa DIN, ISO, ASTM, ASME, ANSI:

- Norma UNI 1284:1971<sup>i</sup> Tubazioni. Pressioni d'esercizio massime ammissibili per tubazioni di materiali metallici ferrosi in funzione della PN e della temperatura
- Norma UNI EN 1092-1:2013 Flange e loro giunzioni. Flange circolari per tubazioni, valvole, raccordi e accessori designate mediante PN
- Norma UNI 3740-9:1982 Bulloneria di acciaio. Prescrizioni tecniche. Confezionamento e tolleranze di fornitura
- Norma UNI 5588:1965<sup>ii</sup> Dadi esagonali normali - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A
- Norma UNI 5737:1988<sup>iii</sup> Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato. Filettatura metrica ISO a passo grosso - Categorie A e B
- Norma UNI 5739:1988<sup>iv</sup> Viti a testa esagonale con gambo interamente filettato Filettatura metrica ISO a passo grosso - Categorie A e B
- Norma UNI EN 10224:2006 Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di acqua e di altri liquidi acquosi - Condizioni tecniche di fornitura
- Norma UNI 6884:1987<sup>v</sup> Valvole di intercettazione e regolazione di fluidi. Condizioni tecniche di fornitura e collaudo
- Norma UNI EN 1074-2:2004 Valvole per la fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica - Parte 2: Valvole di intercettazione

---

<sup>i</sup> Ritirata senza sostituzione in data 15/5/2008

<sup>ii</sup> Ritirata senza sostituzione in data 31/3/1995

<sup>iii</sup> Ritirata senza sostituzione in data 31/3/1995

<sup>iv</sup> Ritirata senza sostituzione in data 31/3/1995

<sup>v</sup> Ritirata senza sostituzione in data 23/3/2006

- Norma UNI 7929:1979<sup>vi</sup> Tubi di acciaio. Curve da saldare, tipi 3D e 5D (45°, 90° e 180°), senza prescrizioni di qualità
- Norma UNI 9497:1989 Prescrizioni tecniche per i servocomandi elettrici per l'azionamento di valvole
- Norma UNI 10269:1995<sup>vii</sup> Valvole a saracinesca di ghisa per la distribuzione dell'acqua potabile. Materiali e requisiti per installazione sottosuolo
- Norma UNI EN ISO 9606-1:2017 Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai
- Norma UNI EN ISO 15614-1:2005 Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e leghe di nichel
- Norma UNI EN 558:2017 Valvole industriali - Scartamenti delle valvole metalliche impiegate su condotte flangiate - Valvole designate per PN e per classe
- Norma UNI EN ISO 3452-1:2013 Prove non distruttive - Esame con liquidi penetranti - Parte 1: Principi generali
- Norma UNI EN 10216-1:2014 Tubi di acciaio senza saldatura per impieghi a pressione - Condizioni tecniche di fornitura - Parte 1: Tubi di acciaio non legato per impieghi a temperatura ambiente
- Norma UNI EN 837-2:1998 Manometri - Raccomandazioni per la selezione e l'installazione dei manometri
- Norma UNI EN 837-3:1998 Manometri - Manometri a membrana e capsula - Dimensioni, metrologia, requisiti e prove
- Norma UNI EN ISO 17636-1:2013 Prove non distruttive delle saldature - Controllo radiografico - Parte 1: Tecniche a raggi -X e gamma mediante pellicola
- Norma UNI EN ISO 17636-2:2013 Prove non distruttive delle saldature - Controllo radiografico - Parte 2: Tecniche a raggi -X e gamma con rivelatore digitale
- Norma UNI EN ISO 898-2:2012: Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine
- Norma UNI EN 10241:2002: Raccordi di acciaio filettati per tubi
- Norma UNI EN 10253-1:2002 Raccordi per tubazioni da saldare di testa - Acciaio non legato lavorato plasticamente per impieghi generali e senza requisiti specifici di controllo
- Norma UNI EN 10241:2002 Raccordi di acciaio filettati per tubi
- Norma UNI EN 10242:2009 Raccordi di tubazione filettati di ghisa malleabile
- Norma ISO 7-1:1994 Pipe threads where pressure-tight joints are made on the threads Dimensions, tolerances and designation
- Norma NI EN 10220:2003 Tubi di acciaio, saldati e senza saldatura - Dimensioni e masse lineiche
- Norma UNI ISO 5252:1981 Tubi di acciaio. Sistemi di tolleranze
- Norma UNI EN ISO 1461:2009 Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova
- Norma UNI EN ISO 9906:2012 Pompe rotodinamiche - Prove di prestazioni idrauliche e criteri di accettazione - Livelli 1, 2 e 3
- Norma UNI EN ISO 2858:2011 Pompe centrifughe ad aspirazione assiale (pressione nominale 16 bar) - Designazione, condizioni nominali di esercizio e dimensioni
- Norma ISO 5208:2015 Industrial valves -- Pressure testing of metallic valves
- Norma ISO 5752:1982 Metal valves for use in flanged pipe systems - Face-to-face and centre-to-face dimensions
- Norma ISO 7483:1991 Dimensions of gaskets for use with flanges to ISO 7005
- D.P.R. 547 del 27/4/1955 Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro
- Legge 46 del 5/3/1990 Norme per la sicurezza degli impianti
- D.P.R. 447 del 6/12/1991 Regolamento di attuazione della Legge 46 5/3/1990 in materia di sicurezza degli impianti
- D.Lgs. 626 del 19/9/1994 Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro
- Circolare 102/78 Materiali conformi all'uso alimentare

---

<sup>vi</sup> Ritirata senza sostituzione in data 8/3/2009

<sup>vii</sup> Ritirata senza sostituzione in data 1/5/2004

- Prescrizioni e raccomandazioni dell'Amministrazione Comunale - Provinciale - Regionale competente
- Prescrizioni e raccomandazioni della ASL competente
- Prescrizioni e raccomandazioni del CPVVF

▪ **PRESCRIZIONI GENERALI**

Tutti i materiali e componenti meccanici forniti ed impiegati per la realizzazione delle opere dovranno essere accompagnati da certificazione relativa alla loro conformità ed origine secondo quanto previsto dalle normative vigenti e dalle specifiche tecniche, salvo diverse richieste espresse dalla D.L..

In conformità alle caratteristiche costruttive e di impiego del macchinario, tali materiali dovranno essere idonei ad assicurare un efficiente servizio secondo le condizioni prescritte dalle Norme vigenti

Tutti i materiali e i macchinari dovranno essere nuovi ed esenti da difetti.

Su tutte le apparecchiature e materiali dovranno essere effettuate le prove previste dalle norme applicabili, dalle specifiche tecniche di gara e quelle contenute nei "*Piani di Controllo Qualità*" elaborati dall'Appaltatore e sottoposti ad approvazione della Stazione Appaltante.

Tutte le apparecchiature, i servizi e le spese per l'effettuazione delle prove di cui sopra sono a carico dell'appaltatore.

Rimane inteso che a discrezione della D.L. potranno essere richieste prove diverse o supplementari.

Macchinari, pezzi, componenti facenti le stesse funzioni ed aventi uguali dimensioni, materiali e prestazioni dovranno essere tra loro perfettamente intercambiabili.

Tutti i materiali prima della loro posa in opera dovranno essere riconosciuti idonei ad essere accettati dalla D.L..

L'accettazione dei materiali da parte della D.L. non pregiudica tuttavia il diritto della stessa, in qualsiasi momento, anche dopo la messa in opera e fino ad avvenuto collaudo finale, di rifiutare i materiali stessi e gli eventuali lavori eseguiti con essi, che non si riscontrino corrispondenti alle condizioni contrattuali.

**A) ACQUEDOTTI**

L'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori i certificati di origine ed i verbali di collaudo compilati dai costruttori delle tubazioni e relativi pezzi speciali impiegati nella realizzazione del presente progetto.

▪ **TUBAZIONI IN ACCIAIO (per reti di distribuzione e trasporto):**

I tubi dovranno essere in acciaio saldabile non legato conformi alla norma UNI EN 10224:2006 "*Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di acqua e di altri liquidi acquosi*" del tipo con saldatura longitudinale oppure elicoidale; le suddette norme fanno parte integrante del presente Capitolato anche se non materialmente allegate.

Qualora difficoltà di approvvigionamento o allungamento dei tempi di consegna inducessero l'Impresa alla fornitura di tubazioni con caratteristiche meccaniche e spessori maggiori, la Stazione Appaltante se ne riserva l'accettazione, senza che per questo l'Impresa possa pretendere particolari compensi.

1) Rivestimenti tubi di acciaio. I tipi di protezione esterna ed interna possono essere:

- a) superficie esterna:           1) polietilene estruso  
  2) polietilene fuso
- b) superficie interna:           1) malta cementizia centrifugata

a.1) Polietilene estruso

Il rivestimento esterno sarà costituito con polietilene azzurro estruso, oppure nero con strisce di colore azzurro nella misura di almeno tre posizionate secondo la lunghezza della barra, secondo norma UNI 9099:1989.

a.2) Polietilene fuso

Il rivestimento esterno sarà costituito con polietilene nero applicato per fusione secondo norma UNI 10191:1993.

b.1) Malta cementizia centrifugata

Il rivestimento interno sarà costituito mediante malta cementizia centrifugata rispondente alla norma UNI ISO 4179:2005. Lo spessore massimo del rivestimento non dovrà essere superiore al 30% dello spessore normale indicato dalla norma sopra citata.

2) Pezzi speciali

a) Caratteristiche costruttive

I pezzi speciali dovranno, di norma, essere ricavati da tubi aventi le stesse caratteristiche di quelli diritti e, quando possibile, sottoposti in officina ad una pressione di prova doppia rispetto a quella a cui viene assoggettato il corrispondente tubo diritto.

Qualora non si possa effettuare la prova con le normali attrezzature la stessa dovrà essere eseguita sempre in officina ed ai valori sopra stabiliti, sul tubo di partenza.

Per pezzi speciali particolari dovranno essere concordate, all'atto dell'ordinazione, prove supplementari.

Le estremità dei pezzi speciali dovranno essere identiche a quelle dei tubi diritti della condotta e, ove necessario, di altro tipo da precisare.

b) Rivestimenti

I pezzi speciali dovranno essere normalmente protetti esternamente ed internamente come specificato al punto 1 per le tubazioni.

Qualora non fosse possibile approvvigionare materiali con le suddette caratteristiche, si potrà procedere in cantiere alla formazione del rivestimento esterno come segue:

- pezzi speciali (con esclusione delle curve): il rivestimento potrà essere eseguito con materiale termorestringente Raichem o similare, apposito per ogni categoria di pezzi speciali, oppure con materiale epossidico a due componenti tipo IAMSUB o similare, applicato nel pieno rispetto delle indicazioni fornite dalla casa produttrice;
- curve: è ammesso solo il rivestimento con la fascia termorestringente tipo Raichem o similare.

Per quanto riguarda il rivestimento interno si raccomanda che la fornitura di pezzi speciali lo preveda delle stesse caratteristiche di quello in essere per le tubazioni; qualora ciò non fosse possibile, ma solo in via eccezionale, si possono accettare pezzi speciali rivestiti internamente mediante vernici epossidiche di caratteristiche idonee al contatto con acqua potabile.

▪ TUBAZIONI IN GHISA (per reti di distribuzione e trasporto):

1) Tubazioni

a) Materiale

I tubi dovranno essere fabbricati con ghisa sferoidale prodotta mediante l'aggiunta di magnesio nella lega di ferro allo stato liquido. La composizione chimica della ghisa sferoidale dovrà essere la seguente:

- Carbonio	3,750%
- Silicio	2,100%
- Manganese	0,350%
- Fosforo	0,090%
- Zolfo	0,008%
- Magnesio	0,025%
- Ferro	93,177%

b) Caratteristiche delle tubazioni

Per la fabbricazione, controllo di qualità, caratteristiche meccaniche, spessori e relative tolleranze valgono le prescrizioni della norma UNI EN 545:2010 "*Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi per condotte d'acqua*". Non saranno accettate tubazioni aventi massa superiore alle tolleranze stabilite dalla suddetta norma.

c) Tipi di giunti

I tubi avranno una estremità a bicchiere per giunzione del tipo rispondente alla norma UNI 9163:2010.

2) Pezzi speciali

a) Materiale

I raccordi da impiegare nelle tubazioni di ghisa sferoidale saranno fabbricati in ghisa sferoidale ed essa avrà le stesse caratteristiche prescritte per il materiale di fabbricazione dei tubi, di cui al precedente paragrafo 1.a).

b) Dimensionamento

I raccordi dovranno essere dimensionati secondo la norma UNI EN 545:2010 già citata.

c) Tipi di giunti

I giunti saranno a bicchiere del tipo Rapido, del tipo meccanico "Express" e/o a flangia piana.

d) Giunto a flangia

Tale tipo di giunto consiste nell'unione mediante bulloni e dadi filettati, delle flange poste alle estremità di due elementi da accoppiare, con interposta guarnizione piana di tenuta.

Le caratteristiche costruttive, meccaniche, spessori, forature, tolleranze ecc. sono quelle indicate dalla norma ISO 2531:2009.

3) Tolleranze per tubi e pezzi speciali

Per le tolleranze valgono le indicazioni della norma ISO 2531:2009.

4) Rivestimenti

a) Rivestimento esterno

Tutti i tubi ed i pezzi speciali, di norma, dovranno essere protetti all'esterno, con un rivestimento a base di vernice bituminosa. La vernice bituminosa utilizzata sarà composta da bitumi ossidati sciolti in adatti solventi.

L'applicazione avverrà, nel caso dei tubi, a spruzzo e, nel caso dei pezzi speciali, mediante immersione.

Spessore medio del rivestimento bituminoso da 50 a 60 µm.

La verniciatura dei tubi deve essere preceduta dall'applicazione di uno strato di zinco come indicato dalla norma ISO 8179-1:2017.

b) Rivestimento interno

Tutti i pezzi speciali dovranno essere rivestiti internamente, mediante prodotti che siano certificati idonei per il contatto con acqua potabile o da potabilizzare.

I tubi saranno rivestiti internamente con malta cementizia centrifugata avente le caratteristiche indicate dalla norma ISO 4179:2005.

Lo spessore massimo del rivestimento non dovrà essere superiore al 30% dello spessore normale indicato dalla norma sopra citata.

5) Contrasegni

a) Marcatura

Tutti i tubi ed i pezzi speciali dovranno portare i contrassegni previsti dalla norma ISO 2531:2009.

6) Guarnizioni di gomma

a) Caratteristiche

Le caratteristiche delle guarnizioni sono quelle indicate dalla norma UNI 9163:2010.

b) Composizione

Le mescole di gomma impiegate nella fabbricazione degli anelli dovranno contenere almeno il 70% di gomma naturale di prima qualità, omogenea ed esente da prodotti rigenerati e da polveri di gomma vulcanizzata di recupero.

Le mescole non dovranno contenere elementi metallici (quali antimonio, mercurio, manganese, piombo e rame) ed altre sostanze che possono modificare i caratteri organolettici dell'acqua ed alterare la potabilità.

Le cariche ammesse, oltre le materie vulcanizzatrici e quelle antiossidanti, impiegate in funzione antinvecchiante, dovranno essere esclusivamente a base di ossido di zinco e nerofumo (carbon-black).

Il tenore di zolfo libero e combinato non dovrà superare il 2,5%; le ceneri dovranno essere inferiori al 15%.

L'eventuale impiego di mescole a base di gomma naturale con gomma sintetica o con materie plastiche naturali o sintetiche, potrà essere ammesso solamente sulla base di preventivi accordi con la ditta produttrice, che dovrà fornire tutte le prove e le garanzie richieste sulla perfetta idoneità dei materiali alla funzione cui sono destinati.

Poiché per loro stessa natura chimica le guarnizioni sono sensibili all'azione della luce e del calore, la condizione ideale è di conservarle all'oscurità, ad una temperatura compresa fra i 15 °C e 20 °C.

▪ TUBAZIONI IN ACCIAIO INOX:

Si dovranno impiegare tubazioni per acqua potabile in acciaio inox AISI304, PN16, secondo norme ASTM A 240, prodotti da azienda certificata ISO 9001; le tubazioni saranno realizzate con tubo tondo saldato UNI EN 10217-7:2014 "Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione - Parte 7: Tubi di acciaio inossidabile" con spessore di 3 mm. Le curve e i pezzi speciali saranno del tipo elettrounito a saldare di testa e le flange dovranno essere piane scorrevoli del tipo in acciaio stampato ISO DIN2642 forate PN10, con cartella terminale del tipo rigata con collare a saldare di testa.

Le saldature saranno di preferenza ad elettrodo (per la saldatura TIG è previsto il riporto di metallo) e dovranno essere eseguite esclusivamente da personale specificamente specializzato; la finitura della saldatura sarà decapata e pulimentata previa rimozione di scoria e metallo.

Per gli accoppiamenti sarà utilizzata bulloneria in acciaio zincato con guarnizioni in gomma.

▪ TUBAZIONI IN POLIETILENE (per reti di distribuzione e allacciamenti):

Si dovranno impiegare unicamente tubazioni per acqua potabile in polietilene ad alta densità (PN 10), rivestite mediante foglio di alluminio puro, a sua volta protetto esternamente da uno strato coestruso di poliolefina (polipropilene ramificato), conformi alle norme DIN 8074 (2011-12), DIN EN 12201-1 (2011-11) ed UNI EN 12201-1:2012, unitamente a tutte le altre normative vigenti in materia al momento dell'appalto.

Le tubazioni dovranno riportare stampati lungo il dorso la Pressione Nominale di esercizio, il Diametro Nominale, le Norme di riferimento, nonché la data di fabbricazione ed il numero identificativo del lotto di produzione.

Ogni partita dovrà essere corredata da dichiarazione del produttore attestante che le tubazioni sono conformi alle disposizioni della Circolare 102 del 2/12/1978 del Ministero della Sanità e con l'indicazione delle eventuali limitazioni d'impiego.

L'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori i certificati di origine ed i verbali di collaudo compilati dai costruttori di tutti i materiali e apparecchiature impiegati nella realizzazione del presente progetto.

▪ SARACINESCHE

Sono richieste specificamente saracinesche del tipo flangiato aventi le seguenti caratteristiche:

- corpo e coperchio in ghisa sferoidale; corpo a passaggio pieno e senza cavità, con sovraimpresso esternamente sulla fusione marchio di fabbrica, diametro e pressione nominale;
- cuneo in ghisa sferoidale rivestito completamente con gomma sintetica vulcanizzata (elastomero), atta a fornire massime garanzie di durata e di resistenza all'invecchiamento e all'abrasione, dotato, nella sua parte inferiore, di un orificio di scarico dell'acqua atto ad evitare i rischi del gelo; tenuta garantita dalla compressione del suddetto cuneo gommato direttamente sul corpo della saracinesca, senza che siano presenti cavità che potrebbero favorire la sedimentazione di materiali, causa di successivi malfunzionamenti;
- albero di manovra in acciaio inossidabile al cromo ottenuto per forgiatura, con foro passante all'estremità per consentire l'inserimento della coppiglia antisfilamento per asta di manovra; madrevite in bronzo od in ottone stampato, in grado in ogni caso di evitare qualsiasi pericolo di grippaggio nel contatto con l'acciaio della vite;
- tenuta sull'albero di manovra realizzata con due o più anelli in gomma sintetica O-Ring altamente resistenti alla corrosione, alloggiati in apposita sede rettificata e protetta dagli agenti esterni; la eventuale sostituzione dei suddetti O-Ring dovrà essere consentita in maniera rapida e senza interrompere il passaggio del flusso all'interno della saracinesca;
- tenuta corpo-coperchio attuata preferibilmente con anello di gomma sintetica, ovvero con altra tipologia di serraggio che garantisca analoghi risultati;
- bulloni di serraggio corpo-coperchio in acciaio inox del tipo pesante;
- protezione interna ed esterna di tutte le parti in ghisa sferoidale mediante rivestimento continuo a base di resine epossidiche di tipo plastico-atossico, ottenuto per via elettrostatica e stabilizzato a forno, dello spessore minimo finito di 100 µm; in alternativa sarà valutata l'accettazione di altro rivestimento che garantisca analoghe caratteristiche di resistenza ed igienicità, previa consultazione di adeguata documentazione fornita dal costruttore.

Altre caratteristiche sono:

- a) corpo ovale;
- b) pressione nominale: PN 16;
- c) pressione di collaudo: 25 bar;
- d) area di passaggio: totale a cuneo alzato;
- e) foratura flange: PN 10 - secondo Norme UNI EN 1092-1:2013;

f) scartamento fra le flange: secondo Norme UNI EN 1074-2:2004.

▪ VALVOLE A FARFALLA PER ACQUA

Sono richieste valvole a farfalla del tipo flangiato rispondenti alla normativa vigente ISO 5752:1982, DIN 3202-T3-K1, a comando manuale o elettromeccanico, ad otturatore centrato, con tenuta sul corpo o sulla lente, PN 16, pressione differenziale max 10 Bar, flange forate PN 10 secondo norme UNI EN 1092-1:2013.

Collaudi:

- pressione di prova a tenuta: 16 Bar;
- pressione di prova del corpo ad otturatore aperto: 24 Bar.
- Materiale
- corpo in ghisa sferoidale GS 400/12;
- otturatore in acciaio inox AISI 420 fino al DN 200 mm. Compreso, in ghisa sferoidale GS 400/12 per DN superiori;
- alberi in acciaio inox AISI 420;
- bronzine autolubrificanti a larga fascia di contatto;
- sedi di tenuta facilmente intercambiabile in gomma sintetica EPDM (etilene propilene);
- anello supplementare di tenuta sull'albero in gomma sintetica.

Azionamento della valvola a mezzo di:

- a) comando manuale a volantino, completo di indicatore locale di posizione della lente;
- b) attuatore elettrico a vite senza fine in esecuzione stagna IP67 secondo IEC 144, con funzionamento garantito contro la semplice immersione, completo di:
  - motore elettrico asincrono trifase 220/380 V a forte coppia di spunto, con dimensionamento adatto sia alla connessione alla rete trifase 380 V che alla rete 220 V monofase + condensatore;
  - per servizio S2 15 minuti;
  - isolamento classe H;
  - coppia resa dall'otturatore regolabile dal 25% al 100%;
  - indice meccanico di posizione "aperto-chiuso";
  - comando manuale di emergenza a volantino disinnestabile automaticamente all'avviamento del motore;
  - arresti meccanici di posizione;
  - regolazione di coppia in chiusura ed in apertura;
  - tempo di azionamento da 25 sec. A 90 sec.;
  - scaldiglia anticondensa vano fuoricorsa e morsettiera;
  - interruttore termico protezione motore inserito nell'avvolgimento statorico;
  - n. 2 microinterruttori di fine corsa di posizione (n. 1 per ciascun senso di marcia);
  - n. 2 microinterruttori ausiliari per segnalazione (n. 1 per ciascun senso di marcia);
  - n. 2 microinterruttori di coppia massima (n. 1 in chiusura e n. 1 in apertura);
  - n. 1 trasmettitore elettrico potenziometrico 1000 OHM per la segnalazione continua a distanza del grado di apertura della valvola da manovrare.

Le valvole saranno dotate dei relativi schemi elettrici per i necessari collegamenti (2 copie).

▪ IDROVALVOLE ANTICIPATRICI COLPO D'ARIETE

Saranno del tipo a valvola di regolazione automatica a membrana a flusso avviato, diametri da DN100 mm. Pressione di funzionamento ammissibile PFA 16 bar. Flangiatura PN 16.

L'idrovalvola scarica l'onda di pressione che si può generare in condotta anticipando l'apertura sul punto minimo dell'onda (pressione minima) e sfiorando la pressione al punto massimo della stessa onda (pressione massima). È controllata da un pilota normalmente chiuso, contrastato da una molla tarabile, azionato da una membrana che lo fa aprire quando la pressione regolata supera il valore di taratura della molla.

Corpo e coperchio in ghisa sferoidale GJS400-15 UNI EN 1563:2012 rivestiti integralmente con polveri epossidiche spessore minimo 250 µm (RAL 5005); otturatore in acciaio inox AISI316 per DN50-200, GJS500-7 UNI EN 1563:2012 rivestito con epoxy per DN250-700, con guarnizione di tenuta principale Quad-ring in NBR e tenuta secondaria con O-ring in EPDM sull'asta. Asta, dadi e distanziatore in acciaio inox A2 e guida superiore dell'asta in bronzo sinterizzato autolubrificante. Sede di tenuta in acciaio inox AISI316. Molla in acciaio inox A2 fino al DN200, in acciaio con protezione anticorrosiva per DN250-700. Membrana in NBR rinforzato con Nylon. Spine di centraggio corpo-coperchio e viteria in acciaio inox A2. Indicatore di posizione con sfiato incorporato in ottone nichelato. Boccole per

circuito esterno assemblate prima del trattamento protettivo per una protezione integrale delle parti lavorate. Ganci di sollevamento sul corpo.

Unità di controllo del circuito di pilotaggio in acciaio inox A2 comprendente filtro in acciaio inox AISI316, controllo velocità di reazione, controllo velocità di chiusura, controllo velocità di apertura. Il controllo della velocità di apertura e chiusura deve poter essere tarato indipendentemente. Rubinetto di sezionamento realizzato con corpo in ottone nichelato e interni in ottone cromato. Tubi di controllo in acciaio inox A2.

Prodotta in stabilimento europeo certificato a norma ISO 9001.

Flangiatura secondo le norme UNI EN 1092-2:1999 e ISO 7005-2:1988. Scartamento secondo ISO 7005-1:2011. Materiali conformi al trasporto di acqua potabile secondo la Circolare Ministeriale 102. Il produttore dovrà fornire certificati attestanti l'avvenuto collaudo idraulico secondo ISO 5208:2015 e documentazione relativa al ciclo di verniciatura adottato.

Marchatura conforme a EN 19:2016: DN, PN, tipo di ghisa, marchio del produttore; inoltre la valvola deve essere dotata di freccia indicante il senso del flusso, ricavata nella fusione del corpo. Su ambedue i lati del corpo deve essere presente l'indicazione del profilo interno della valvola.

#### ▪ IDROVALVOLE UNIDIREZIONALE "CLAPET"

Saranno del tipo unidirezionale Clapet di ritegno, diametri da DN150, con corpo in ghisa GG25, stelo e molla acciaio inox, profilo idrodinamico a basse perdite di carico, chiusura rapida anti "colpo d'ariete", flangiata e forata secondo UNI EN 1092-1:2013.

#### ▪ IDRANTI

Saranno del tipo soprassuolo a colonnetta normalizzati DN100 a rottura predeterminata, con corpo, cappuccio di manovra, anello di rottura e tappi in ghisa GG25, protezione esterna ed interna con rivestimento epossidico atossico di tipo alimentare di colore rosso, albero di manovra in due sezioni corredato di dispositivo di sganciamento, chiocciola in bronzo od ottone, otturatore con sede inclinata in ghisa sferoidale ricoperto di gomma nitrilica vulcanizzata atossica, scarico automatico che garantisca lo svuotamento del corpo ad idrante chiuso, mentre in fase di utilizzo il foro di scarico deve risultare ermeticamente occluso.

È prevista l'adozione di idranti DN100 mm a flangia inferiore d'attacco UNI PN10 con 2 bocche filettate UNI 70 ed attacco motopompa filettato UNI 100, pressione di esercizio PN16, prova di collaudo 25 bar, posti in opera completi di valvola di ritegno flangiata a passaggio totale e curva flangiata con piedino alla base in ghisa sferoidale.

Solo in casi del tutto eccezionali, dove lo richiedano specifiche esigenze progettuali o realizzative, saranno adottati idranti tipo sottosuolo con bocche di presa UNI 45 o UNI 70.

#### ▪ SFIATI AUTOMATICI

Gli sfiati da impiegare su tubazioni di diametro fino al DN150 mm saranno del tipo "Crotone" o analoghi, PN 16, atti all'impiego su condotte per acqua potabile, dotati di valvole automatiche di primarie Ditte.

Gli sfiati da impiegare su tubazioni di diametro uguale o superiore al DN200 mm saranno del tipo automatico a doppio galleggiante, conformi alla norma UNI EN 1074-4:2002, atti a permettere lo sfiato ed il rientro di grosse quantità di aria su condotte in pressione per acqua potabile, rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- corpo e coperchio costruito in fusione metallica protetto internamente ed esternamente con rivestimento epossidico atossico di tipo alimentare;
- elemento paraspruzzi montato nel coperchio in corrispondenza dell'orifizio di sfiato;
- galleggiante in materiale omogeneo, rivestito con elastomero atossico di tipo alimentare;
- attacco flangiato secondo norme UNI EN 1092-1:2013 - PN 16;
- marchatura impressa in modo indelebile sul corpo dello sfiato riportante marchio di fabbrica, diametro nominale, pressione nominale, sigla indicante il materiale costituente il corpo dello sfiato stesso;
- pressione nominale: PN 16;
- pressione minima di collaudo: 0,5 bar;
- pressione massima di collaudo: 25 bar;
- temperatura di esercizio: +1/+50°C.

#### ▪ GIUNTI DI SMONTAGGIO

I giunti di smontaggio saranno del tipo a tre flange, costruiti in acciaio al carbonio elettrosaldato, anello di tenuta con bulloni e tiranti in acciaio inox, flange a norma UNI EN 1092-1:2013 - PN16.

#### ▪ GIUNTI DIELETRICI A SALDARE PER CONDOTTE



I giunti dielettrici saranno del tipo con isolante in resina speciale, monoblocco, con anello prefabbricato, PN 16, dalle seguenti caratteristiche:

- resistenza ad una tensione alternata di 3 Kv, 50 Hz, applicata per un minuto alle estremità;
- resistenza in aria:  $A5 > 5$  Mohm;
- protezione esterna ed interna con rivestimento epossidico atossico di tipo alimentare;
- temperatura di esercizio:  $> 60^{\circ}\text{C}$ ;
- doppio anello isolante in materiale plastico;
- pressione di collaudo pari ad 1,5 volte la pressione nominale;
- estremità predisposte per saldatura di testa.

La messa in opera dei giunti dielettrici sarà completata dalla installazione nel sottosuolo dell'elettrodo di riferimento al Cu/CuSO<sub>4</sub> e soprasuolo della scatola di misura tipo "Conchiglia" SCB2/R.

#### ▪ SCARICO DI FONDO RETE IDRICA

Gli scarichi di fondo saranno costruiti utilizzando tubazione in acciaio rivestito di adeguato diametro e lunghezza, rubinetto di presa a sfera, gomiti e raccorderia filettata in ghisa malleabile zincata, e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte, avendo cura di proteggere tutti i materiali posati con adeguato rivestimento.

#### ▪ ASTE DI MANOVRA PER SARACINESCHE

È prevista la fornitura e messa in opera di aste di manovra per saracinesche nelle due tipologie d'impiego, e cioè da interrare o site in cameretta.

Le prime saranno composte, oltre che dall'asta in acciaio che rimanda il movimento, dalla coppiglia antisfilamento e dal tubo riparatore con campana, mentre le seconde saranno carenti unicamente del tubo riparatore.

Per entrambe si prevede una lunghezza compresa fra i 50 e i 120 cm, in relazione alla profondità di interramento delle saracinesche.

#### ▪ CHIUSINI

I chiusini di copertura delle camerette di manovra per saracinesche o valvole dovranno essere conformi alla Norma UNI EN 124:1995 e prodotti in stabilimenti della Comunità Europea certificati a norma ISO 9001; avranno dimensioni del telaio di mm 850x850, con lapide di accesso circolare o quadrata con movimentazione rispondente alle Norme sulla "*Sicurezza sul lavoro*", avente doppia sede tornita ed una luce netta rispettivamente del diametro o lato di mm 600.

Saranno costruiti in ghisa sferoidale di prima qualità, conforme alla Norma ISO 1083:2004, e recheranno in rilievo sulla fusione la scritta "ACQUEDOTTO" ed il simbolo societario, nonché il marchio del produttore ad attestare la conformità del prodotto alle norme suddette.

La verniciatura sarà ad immersione con soluzione bituminosa.

I chiusini in ghisa, siano essi a telaio scomponibile o monolitico, dovranno essere di tipo carrabile atti a resistere a carichi stradali della Classe D 400 (carico di rottura superiore a 40 t).

È prevista, ove lo richieda l'ingombro delle apparecchiature contenute all'interno delle camerette, l'adozione di chiusini di dimensioni diverse da quelle riportate, tali chiusini dovranno comunque avere le stesse caratteristiche specificate ai precedenti capoversi.

Tali chiusini dovranno risultare perfettamente serrati nella sede della soletta di copertura con riporti di malta cementizia o addirittura prevederne il posizionamento prima del getto della soletta stessa, in modo che il telaio risulti parte integrante della stessa.

È facoltà della Direzione Lavori prelevare per essere sottoposti a prova distruttiva di collaudo un numero minimo di chiusini pari ad uno sul totale costituente la fornitura. L'Impresa non potrà avanzare domande di compenso per la fornitura di chiusini destinati alle prove, salvo il diritto di ritirare i rottami risultanti.

I chiusini per l'azionamento di saracinesche interrate, rubinetti di intercettazione delle prese stradali e di eventuali idranti tipo sottosuolo dovranno presentare caratteristiche analoghe a quelle specificate ai precedenti capoversi, con la sola differenza che sono richiesti in Classe C 250 (carico di rottura superiore a 25 t).

In corrispondenza delle saracinesche interrate e dei rubinetti di presa, saranno disposti chiusini in ghisa, di forma rotonda, diametro 15 cm, del peso di Kg 5,2-5,3 cadauno, completi di coperchio con catenella di unione, catramati internamente ed esternamente a caldo in ogni loro parte, recanti in rilievo sulla fusione la scritta "ACQUEDOTTO" ed il simbolo societario.

In corrispondenza degli eventuali idranti sottosuolo saranno disposti chiusini ovali in ghisa catramati a caldo, con l'iscrizione "PUBLIACQUA IDRANTE" delle dimensioni di circa:

- base inferiore mm 400×310;
- luce netta superiore mm 325×230;
- altezza mm 30.

▪ **GIUNTI MECCANICI PER POLIETILENE**

Per la giunzione meccanica delle tubazioni in polietilene si dovranno utilizzare raccordi in ottone di primarie ditte licenzatarie dei marchi IIP - UNI atti anche a congiungere le tubazioni in polietilene con materiali diversi ed aventi guarnizioni del tipo elastomerico ed anelli di tenuta O-Ring in gomma nitrilica speciale.

**B) FOGNATURE**

Le condotte occorrenti per l'esecuzione delle reti fognarie qualunque sia la loro provenienza e tipo dovranno essere delle migliori qualità ed idonee all'impiego cui sono destinate.

L'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori i certificati di origine ed i verbali di collaudo compilati dai costruttori di tutte le condotte impiegati nella realizzazione del presente progetto.

Qualora le tubazioni vengano fornite direttamente dalla Stazione Appaltante sarà cura dell'Impresa acquisire dal fornitore tramite la Staz. Appaltante i certificati di origine e qualità.

▪ **TUBAZIONI IN GHISA**

1) Tubazioni

a) Materiale

I tubi dovranno essere fabbricati in aziende certificate ISO 9001 con ghisa sferoidale prodotta mediante l'aggiunta di magnesio nella lega di ferro allo stato. La composizione chimica della ghisa sferoidale dovrà essere la seguente:

- Carbonio	3,750%
- Silicio	2,100%
- Manganese	0,350%
- Fosforo	0,090%
- Zolfo	0,008%
- Magnesio	0,025%
- Ferro	93,177%

b) Caratteristiche delle tubazioni

Per la fabbricazione, controllo di qualità, caratteristiche meccaniche, spessori e relative tolleranze valgono le prescrizioni delle norme UNI EN 598:2009 e ISO 2531:2009. Non saranno accettate tubazioni aventi massa superiore alle tolleranze stabilite dalla suddetta norma.

c) Tipi di giunti

I tubi avranno una estremità a bicchiere per giunzione del tipo rispondente alla norma UNI 9163:2010.

Le tubazioni in ghisa sferoidale per fognatura dovranno essere conformi alle norme UNI EN 598:2009. I tubi saranno rivestiti internamente in malta di cemento alluminoso applicata per centrifugazione secondo norma ISO 4179:2005 ed esternamente zincati e verniciati secondo la norma ISO 8179-1:2017 con giunto a bicchiere secondo norma UNI 9163:2010.

2) Pezzi speciali

a) Materiale

I raccordi da impiegare nelle tubazioni di ghisa sferoidale saranno fabbricati in ghisa sferoidale ed essa avrà le stesse caratteristiche prescritte per il materiale di fabbricazione dei tubi, di cui al precedente paragrafo 1-a).

b) Dimensionamento

I raccordi dovranno essere dimensionati secondo la norma UNI EN 545:2010.

c) Tipi di giunti

I giunti antisfilamento saranno a bicchiere del tipo Rapido, del tipo meccanico "Express".

d) Giunto a flangia

Tale tipo di giunto consiste nell'unione mediante bulloni e dadi filettati, delle flange poste alle estremità di due elementi da accoppiare, con interposta guarnizione piana di tenuta.

Le caratteristiche costruttive, meccaniche, spessori, forature, tolleranze ecc. sono quelle indicate dalla norma ISO 2531:2009.

3) Tolleranze per tubi e pezzi speciali

Per le tolleranze valgono le indicazioni della norma ISO 2531:2009.

4) Rivestimenti

a) Rivestimento esterno

Tutti i tubi ed i pezzi speciali, di norma, dovranno essere rivestiti all'esterno, con uno strato di zinco puro di 200 g/m<sup>2</sup> applicato per metallizzazione conforme alle norme ISO 8179-1:2017 e UNI EN 598:2009, e successivamente verniciate con vernice epossidica rossa.

L'interno del bicchiere e l'esterno dell'estremità liscia, parti, metalliche a contatto con l'effluente, saranno rivestiti con vernice epossidica rossa; spessore 150 µm in prossimità del bicchiere.

b) Rivestimento interno

Tutti i raccordi e i pezzi speciali dovranno essere rivestiti internamente ed esternamente con le stesse vernici epossidiche impiegate per i rivestimenti esterni delle tubazioni; spessore minimo 150 µm.

I tubi saranno rivestiti internamente con malta cementizia avente le caratteristiche indicate dalla norma UNI ISO 4179:2005 e UNI EN 598:2009.

5) Contrassegni

a) Marcatura

Tutti i tubi ed i pezzi speciali dovranno portare i contrassegni previsti dalla norma ISO 2531:2009.

6) Guarnizioni di gomma

a) Caratteristiche

Le caratteristiche delle guarnizioni sono quelle indicate dalla norma UNI 9163:2010.

b) Composizione

Le mescole di gomma impiegate nella fabbricazione degli anelli dovranno contenere almeno il 70% di gomma naturale di prima qualità, omogenea ed esente da prodotti rigenerati e da polveri di gomma vulcanizzata di recupero.

Le cariche ammesse, oltre le materie vulcanizzatrici e quelle antiossidanti, impiegate in funzione antinvecchiante, dovranno essere esclusivamente a base di ossido di zinco e nerofumo (carbon-black).

Il tenore di zolfo libero e combinato non dovrà superare il 2,5%; le ceneri dovranno essere inferiori al 15%.

L'eventuale impiego di mescole a base di gomma naturale con gomma sintetica o con materie plastiche naturali o sintetiche, potrà essere ammesso solamente sulla base di preventivi accordi con la ditta produttrice, che dovrà fornire tutte le prove e le garanzie richieste sulla perfetta idoneità dei materiali alla funzione cui sono destinati.

Poiché per loro stessa natura chimica le guarnizioni sono sensibili all'azione della luce e del calore, la condizione ideale è di conservarle all'oscurità, ad una temperatura compresa fra i 15 °C e 20 °C.

▪ TUBAZIONI ACCIAIO INOX

Le tubazioni saranno in acciaio inox AISI304 con saldatura con elettrodi speciali tipo inox 308 RLC AWS e 308L-16, Flange in acciaio inox AISI 304 saldatura con elettrodi speciali tipo inox 308 RLC AWS e 308L-16.

Si dovranno impiegare tubazioni in acciaio inox AISI 304, PN10, secondo norme ASTM A 240, prodotti da azienda certificata ISO 9001; le tubazioni saranno realizzate con tubo tondo saldato UNI EN 10217-7:2014 con spessori di riferimento secondo quanto indicato negli elaborati progettuali e con cartelle terminali del tipo rigate con collare a saldare di testa.

Le curve e i pezzi speciali saranno del tipo elettrounito a saldare di testa e le flange dovranno essere piane scorrevoli del tipo in acciaio stampato ISO DIN2642 forate PN10 o del tipo in alluminio UNI EN 1092-1:2013 PN10 a seconda delle indicazioni degli elaborati progettuali.

Le saldature saranno di preferenza ad elettrodo tipo inox 308 RLC o similare (per la saldatura TIG è previsto il riporto di metallo) e dovranno essere eseguite esclusivamente da personale specificamente specializzato ed in possesso di patentino; la finitura della saldatura sarà decapata e pulimentata previa rimozione di scoria e metallo. Per gli accoppiamenti sarà utilizzata bulloneria in acciaio zincato con guarnizioni in gomma.

▪ **CALCESTRUZZO DI CEMENTO PREFABBRICATO**

I tubi saranno confezionati con alti dosaggi di cemento pozzolanico o ferrico e vibrati onde ottenere un peso specifico di almeno 2,4 Kg/dm<sup>3</sup>. ed una resistenza alla rottura per compressione del calcestruzzo di almeno 250 Kg/cm<sup>2</sup> dopo 28 giorni.

Dovranno risultare rettilinei, compatti, levigati, senza fessure e crepe e con sezione interna (circolare od ovoidale) che non presenti apprezzabili deformazioni in modo che in opera ogni condotta possa combaciare perfettamente con quella seguente.

I condotti sia circolari che ovoidali; termineranno con incastro perimetrale e presenteranno al fondo l'incavo per l'insediamento del fondello ove previsto dai disegni di progetto. I condotti dovranno resistere alle sollecitazioni trasmesse dai massimi carichi stradali anche se posati ad una profondità dal piano stradale non superiore a ml 0,50 (misurato dall'estradosso del manufatto).

La Direzione Lavori potrà pertanto richiedere calcoli di progetto e prove di verifica e che i condotti stessi siano dotati di armatura metallica.

È richiesta per tali manufatti, come per i pozzetti di raccolta la prova d'assorbimento d'acqua sia su manufatti già posati in opera sia prelevati a piè d'opera, secondo le modalità seguenti: si ricavano pezzi del manufatto con superficie minima di 3 dm<sup>2</sup> e si fanno essiccare in stufa a 105° per 8 ore lasciandoli poi raffreddare fino alla temperatura di 18° ed in ambiente secco; dopo una prima pesatura si immergono per 30 minuti in acqua a temperatura ambiente e quindi si pesano.

L'assorbimento d'acqua ricavato per differenza di peso fra le due pesate non dovrà eccedere il 3% del peso secco.

I condotti prefabbricati potranno essere dei seguenti tipi:

a) Tubi di cemento vibrocompressi circolari ed ovoidali con giunzione a bicchiere e anello di tenuta

- 1) Tubi circolari: potranno essere con o senza base d'appoggio piana secondo i grafici di progetto. La lunghezza degli elementi dovrà essere pari a ml 2,0 in caso con elementi con base d'appoggio.
- 2) Tubi ovoidali: dovranno essere provvisti di base d'appoggio piana. La lunghezza degli elementi dovrà essere di ml 2,0 fino alla sezione di cm 120×180 e di almeno di ml 1,50 per le sezioni superiori.

b) Tubi di cemento vibrocompressi circolari con giunzione a bicchiere ed anello di tenuta in gomma

Avranno base di appoggio piana e lunghezza di almeno ml 2,0; saranno dotati di incastro a bicchiere ed anello di tenuta in neoprene incorporato nel giunto mediante apposita linguetta annegata nel getto.

L'anello sarà protetto da un collare in polistirolo da levarsi al momento della giunzione tra le tubazioni previa applicazione sul maschio di apposito lubrificante.

Le tubazioni dovranno rispondere alle norme DIN 4032 e conformi ai requisiti previsti dalla IV classe di resistenza della normativa CTE/ICITE/CNR.

Trattamenti protettivi

*I tubi in calcestruzzo ed i giunti, dovranno essere verniciati internamente a tutta sezione, con particolare attenzione alle parti che verranno a trovarsi a contatto con i liquami, mediante vernici a base epossidica o epossicatramosa aventi una composizione come risulta dalla seguente tabella, in cui sono riportate le percentuali minima e massima dei diversi componenti.*

	EPOSSIDICHE		EPOSSICATRAMOSE	
	% min.	% max.	% min.	% max.
Pece di catrame			15	30
Resine	25	40	25	30
Solvente		15		25
Carica e pigmenti		55		25

Tutti i componenti dovranno essere di buona qualità.

In particolare la pece di catrame deve essere ricavata dalla distillazione del carbon fossile con caratteristiche tali da migliorare, o comunque non peggiorare, quelle chimiche e meccaniche del prodotto. Sulla composizione delle ceneri sono prescritti i seguenti limiti:

- Silicati min. 30%;
- Carbonati max. 20%;
- Solfati max 20%.

▪ CONDOTTE IN P.V.C.

a) Tubazioni

Le tubazioni, i raccordi ed i pezzi speciali, dovranno essere prodotti da aziende certificate ISO 9001 e saranno fabbricate con mescole a base di cloruro di polivinile, esenti da plastificanti ed opportunamente stabilizzate, dovranno rispettare dettagliatamente le norme UNI vigenti per tubazioni in P.V.C. adibite per lo scarico di acque civili ed industriali.

Le tubazioni saranno fornite in barre della lunghezza di m 6,0 o inferiore. I diametri esterni, gli spessori e le relative tolleranze dovranno essere conformi alle norme UNI EN 1401-1:2009 SN4.

I bicchieri dovranno essere del tipo con anello di elastomero, secondo le normative sopra citate

Come caratteristiche più salienti i manufatti presenteranno perfetta tenuta idraulica dei giunti, saranno adibiti al trasporto di fluidi con temperatura massima non superiore a 40°C e dovranno avere notevole elasticità, resistenza meccanica, buona resistenza all'acetone e all'urto.

I tubi dovranno essere dotati di marcatura da cui si rilevi: il materiale, categoria e tipo, il diametro esterno D, il marchio di fabbrica, il periodo di produzione, la sigla I.I.P. indicante il "marchio di conformità" rilasciate dall'Istituto Italiano Plastici.

b) Raccordi e pezzi speciali

I raccordi e i pezzi speciali in P.V.C. dovranno rispondere alle caratteristiche contenute nelle norme UNI vigenti.

Il collegamento fra tubazioni in P.V.C. ed altri materiali avverrà unicamente per mezzo di pezzi speciali.

c) Allacciamenti

Le tubazioni in P.V.C. ed in gres da utilizzare per l'esecuzione degli allacciamenti fognari alle condotte stradali dovranno avere le stesse caratteristiche di quelle utilizzate per l'esecuzione delle reti di collettamento.

▪ CONDOTTE IN POLIETILENE ALTA DENSITÀ (PEAD)

Saranno impiegate tubazioni in polietilene ad alta densità (PEAD) per condotte di scarico a superficie liscia, di colore nero con bande coestruse di colore marrone, rispondenti alla norma UNI EN 12201-2:2013 PN4.

Le tubazioni dovranno essere prodotte da Ditte in possesso della certificazione di qualità aziendale CISQ SQP EQNET, secondo norma ISO 9000.

Le giunzioni fra le barre e fra queste ed i pezzi speciali dovranno avvenire a mezzo di saldature di testa per polifusione, eseguite secondo norma UNI 10967:2001<sup>viii</sup> da personale tecnico qualificato secondo norma UNI 9737:2016, munito di relativo patentino di qualifica, utilizzando macchinari rispondenti alla norma UNI 10565:2015.

▪ CONDOTTE IN POLIETILENE SPIRALATO ALTA DENSITÀ (PEAD)

Le tubazioni dovranno essere fabbricate da azienda certificata con marchi CISQ SQP EQNET in conformità alle norme ISO 9000 e UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1:2015.

I tubi dovranno essere a sezione circolare a parete piena con corrugamenti interni costituiti da risalti circolari a passo costante e potranno essere forniti in barre di qualsiasi lunghezza.

Le giunzioni dovranno essere eseguite per polifusione mediante termoelementi.

Accettazione

La ditta fornitrice, qualificata secondo le norme citate, dovrà consentire durante la lavorazione libero accesso nel proprio stabilimento alla D.L. o a suoi incaricati, e prestarsi in ogni tempo affinché essi possano verificare l'osservanza delle condizioni di fornitura e della qualità dei materiali impiegati.

---

<sup>viii</sup> Ritirata senza sostituzione in data 21/9/2017

L'appaltatore è comunque obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire o a fare eseguire presso gli stabilimenti di produzione o presso gli istituti autorizzati, tutte le prove previste dalle norme o dalla D.L., sui materiali impiegati o da impiegarsi.

#### Materiali componenti

Il materiale base per la fornitura di tubazioni in polietilene ad alta densità deve essere uno specifico granulato per tubi di adeguate caratteristiche. Di tale granulato la ditta produttrice delle tubazioni dovrà indicare il nome commerciale del prodotto, il nome del fornitore e le caratteristiche dello stesso.

È essenziale la rispondenza del materiale base ai valori esposti alla norma DIN 8075 (2011-12) §2.1 che prescrive: "polietilene ad alta densità stabilizzato" (normalmente con l'aggiunta di nero fumo). Non potranno essere utilizzati granulati di composizione non controllata.

Di seguito sono riportati i valori di alcune delle caratteristiche fondamentali di accettazione e relativi metodi di prova. Tali valori, che si riferiscono ai granulati di prima qualità che dovranno essere garantiti dal fornitore e potranno essere verificati dall'Amministrazione.

La materia prima utilizzata nella produzione dei tubi dovrà rispondere ai seguenti requisiti e norme di riferimento:

- Materiale:	PEAD (Polietilene ad Alta Densità)	
- Densità:	> 930 kg/m <sup>3</sup>	ISO 1183-1:2012
- Indice di fluidità:	< 1 g/10 Min.	ISO 1133-1:2011
- Carico allo snervamento:	> 20 N/mmc	ISO 6259-1:2015
- Allungamento a rottura :	> 600%	ISO 6259-1:2015
- Modulo di elasticità (breve termine):	1000 N/mm <sup>2</sup>	ISO 527-1:2012
- Carico di rottura:	> 25 N/mm <sup>2</sup>	ISO 6259-1:2015
- OIT 200°C:	> 20 min.	EN 728:1988/ ISO 11357-6:2008

Non è ammesso l'utilizzo di materie prime riciclate.

#### Caratteristiche

Le tubazioni dovranno essere fornite in barre da m 12,0 o comunque, della lunghezza richiesta dalle necessità del cantiere.

Ogni singolo tubo dovrà avere una marchiatura dalla quale si rilevi:

- nome del fabbricante;
- denominazione commerciale del prodotto;
- tipo di materiale (PEAD o PEHD);
- dimensioni;
- data di produzione.

I tubi dovranno essere a parete piena.

#### Certificazioni

Le tubazioni dovranno essere corredate di idonei certificati tecnici richiesti dalla D.L., comprovanti le caratteristiche idrauliche e meccaniche, per accettazione dei materiali. Tali certificati rilasciati da istituto o università riconosciuti, riporteranno i risultati delle prove eseguite in laboratorio ed in opera e rileveranno le differenze tra il tubo a parete liscia interna e quello a parete corrugata per definirne l'idoneità degli stessi al progetto esposto.

#### Procedura di messa in opera

Dovrà essere posta adeguata attenzione nella manipolazione dei tubi in modo da prevenire eventuali danni.

Il sistema di giunzione potrà essere scelto dalla D.L. tra, la saldatura testa-testa per polifusione, la saldatura mediante manicotti elettrosaldabili, flange o raccordi atti a garantire la pressione di esercizio e le caratteristiche di progetto.

I tubi potranno essere giuntati, sia direttamente nello scavo, sia all'esterno dello stesso (giunzione per saldatura) per poi vararli in tratte di una certa lunghezza.

Le tratte giuntate fuori scavo possono essere varate nello stesso facendo uso dei normali mezzi di sollevamento avendo cura di verificare che non avvengano, durante l'operazione, cedimenti nei punti saldati.

Il fornitore dei tubi dovrà fornire all'Impresa appaltatrice tutte le istruzioni necessarie per una corretta movimentazione e le specifiche di montaggio delle giunzioni.

Le giunzioni a mezzo saldatura, dovranno essere eseguite da personale specializzato e certificato da istituto autorizzato.

▪ **CONDOTTE IN GRES**

a) Tubazioni

Le tubazioni e i materiali in gres quali pezzi speciali, mattoni, piastrelle e fondi fogna, saranno prodotti da aziende certificate ISO 9002 e dovranno essere conformi alla normativa UNI EN 295-1:2013 e di impasto omogeneo.

Le superfici interne ed esterne dei tubi, ad eccezione del bicchiere di giunzione e della punta delle canne, dovranno essere verniciate con una vetrina. Piccoli difetti visivi, quali punti di asperità sulla superficie, non precludono l' idoneità del manufatto.

Per le tubazioni il valore del rapporto tra la freccia di curvatura e la lunghezza, riferito ai 4/5 centrali della canna, dovrà essere:

- tubazioni fino al DN 150 mm mm/m 6;
- tubazioni dal DN 150 al DN 250 mm mm/m 5;
- tubazioni oltre DN 250 mm mm/m 4.

I valori minimi dei carichi di rottura non devono essere inferiori a quelli riportati nella tabella sotto indicata:

DN mm.	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
KN/m	40	40	-	32	40	48	42	48	-	57	60	60
KN/m	-	-	40	48	60	72	56	64/80	60	-	-	-

Le tubazioni in gres devono essere munite, sia sul bicchiere che sulla punta, di guarnizioni elastiche prefabbricate in poliuretano, tale giunzione viene fabbricata in stabilimento colando resina poliuretanicica liquida attorno alla punta e all'interno del bicchiere dei tubi e pezzi speciali.

La resina polimerizzando aderisce al gres in modo talmente tenace da non poter più essere staccata se non mediante scalpellatura ottenendo così una vera e propria rettifica della punta e del bicchiere che permette di compensare eventuali ovalizzazioni e deformazioni, comuni nel materiale ceramico.

Il materiale costituente la giunzione dovrà soddisfare i limiti di cui alla norma UNI EN 295-3:2012. Le tubazioni collegate mediante giunzioni in poliuretano devono assicurare una tenuta idraulica, sia da interno verso esterno che da esterno verso interno, pari a 0,5 bar, in pratica equivalente a un battente idraulico di 5 m di colonna d'acqua. Le tubazioni munite di giunzione elastica prefabbricata in poliuretano dovranno assicurare, senza compromettere la tenuta idraulica della condotta, disassamenti pari a:

- per tubazioni fino al dn 200 mm 80 mm/m;
- per tubazioni dal dn 225 al dn 500 mm 30 mm/m;
- per tubazioni dal dn 600 al dn 800 mm 20 mm/m.

b) Allacciamenti

Le tubazioni in gres da utilizzare per l'esecuzione degli allacciamenti fognari alle condotte stradali dovranno avere le stesse caratteristiche di quelle utilizzate per l'esecuzione delle reti di collettamento.

▪ **CHIUSINI**

I chiusini per l'accesso ai pozzetti d'ispezione di collettori ed allacciamenti, dovranno essere conformi alla norma UNI EN 124:1995 e prodotti in stabilimenti della Comunità Europea certificati a norma ISO 9001; avranno dimensioni del telaio di mm 850x850, con lapide di accesso circolare o quadrata con movimentazione rispondente alle Norme sulla "Sicurezza sul lavoro", avente doppia sede tornita ed una luce netta rispettivamente del diametro o lato di mm 600.

Saranno costruiti in ghisa sferoidale di prima qualità, conforme alla Norma ISO 1083:2004 e recheranno in rilievo sulla fusione la scritta "FOGNATURA" ed il simbolo societario, nonché il marchio del produttore ad attestare la conformità del prodotto alle norme suddette.

La verniciatura sarà ad immersione con soluzione bituminosa.

I chiusini in ghisa, siano essi a telaio scomponibile o monolitico, dovranno essere di tipo carrabile atti a resistere a carichi stradali della Classe D 400 (carico di rottura superiore a 40 t).

Tali chiusini dovranno risultare perfettamente serrati nella sede della soletta di copertura con riporti di malta cementizia o addirittura prevederne il posizionamento prima del getto della soletta stessa, in modo che il telaio risulti parte integrante della stessa. È facoltà della Direzione Lavori prelevare per essere sottoposti a prova distruttiva di collaudo un numero minimo di chiusini pari ad uno sul totale costituente la fornitura.

L'Impresa non potrà avanzare domande di compenso per la fornitura di chiusini destinati alle prove, salvo il diritto di ritirare i rottami risultanti.

Classificazione:

- a) Classe C 250 con carico di rottura superiore a t 25. I chiusini dovranno essere collocati prevalentemente su zone pedonali, marciapiede, cunette bordo strada e banchine in genere salvo quanto richiesto dalla D.L.
  - b) Classe D 400 con carico di rottura superiore a t 40. I chiusini dovranno essere collocati prevalentemente su strade con traffico veicolare in atto salvo quanto richiesto dalla D.L.
- GRIGLIE IN GHISA

Le griglie dovranno essere in ghisa sferoidale unificata di tipo GS 400-12 o GS 500-7 prodotta secondo le norme ISO 1083:2004 e NF A 32-201 con resistenza a rottura maggiore di 25 t ed altre caratteristiche secondo le norme UNI EN Classe C 250.

La marchiatura sarà d'obbligo, realizzata in fusione a rilievo sulla parte superiore nonché il marchio del Produttore ad attestare la conformità del prodotto alle norme suddette. Le griglie sia a telaio quadrato delle dimensioni da cm 20x20 a cm 80x80 sia a telaio rettangolare delle dimensioni da cm 35x60 a cm 30x75 con superficie metallica antisdrucciolo, saranno verniciate ad immersione con soluzione bituminosa e dovranno essere collocate prevalentemente in tutti i casi non elencati nelle lettere a) e b) precedenti salvo quanto richiesto dalla D.L..

- POZZETTI DI ISPEZIONE

a) In polietilene

I pozzetti di ispezione per fognatura in polietilene ad alta densità saranno costruiti secondo i criteri tecnici della normativa DSV 2205.

I pozzetti dovranno essere costruiti in aziende certificate con marchi CISQ, SQP, EQNET in conformità alle norme ISO 9000 e UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1:2015 con tubo spiralato conforme alle norme CEN TC 155 WG 13.

Il pozzetto dovrà essere costituito da un corpo cilindrico a parete piena del diametro interno DN1200 con classe di rigidità nominale RS 0 = 4 KN/m<sup>2</sup> e RS 24 = 16 KN/m<sup>2</sup>.

Lo spessore delle pareti potrà variare in funzione dell'altezza di rinterro, mentre il fondo verrà costruito con una lastra in PE dello spessore di 10-25 mm, saldata internamente ed esternamente. Sulle pareti del pozzetto verranno saldati i tronchetti di innesto del diametro desiderato e forniti del sistema di giunzione previsto dal progetto.

Il pozzetto dovrà essere posto in opera su piastra di appoggio realizzata in cls C25/30 armata con rete elettrosaldata spessore minimo cm 15 e dovrà essere dotato di piastra di ripartizione ed alloggiamento del chiusino di accesso al pozzetto realizzata in cls C25/30 armata con rete elettrosaldata spessore minimo cm 20.

Per pozzetti con altezza superiore a m 2,0 dovranno essere previsti elementi di elevazione realizzati in polietilene ad alta densità spiralato avente le stesse caratteristiche degli elementi di base. Il rinfianco dei pozzetti di norma sarà realizzato con materiale arido o misto granulometrico

Per pozzetti con altezza superiore a 3,50 m potrà essere prevista la messa in opera, nella parte superiore, di anelli di rialzo realizzati in cls eseguiti secondo le norme DIN completi di elementi di testa con sede di alloggiamento per il chiusino. Per tali pozzetti andrà previsto un rinfianco in misto cementato fino all'altezza di 1,50 m e in materiale arido o misto granulometrico per la parte rimanente.

L'Appaltatore dovrà fornire alla D.L., prima della fornitura ed installazione, la documentazione atta a dimostrare che la rigidità nominale SN dichiarata è effettivamente raggiunta dal pozzetto proposto e dovrà fornire i calcoli di verifica di stabilità dei manufatti.

b) In calcestruzzo di cemento

b.1) gettati in opera

I pozzetti di ispezione della fognatura con struttura in c.a. dovranno essere realizzati con calcestruzzo di cemento atto a garantire un C28/35 (Rck minimo di 350 kg/cm<sup>2</sup>) e comunque come previsto in progetto esecutivo, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori.



Avranno dimensioni interne come risultanti dai disegni di progetto e spessore minimo pari a 25 cm e comunque come da elaborati progettuali ed eventuali indicazioni della D.L.. Saranno costruiti nelle posizioni indicate negli elaborati di progetto, salvo diversa disposizione della D.L..

Tali manufatti dovranno presentare lo stesso grado di tenuta idraulica previsto per le fognature, essendo inseriti nelle tratte di prova. In ogni caso è prescritto l'uso di giunti di ripresa Water-stop in materiale plastico o in lamierino di ferro, ad ogni ripresa di getto. Per il getto dei pozzetti si dovrà far uso esclusivo di cassetta metallica con la prescrizione che per le pareti interne si dovranno usare esclusivamente disarmanti di natura chimica.

Si da possibilità all'Impresa di prefabbricare le solette di copertura in cantiere e posizzarle successivamente sul pozzetto già eseguito.

#### *b.2) prefabbricati*

Per i pozzetti di ispezione realizzati mediante elementi prefabbricati in c.a.v., l'Impresa dovrà sottoporre alla D.L. il progetto costruttivo e le caratteristiche dei manufatti prefabbricati che intende utilizzare nonché le garanzie di tenuta idraulica dell'intero manufatto. Tali pozzetti di ispezione saranno comunque dotati di fondo sagomato in P.V.C. con mezzo tubo e attacchi per giunzione delle tubazioni a monte e valle.

Dovrà essere in ogni caso garantita la tenuta idraulica delle eventuali giunzioni al pari della condotta di fognatura e dei pozzetti gettati in opera. Qualora, nel corso delle prove di tenuta dei tratti di fognatura, si manifestassero perdite attraverso tali giunzioni fra elementi prefabbricati, l'Impresa sarà obbligata a sigillare tutte le giunzioni con malta espansiva o idonei prodotti secondo le indicazioni che saranno impartite dalla D.L..

#### Trattamenti protettivi

Per i pozzetti di ispezione, potrà essere richiesta la verniciatura di quelle parti che verranno a trovarsi a contatto con i liquami, mediante vernici a base epossidica o epossicatramosa aventi una composizione come risulta dalla seguente tabella, in cui sono riportate le percentuali minima e massima dei diversi componenti:

	EPOSSIDICHE		EPOSSICATRAMOSE	
	% min.	% max.	% min.	% max.
Pece di catrame			15	30
Resine	25	40	25	30
Solvente		15		25
Carica e pigmenti		55		25

Tutti i componenti dovranno essere di buona qualità.

In particolare la pece di catrame deve essere ricavata dalla distillazione del carbon fossile con caratteristiche tali da migliorare, o comunque non peggiorare, quelle chimiche e meccaniche del prodotto. Sulla composizione delle ceneri sono prescritti i seguenti limiti:

- Silicati min. 30%;
- Carbonati max. 20%;
- Solfati max. 20%.

#### ▪ PARATOIE PIANE IN ACCIAIO INOX

Dovranno essere installate paratoie piane in acciaio inox AISI 304 del tipo a comando manuale/elettrico dalle caratteristiche previste in progetto:

- piano di manovra variabile (max mm 7'000);
- carico idrostatico max: mm 7'000;
- peso paratoia: adeguato al carico idrostatico.

L'installazione delle paratoie sarà eseguita secondo gli schemi progettuali con parti fissate alle pareti dei pozzetti e getti di rifinitura in opera.

La parte finale dell'asta di manovra in prossimità del piano viabile sarà dotata di innesto per l'inserimento di volantino asportabile, fornito a corredo della paratoia in oggetto.

#### ▪ SFIATI

Lo sfiato per fognatura sarà del tipo automatico a tre funzioni per fognatura, completamente realizzato in ghisa sferoidale in GS 400.12, prodotto da azienda certificata ISO 9002, costituito da un corpo inferiore di grosse

dimensioni provvisto di nervature e munito di rubinetto di spurgo, un corpo superiore contenente un calice di protezione e un cappello completo di nipple e curva di evacuazione in polipropilene; galleggiante inferiore e asta di collegamento in acciaio inox; otturatore in polipropilene, guarnizione in silicone 60 SH e boccaglio di degasaggio in ottone; verniciatura interna ed esterna effettuata con polveri epossidiche applicate con metodo elettrostatico. L'apparecchiatura avrà la possibilità di essere manutentata dall'alto senza smontarla dalla condotta.

Lo sfiato dovrà essere provato e certificato alle seguenti pressioni:

- tenuta meccanica di 24 bar per il corpo;
- pressione minima di 0,5 bar e massima di 10 bar per l'otturatore e boccaglio.

Le 3 prove non dovranno evidenziare alcuna perdita.

L'alimentazione sarà flangiata DN100 forata DN 10/16 secondo le norme UNI ISO 2531:2009 e UNI EN 1092-2:1999.

## ART. 9. OPERE DI DIFESA DEL SUOLO

### ▪ TERRE PER ARGINI

#### Caratteristiche e requisiti della terra per argini

Dovranno essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A4, A6 della classificazione CNR UNI 10006. Per le terre del gruppo A4 dovrà essere presente una percentuale di sabbia non superiore al 50%, mentre per quelle del gruppo A6 la sabbia dovrà essere non inferiore al 15%. Inoltre, il coefficiente di permeabilità della terra impiegata per la costruzione di rilevati arginali dovrà risultare inferiore a  $10^{-6}$  m/s. Non saranno assolutamente ammesse per le costruzioni arginali le sabbie, le ghiaie ed i pietrischi data la loro permeabilità, e quelle materie provenienti dal lavaggio e/o dalla frantumazione di inerti o dalla lavorazione di marmi. La terra da impiegare dovrà essere priva di ceppaie, radici, pietre detriti, e dovrà essere del tutto esente da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo.

#### Provenienza della terra per argini

I terreni per la formazione dell'argine potranno provenire dall'area di cantiere, ove siano state realizzate riprofilature di sponda, risagomature e scavi, da cave di prestito oppure fornite in cantiere a cura e spesa dell'Impresa.

L'Impresa potrà aprire essa stessa le cave di prestito ovunque lo riterrà di sua convenienza, poste a qualsiasi distanza dal cantiere, subordinatamente alle vigenti disposizioni del presente Capitolato. Ogni onere e spesa necessaria per le autorizzazioni alla apertura e coltivazione della cava saranno sempre a totale carico dell'Appaltatore. Prima di avviare la coltivazione della cava di prestito dovranno essere asportate le eventuali coltri vegetali, sostanze organiche, rifiuti, ecc. e rimossi tutti quegli agenti che possono provocare la contaminazione della terra stessa. La cava di prestito dovrà essere coltivata in modo che sia garantito il suo regolare e completo scolo e non si verificano ristagni di acqua ed impaludamenti. A tale scopo l'Appaltatore dovrà aprire a sua totale cura e spese opportuni fossi di scolo con sufficiente pendenza. L'Impresa dovrà fornire esclusivamente quella terra proveniente dalla cava accettata dalla Direzione Lavori e possedente i requisiti richiesti nel presente Capitolato.

#### Accettazione della terra per argini

Nel caso che la terra per la realizzazione degli argini provenga da riprofilature di sponda, risagomature d'alveo e scavi, l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione dei Lavori una relazione geologica del materiale presente nelle aree interessate dai lavori a firma di tecnico abilitato riportante anche la descrizione dei saggi esplorativi effettuati ed i certificati di laboratorio delle prove eseguite sui campioni di terra prelevati nelle suddette aree.

Sulla base delle risultanze della suddetta documentazione la Direzione Lavori provvederà ad indicare i siti interni alle aree interessate dai lavori da cui prelevare i terreni per la formazione degli argini.

Nel caso la terra provenga da cave di prestito prima di iniziare la coltivazione della cava, l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione dei Lavori la seguente documentazione a firma di tecnico abilitato:

- relazione descrittiva riportante l'ubicazione della cava, calcolo del quantitativo di terra escavabile (da cui si evidenzia la disponibilità sufficiente per l'esecuzione dei lavori), corografia del sito in scala 1:25'000, e programma di coltivazione della cava stessa;
- relazione relativa alla esecuzione di saggi mediante escavatore fino al piano di massimo scavo (almeno uno ogni 2000 m<sup>3</sup> ed ogni qualvolta cambiano le caratteristiche della terra) e al prelievo di campioni da inviare al laboratorio prove;
- relazione geologica del sito riportante anche la descrizione dei saggi esplorativi effettuati ed i certificati di

laboratorio delle prove eseguite sui campioni di terra prelevati nella cava.

Gli oneri per la predisposizione della documentazione di cui sopra sono a carico dell'Appaltatore.

La Direzione Lavori sulla base della documentazione fornita autorizzerà l'Appaltatore all'uso della terra proveniente dalla suddetta cava di prestito. Inoltre l'Appaltatore dovrà provvedere al deposito nell'area di cantiere di 5 m<sup>3</sup> di materiale proveniente dalla stessa cava di prestito. Il campione di 5 m<sup>3</sup> di terra, depositato in cantiere prima dell'inizio dei lavori di costruzione dell'argine, se accettata dalla Direzione Lavori e contrassegnato da una sigla distintiva, sarà utilizzato per valutare in modo semplice ed immediato durante i lavori la qualità della terra impiegata nella costruzione dell'argine. Se, durante la coltivazione della cava, la terra non presentasse più i requisiti richiesti l'Appaltatore dovrà abbandonarla e provvedere immediatamente alla sua sostituzione. Ogni qualvolta l'Appaltatore debba iniziare la fornitura di una terra proveniente da una nuova cava di prestito sarà obbligato alla presentazione di tutta la documentazione e le prove di laboratorio. L'indicazione della cava di prestito della terra prodotta dall'Appaltatore, anche se accettata dal Direttore dei Lavori, non è vincolante per l'Amministrazione Appaltante ai fini del prezzo unitario contrattuale offerto per la fornitura e posa in opera che rimane, dunque, fisso ed invariabile indipendentemente dalle possibili variazioni del sito di cava. Quindi, l'Amministrazione Appaltante non riconoscerà all'Appaltatore nessun onere per eventuali maggiori costi che questa dovrà accollarsi per maggiori distanze di trasporto, per cave o siti di prestito diversi da quelli preventivati per qualsiasi causa ciò sia dovuto, compresa la mancata concessione alla coltivazione.

Nel caso la terra sia fornita dall'Impresa e sia proveniente da altri cantieri le caratteristiche e l'idoneità del materiale per la costruzione degli argini sarà accertata mediante le prove di laboratorio condotte su campioni prelevati in cantiere nel sito di produzione, sia dal punto di vista chimico-fisico che geotecnico. Le analisi chimico-fisiche saranno quelle necessarie a stabilire la computabilità delle terre con il sito di destinazione (art. 4 D.P.R. 120 del 13/06/2017).

In ogni caso sono richieste almeno le seguenti prove di carattere geotecnico:

- peso di volume e peso di volume saturo;
- limiti di Atterberg;
- analisi granulometrica estesa (setacci+sedimentazione);
- classificazione CNR UNI 10006;
- determinazione contenuto d'acqua naturale;
- prova di compattazione Proctor modificata (ASTM D1557 e AASHTO T180);
- prova edometrica, prova di permeabilità, prova di taglio diretto consolidato drenato (CD) e prova di compressione con espansione laterale libera (ELL) limitatamente ai materiali coesivi e semi coesivi prelevati dal campione dopo la esecuzione della prova tipo Proctor modificata (ASTM D1557 e AASHTO T180) e compattati al 85% della densità massima (+ 2%).

Le suddette prove di accettazione e di controllo verranno eseguite ogni 2000 m<sup>3</sup> di terra fornita e posta in opera ed ogni qualvolta vari la natura o la provenienza della terra a discrezione della Direzione Lavori. Tutta la terra che in base alle prove di controllo risulti avere caratteristiche fisico-meccaniche, in relazione all'impiego per rilevati arginali, peggiori di quelle del campione accettato dalla Direzione dei Lavori, dovrà essere rimossa ed allontanata immediatamente dal cantiere a totale cura e spese dell'Impresa.

Le prove di accettazione e di controllo, necessarie per verificare la qualità delle terre fornite, sarà sempre a totale cura e spesa dell'Appaltatore.

- SCOGLIERE IN MASSI CICLOPICI

#### Pietre naturali

Le pietre naturali da impiegare nelle scogliere ed in qualunque altro lavoro, dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate.

Le pietre per le murature faccia a vista dovranno essere del tutto affini, per aspetto e natura litologica, a quelle impiegate nella zona per manufatti analoghi, restando escluse quelle marnose e quelle gelive o comunque alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

Dovranno avere grana compatta, essere monde da cappellaccio ed esenti da piani di sfaldamento, screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; dovranno inoltre offrire una resistenza proporzionata all'entità della sollecitazione cui saranno assoggettate ed avere un'efficace adesività alle malte.

I conci o le lastre dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego e dovranno essere sgrossate con il martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei

piani di contatto in modo da permettere lo stabile assestamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

Gli elementi lapidei per i rivestimenti spondali e d'alveo dovranno essere costituiti da massi in roccia silicea o calcarea compatta e uniforme, non geliva, fortemente resistente all'abrasione, con buona resistenza alla compressione. Dovranno essere sani, privi di fratture e di parti alterate e dovranno avere dimensioni e pesi conformi a quanto previsto nei disegni di progetto, nell'apposito articolo del presente Disciplinare e nelle apposite voci di Elenco Prezzi.

#### Scogliere fluviali

I massi naturali utilizzati per la costruzione dell'opera dovranno corrispondere ai requisiti essenziali di compattezza, omogeneità e durabilità; dovranno inoltre essere esenti da giunti, fratture e piani di sfalsamento e rispettare i seguenti limiti:

- massa volumica:  $\geq 24 \text{ kN/m}^3$  (2400 kgf/m<sup>3</sup>);
- resistenza alla compressione:  $\geq 80 \text{ MPa}$  (800 kgf/cm<sup>2</sup>);
- coefficiente di usura:  $\leq 1,5 \text{ mm}$ ;
- coefficiente di imbibizione:  $\leq 5\%$ ;
- gelività: il materiale deve risultare non gelivo.

Le scogliere fluviali dovranno essere costituite da massi di roccia calcarea o silicea, non gelivi, non dovranno presentare notevoli differenze nelle tre dimensioni e dovranno risultare a spigolo vivo e squadriati, compatti e fortemente resistenti all'abrasione, di peso compreso tra 1.0 e 3.0 t, provenienti da idonee cave di prestito site a qualsiasi distanza.

In particolare tali materiali lapidei dovranno possedere requisiti conformi a quanto prescritto nell'articolo del presente Disciplinare relativo alle pietre naturali.

#### Prove di accettazione e controllo

Prima di essere posto in opera, il materiale costituente la difesa dovrà essere accettato dalla Direzione Lavori che provvederà per ogni controllo a redigere un apposito verbale.

Dovrà essere eseguito almeno un controllo di accettazione per ogni 2000 m<sup>3</sup> di materiale lapideo da utilizzare: l'esito di tale controllo sarà vincolante per l'accettazione della partita relativa al suddetto tratto di opera.

L'Impresa dovrà inoltre attestare, mediante idonei certificati a data non anteriore ad un anno, le caratteristiche del materiale. Tali certificati potranno altresì valere come attestazioni temporanee sostitutive nelle more dell'esecuzione delle prove di durata sui campioni prelevati.

Il controllo consisterà nella individuazione da parte della Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, di almeno dieci massi che dovranno essere singolarmente pesati.

La partita non verrà accettata se il peso di un solo masso verificato risulterà inferiore al peso minimo previsto in progetto.

Se la verifica avrà invece esito positivo, si procederà al prelievo di campioni da inviare ad un laboratorio ufficiale per l'esecuzione delle prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale da porre in opera.

Le prove relative alla determinazione delle caratteristiche fisiche dei massi naturali (determinazione del peso specifico, del coefficiente di imbibizione e della gelività) saranno effettuate, a carico dell'Impresa, seguendo quanto riportato al Capo II delle "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" di cui al R.D. 2232 16/11/1939; per le prove di resistenza meccanica (resistenza alla compressione e all'usura per attrito radente), si farà riferimento al Capo III della stessa normativa.

L'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori i certificati del laboratorio ufficiale relativi alle prove sopra indicate, che dovranno dimostrare il rispetto dei limiti imposti dal Capitolato. Se i risultati delle misure o delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale, per la quantità sotto controllo, verrà scartato con totale onere a carico dell'Impresa.

Tutti gli oneri derivanti dalla necessità di eseguire le prove di accettazione saranno a carico dell'Impresa.

Per i massi artificiali le prove di accettazione e controllo saranno eseguite sulla base delle modalità contenute nell'allegato 2 del Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 9/1/1996.

In particolare le metodologie di controllo da adottarsi saranno quelle previste per il "TIPO A".

I risultati delle suddette prove dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori prima della messa in opera dei massi. Qualora i risultati delle prove fossero negativi, l'intera partita controllata sarà scartata con totale onere a carico dell'Impresa. La presenza di tutte le certificazioni previste nel presente paragrafo risulterà vincolante ai fini della collaudabilità dell'opera.

La Direzione dei Lavori potrà ordinare la prova di resistenza del materiale all'urto, all'abrasione, alla gelività etc. in base alle norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione di cui al R.D. 2232 del 16/11/1939.

▪ **GEOTESSILI E GEOCOMPOSITI**

Geotessili in tessuto non tessuto

Il geotessile è costituito da un tessuto non tessuto termosaldato costituito da filamenti continui *spunbonded* di fibre al 100% di bipolimero coestruso di poliolefine (70% nucleo in polipropilene e 30% rivestimento esterno in polietilene) di colore bianco. L'unione delle fibre deve essere ottenuta mediante termosaldatura con esclusione di colle, altri componenti chimici e di alcun processo di agugliatura. Il geotessile dovrà essere isotropo, atossico, completamente imputrescibile, resistente agli agenti chimici presenti nei terreni nelle normali concentrazioni, inattaccabile da insetti, muffe e microrganismi, compatibile con la calce ed il cemento, e rispondere alle seguenti caratteristiche minime: resistenza a trazione (L/T) =25kN/m (UNI EN ISO 10319:2015).

Il tessuto non tessuto dovrà essere in filo continuo, in rotoli o fogli dello spessore mm 1,0 (80 g/m<sup>2</sup>) marchiato CE EN 13251:2016.

Il materiale verrà fornito imballato, in rotoli di larghezza di 5 m. Il materiale verrà steso manualmente avendo cura di evitare la formazione di ondulazioni o grinze e sovrapponendo i teli contigui per una larghezza pari ad almeno a 20 cm.

*Prove di accettazione e controllo*

Il fornitore, se in certificazione di qualità ISO-EN 9002 come distributore di geosintetici, dovrà produrre per la DL una certificazione delle caratteristiche suddette dichiarando, inoltre, il nome del produttore, il luogo di destinazione delle merci, la ditta esecutrice dei lavori e le quantità fornite.

La ditta produttrice dovrà essere certificata ISO-EN 9002 altrimenti la D.L. darà disposizioni circa il prelievo di campioni per verificare il rispetto delle enunciate normative. In caso di azienda fornitrice non certificata ISO-EN 9002 a tale scopo, le caratteristiche suddette saranno testate in laboratorio qualificato con minimo una prova per ogni caratteristica da certificare, per ogni lotto di materiale consegnato, oppure certificate dal produttore stesso allegando copia della sua certificazione di qualità ISO-EN 9002.

Georeti tridimensionali antierosione

La georete dovrà essere costituita dall'accoppiamento di una stuoia tridimensionale in nylon e da una griglia in poliestere.

La stuoia dovrà essere costituita da monofilamenti in poliammide trattati al carbon black e strutturata in due parti termosaldate fra loro nei punti di contatto: la parte superiore a maglia tridimensionale con indice alveolare maggiore del 90%, la parte inferiore a maglia piatta. Il polimero di cui è composta la georete dovrà avere una temperatura di fusione >200°C ed una densità di 11,4 kN/m<sup>3</sup> (1140 kgf/m<sup>3</sup>). La griglia di rinforzo sarà realizzata in poliestere, mediante tessitura di fibre ad elevato modulo.

La georete dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- resistenza a trazione (secondo norma DIN 53857): 30 kN/m (3,000 kgf/m)
- resistenza caratteristica per una vita di 120 anni:  $\geq 20$  kN/m (2,200 kgf/m)
- spessore minimo: 15 mm
- *creep* dopo due anni per un carico pari al 50% della resistenza ultima a trazione:  $\leq 1\%$

La georete dovrà avere bassa infiammabilità e bassa produzione di fumo; dovrà inoltre essere imputrescibile ed atossica.

Le caratteristiche meccaniche della georete dovranno essere documentate con un certificato ufficiale tipo BBA, che dovrà riportare, fra l'altro, la curva di creep e i coefficienti di sicurezza per una durata di 120 anni.

*Prove di accettazione e controllo*

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà presentare all'Ufficio di Direzione Lavori i certificati rilasciati dal Costruttore che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali.

Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori verificherà comunque la rispondenza del materiale ai requisiti prescritti, prelevando dei campioni di materiale in quantità tale da poter effettuare almeno una serie di prove di controllo ogni 1000 metri quadrati di telo da posare e almeno una per quantità globale inferiore. Se i risultati delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale cui la prova si riferisce verrà scartato.

Di tutte le operazioni di controllo, di prelievo e di verifica verranno redatti appositi verbali firmati in contraddittorio con l'Impresa; in mancanza di tali verbali, l'opera non potrà essere collaudata.

#### Geomembrane impermeabili

La geomembrana impermeabile sarà costituita da una armatura in geotessile tessuto in HDPE laminata più volte con un film in LDPE, stabilizzato ai raggi U.V.. La geomembrana dovrà essere imputrescibile ed atossica e dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- |   |  |
|---|--|
| - grammatura (DIN 53854):   | ≥ 2,8 N/m <sup>2</sup> (0,28 kgf/m <sup>2</sup> ); |
| - spessore (DIN 53855):   | ≤ 0,45 mm  |
| - resistenza a trazione longitudinale (DIN 53857):                  | ≥ 24 kN/m (2400 kgf/m)                             |
| - resistenza a trazione trasversale (DIN 53857):                    | ≥ 24 kN/m (2400 kgf/m)                             |
| - allungamento a rottura longitudinale (DIN 53857):                 | ≤ 20%  |
| - allungamento a rottura trasversale (DIN 53857):                   | ≤ 20%  |
| - resistenza a lacerazione in senso longitudinale (ASTM D 4533-85): | ≥ 180 N (18 kgf)                                   |
| - resistenza a lacerazione in senso trasversale (ASTM D 4533-85):   | ≥ 180 N (18 kgf)                                   |
| - penetrazione del cono (EMPA):                                     | ≤ 20 mm  |
| - resistenza alla prova CBR (DIN 54307 A):                          | ≥ 3 kN (300 kgf)                                   |

#### Prove di accettazione e controllo

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, dovrà presentare all'Ufficio di Direzione Lavori i certificati rilasciati dal Costruttore che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali.

Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori verificherà comunque la rispondenza del materiale ai requisiti prescritti, prelevando dei campioni di materiale in quantità tale da poter effettuare almeno una serie di prove di controllo ogni 1000 metri quadrati di telo da posare e almeno una per quantità globale inferiore. Se i risultati delle prove di laboratorio non rispetteranno i limiti prescritti, il materiale cui la prova si riferisce verrà scartato.

Di tutte le operazioni di controllo, di prelievo e di verifica verranno redatti appositi verbali firmati in contraddittorio con l'Impresa; in mancanza di tali verbali, l'opera non potrà essere collaudata.

#### ▪ MISCELA DI SEMENTE PER ARGINI E SCARPATE

La miscela di sementi per gli argini e le scarpate deve essere così composta:

- |                              |     |
|------------------------------|-----|
| - <i>Lolium Italicum</i>     | 10% |
| - <i>Lolium Perenne</i>      | 20% |
| - <i>Festuca Arundinacea</i> | 30% |
| - <i>Festuca Rossa</i>       | 40% |

La quantità di semina è pari a 80/120 kg di miscela per ettaro.

Per il seme l'Impresa è libera di approvvigionarsi dalle ditte specializzate di sua fiducia; dovrà però dichiarare il valore effettivo o titolo della semenza, oppure separatamente il grado di purezza ed il valore germinativo.

L'Impresa dovrà fornire sementi selezionate e rispondenti esattamente a genere, specie e varietà richieste, sempre nelle confezioni originali sigillate e 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 sulla certificazione E.N.S.E. (Ente Nazionale Sementi Elette).

## ART. 10. NORME TECNICHE ZINCATURA

La presente norma tecnica tratta i metodi di zincatura da impiegare per proteggere dalla corrosione i materiali metallici. Tale tipo di trattamento sarà adottato quando le verniciature indicate nei paragrafi precedenti non danno sufficienti garanzie sia in relazione al tipo di aggressione ambientale sia in relazione alle funzioni assegnate alle strutture metalliche da proteggere. La zincatura dovrà essere effettuata a caldo per immersione. I pezzi da zincare

devono essere preventivamente puliti e sgrassati in superficiale con adeguato degasaggio. Dopo la zincatura i pezzi non devono essere assoggettati a trattamenti termici. Sugli oggetti filettati, dopo la zincatura, non si devono effettuare ulteriori operazioni di finitura per mezzo di utensili.

#### Bagno di zinco

I pani di zinco da adoperare per la preparazione del bagno non devono contenere impurità superiori a quelle dello zinco tipo Zn A 99, 90 UNI 2013. Nel bagno di zinco potrà essere aggiunto alluminio o altri elementi secondo la necessità del procedimento, in ogni caso il grado di purezza del bagno di zinco non dovrà essere inferiore alla purezza dello zinco Zn A 98, 25 UNI 2013.

#### Spessore dello zinco

Lo spessore dello strato di zinco sarà rispondente a quanto riportato all'articolo 2.1.05 delle norme CEI 7-8 edizione VII 1968- fascicolo 239.

#### Oggetti filettati

Sugli oggetti filettati dopo la zincatura, non devono essere effettuate ulteriori operazioni con utensili da taglio o qualsiasi altra operazione di finitura. L'eccesso di zinco sulle filettature di pezzi zincati a caldo deve essere eliminato mediante centrifugazione. Per le parti filettate di pezzi che si devono avvitare tra di loro e trattate con zincatura a caldo, si deve tenere in debito conto del sovrappessore prodotto dalla zincatura, al fine di ottenere un buon accoppiamento senza che si verifichino grippature o che si abbiano eccessivi giochi lungo gli assi delle filettature.

#### Dadi e viti

Nel caso specifico di dadi trattati con zincatura occorre maggiorare il diametro fino ad un massimo di 0,8 mm, ed aumentare l'altezza senza in modo da non diminuire la loro resistenza allo strappamento (prova di trazione). Per le viti ed i dadi a tabelle UNI, è lasciata al fornitore la possibilità di adottare la zincatura elettrolitica passivata al cromo. In ogni caso il deposito di zinco sulle parti filettate dovrà essere il massimo consentito dai loro diametri nel pieno rispetto delle tolleranze previste.

#### Zincatura dei giunti di saldatura

Per le giunzioni eseguite per saldatura si dovrà procedere al ripristino della zincatura, secondo le modalità appresso indicate:

- rimuovere lo zinco pre-esistente per una lunghezza non inferiore a 10 cm;
- pulire e irruvidire la superficie scoperta mediante spazzolatura meccanica;
- metallizzare le superfici mediante spruzzo di particelle di zinco allo stato plastico fino a raggiungere uno spessore non inferiore a 40 µm.

*Per maggiori dettagli su prescrizioni tecniche e qualità dei materiali si rimanda ai disciplinari tecnici allegati al progetto in particolare: disciplinare opere civili, disciplinare opere idrauliche, disciplinare opere elettriche; che fanno parte integrante del presente capitolato speciale per le prescrizioni di dettaglio.*

## **ART. 11. MOTORI ELETTRICI**

#### Tensione di funzionamento

La tensione nominale dei motori, se non diversamente definita sarà di 400 V per motori fino a 225kW.

#### Tipi di servizio

Tutti i motori dovranno essere previsti per il tipo di servizio continuo, ossia la macchina dovrà poter funzionare alla sua potenza nominale per un tempo illimitato.

#### Tipo di protezione

I motori installati all'aperto saranno stagni con grado di protezione IP 55 e saranno trattati con vernice resistente alle intemperie e agli agenti atmosferici atti a garantire una durevole protezione alla corrosione. I motori installati all'interno dovranno avere grado di protezione IP 55 e saranno dotati di trattamento anticorrosivo.

Tutti i motori saranno dotati di relè di massima corrente e di massima tensione a protezione degli avvolgimenti: Le protezioni dei motori saranno alloggiare nel quadro generale di comando.

I motori dovranno essere protetti da sovraccarichi di durata apprezzabile (anche per l'eventuale mancanza di una fase) a mezzo di relè termici con sonde termostatiche incorporate nell'avvolgimento.

Tutti i motori saranno sezionabili localmente tramite interruttori sotto carico lucchettabile nella posizione di zero. Gli interruttori saranno alloggiati all'interno di contenitori in resina stagli muniti di tettuccio spiovente. I selettori saranno IP 65 e saranno dotati di tre posizioni 0/Automatico/Manuale.

Presso ciascuna installazione verrà previsto apposito pulsante a fungo di emergenza che permetterà di togliere localmente tensione alle utenze.

#### Potenza

La potenza resa dal motore sarà uguale a quella richiesta dalla macchina operatrice (eventuali ausiliari accoppiati inclusi) alle condizioni di progetto, maggiorate dei seguenti coefficienti:

- motori fino a 25 CV            18,5 Kw            15%
- motori da 30 a 75 CV        22 - 50 Kw        10%
- motori da 100 CV e oltre    75 Kw e oltre    8%

Per i motori elettrici si terrà debitamente conto della declassazione per la temperatura ambiente conformemente alle norme vigenti.

Per i motori accoppiati alle pompe sommergibili o di tipo monoblocco o in genere (tipo dosatrici) la potenza sarà quella standard del Costruttore.

#### Isolamento

I motori dovranno essere isolati in classe F.

### **1 DOCUMENTAZIONE DEFINITIVA OPERE ELETTROMECCANICHE DI DETTAGLIO CHE L'IMPRESA DOVRA' PRESENTARE**

A montaggi ultimati dovrà essere prodotta la seguente documentazione:

- distinta definitiva con gli elenchi di individuazione delle apparecchiature elettromeccaniche e della strumentazione;
- schemi di collegamenti primari e secondari relativi alla strumentazione;
- schemi dei collegamenti primari e secondari relativi alla strumentazione;
- schemi elettrici di principio definitivi;
- schemi elettrici topografici con l'indicazione delle connessioni tra i diversi elementi di un'apparecchiatura o di un impianto, rispettando le loro posizioni reciproche, mettendo in particolare rilievo i terminali e le morsettiere, indicando i tipi conduttori; nello schema sarà riportata l'indicazione di ogni polo di morsettiere, con il relativo numero di contrassegno che sarà lo stesso di quello effettivamente messo in opera; lo schema di montaggio sarà adottato sia per i circuiti di potenza che per quelli di comando, di misura, di protezione, etc.;
- schemi elettrici funzionali;
- disegni costruttivi dei macchinari e delle apparecchiature;
- elenchi parte di ricambio;
- istruzioni di manutenzione.

### **2 OPERE ELETTRICHE**

Se non altrimenti indicato, l'installazione ed i materiali relativi saranno in conformità con la più recente edizione delle seguenti Norme CEI ( Comitato Elettrotecnico Italiano), e relativi supplementi:

- CEI 7 - 6            Controllo della zincatura a caldo per immersione;
- CEI 99-2 e 99-3    Norme generali per gli impianti a tensione maggiore di 1 kV\_ in c.a.;
- CEI 20 - 12        Cavi isolati con gomma o con polivinilico, con Gi non superiore a 3 KV;
- CEI 20 - 13        Cavi isolati con gomma butilica e cavi isolati con etilene-propilene EPR, per sistemi da 1 a 20 kV;
- CEI 20 - 14        Cavi isolati con polivinilcloruro di qualità R2, per sistemi elettrici da 1 a 20 kV;
- CEI 20 - 24/33    Giunzioni e terminazioni per cavi d'energia;
- CEI 20 - 21        Portata in regime permanente dei cavi elettrici;
- CEI 20 - 22        Prova dei cavi non propaganti l'incendio;
- CEI 23 - 7        Tubi protettivi di acciaio smaltato;
- CEI 23 - 8        Tubi protettivi rigidi in polivinilcloruro e accessori;
- CEI 64 - 8        Impianti elettrici utilizzatori a V nominale non superiore a 1000 V c.a.;
- UNEL 95100        Custodie ed accessori di sicurezza a prova di esplosione. Bocchettoni maschio e femmina;
- UNEL 95101        c.s. Bocchettoni femmina e femmina;



- UNEL 95103 c.s. Riduzioni ad anello maschio e femmina;
- UNEL 95104 c.s. Manicotti di riduzione femmina e femmina;
- UNEL 95105 c.s. Riduzione a bicchiere femmina o maschio;
- UNEL 95106 c.s. Raccordi di infilaggio;
- UNEL 95107 c.s. Tappi maschio;
- UNEL 95108 c.s. Manicotti femmina e femmina.

*Ed, in ogni caso, in conformità alle norme e direttive della CEE vigenti alla data di attuazione delle opere.*

#### Quadri di media/bassa tensione ed ausiliari per le cabine elettriche

I quadri elettrici rispetteranno i requisiti tecnici delle specifiche di fornitura riportate negli elaborati di progetto, in particolare, riguardo la loro installazione questo avverrà secondo le seguenti fasi:

- scarico dai mezzi di trasporto e sistemazione nelle cabine elettriche di tutti i quadri e dei materiali sciolti. Qualora le aree non fossero disponibili rientra negli oneri dell'appaltatore la sistemazione degli stessi ad area deposito ed il successivo trasporto nelle cabine elettriche;
- sistemazione a pavimento nella cabina elettrica, dei ferri di base e di appoggio quadri, costituiti da profilati, sistemati livellati e fissati sul grezzo delle solette, prima della pavimentazione definitiva, per mezzo di tirafondi o zanche annegate nei getti;
- installazione sui ferri di base di cui sopra, di tutti gli scomparti di media tensione, degli scomparti di bassa tensione e dei quadri ausiliari sciolti, provvedendo alla loro ricomposizione ed assiematura secondo le indicazioni dei disegni (schemi complessivi);
- sistemazione e fissaggio dei vari scomparti sui ferri di base con impiego di bulloneria e adatti spessori di livellamento complementari;
- montaggio dei componenti forniti sciolti, smontati in fabbrica per il trasporto (barrature principali), barrette ausiliarie, morsettiere, connettori, filiere provvedendo alla esatta ricostruzione secondo gli schemi forniti dal costruttore;
- collegamento alla rete di terra di tutti i quadri con conduttori di sezione adeguata;
- infilaggio negli appositi scomparti degli interruttori di media e bassa tensione, dopo averne accertato la corrispondenza come portate, tarature, tipi conformazione alle indicazioni riportate sugli schemi.

#### Trasformatori

Le opere per installazione dei trasformatori nelle cabine elettriche comprenderanno le seguenti fasi:

- scarico delle macchine dagli automezzi e loro sistemazione in cabina elettrica. Qualora le aree di cabina non fossero disponibili rientra negli oneri dell'Appaltatore la sistemazione in zona deposito dei trasformatori e la loro successiva movimentazione per la posa in opera;
- fissaggio dei trasformatori alle guide in profilato predisposte a pavimento provvedendo, per ciascuna macchina, alla costruzione di 4 staffe a squadra in profilato di sezione idonea, imbullonate sul lato verticale al telaio di supporto delle ruote e sul lato orizzontale alle guide stesse.

#### Collegamento ausiliari trasformatore

Si devono prevedere i collegamenti ausiliari con cavetti multipolari protetti in canalette o tubazioni metalliche zincate e/o tubi zincati, divisi per circuiti e destinazioni, collegati tra il trasformatore, quadri B.T., M.T. e ausiliari come risulta da tabella cavi completi di conduttori di messa a terra.

#### Messa a terra trasformatore

I trasformatori, indipendentemente dalla loro potenza saranno collegati a terra ciascuno in due punti diametralmente opposti, imbullonati su un lato al collettore di terra di cabina e dall'altro ai bulloni di messa a terra già predisposti a bordo delle macchine e delle intelaiature.

Inoltre, la messa a terra dei centri stella trasformatori avverrà con corda di rame (come previsto in progetto) direttamente connessi al collettore di terra della cabina.

## CAPO 2. NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### ART. 12. SCAVI

#### A) NORME GENERALI

La rottura delle pavimentazioni e l'esecuzione degli scavi devono essere eseguite in base alle disposizioni impartite dalla Direzione Lavori con particolare riferimento alle larghezze ordinate per il fondo scavo.

In particolare si sottolinea che devono essere presi tutti i provvedimenti necessari (sostegni, sbadacchiature ecc.) perché le pareti dello scavo siano verticali e parallele fra loro con una larghezza uguale a quella ordinata per il fondo dello scavo stesso. Qualora per scelta esclusiva dell'Impresa nell'esecuzione dei lavori non fossero rispettate queste indicazioni, non verranno riconosciute in sede di contabilizzazione quantità eccedenti quelle ordinate e calcolate in base alla misura di fondo scavo.

L'Appaltatore è tenuto ad adottare tutti quei sistemi e mezzi che risultino più convenienti ai fini dell'economia generale delle opere e che siano idonei alla sicurezza, alla buona riuscita ed al regolare andamento dei lavori.

In particolare l'Appaltatore dovrà di norma utilizzare escavatori meccanici di adeguata potenza ed ingombro, il cui uso potrà peraltro non essere consentito sia in considerazione di esigenze di lavoro che richiedano una particolare cautela nelle operazioni di scavo, che laddove sia materialmente impossibile l'impiego di mezzi meccanici, senza che l'Appaltatore possa sollevare o pretendere compensi o prezzi diversi da quelli appositamente contemplati nell'elenco prezzi per l'esecuzione degli scavi.

In ogni caso, l'Appaltatore rimane l'unico responsabile di qualsiasi danno arrecato da mezzi meccanici e personale operante a condutture, cavi, manufatti sotterranei o fuori terra, sollevando la Stazione Appaltante da qualsiasi addebito.

Saranno a cura e spese dell'Appaltatore gli accertamenti necessari per conoscere l'esatta ubicazione di tutti i sottoservizi esistenti, presso gli uffici tecnici dei vari utenti del sottosuolo.

Particolare cura dovrà porre l'Appaltatore allo scopo di non danneggiare le tubazioni e le canalizzazioni di qualsiasi genere che potranno incontrarsi negli scavi, impiegando, a sua cura e spese, sostegni, puntelli, sbadacchiature, ecc., affinché i suddetti sottoservizi siano mantenuti con assoluta sicurezza nella loro primitiva posizione.

In particolare le canalizzazioni delle fognature saranno sempre lasciate in sito. Ove ciò non fosse possibile l'Appaltatore dovrà provvedere a mantenere il deflusso delle acque con raccordi provvisori durante tutto il periodo dei lavori, fino al rifacimento della condotta fognaria con materiali e diametri analoghi a quelli preesistenti, gli oneri suddetti risultano compresi e compensati nei prezzi di elenco relativi al rifacimento di fognature. Il rifacimento delle fogne demolite sarà completamente a carico dell'Appaltatore nei casi in cui si riscontri negligenza nell'operare od altro ingiustificato motivo che abbia portato alla demolizione.

Le pareti degli scavi non dovranno presentare blocchi sporgenti o massi pericolanti, che dovranno in ogni caso essere asportati a cura e spese dell'Appaltatore.

Nel caso di scavi profondi più di m 1,50 l'Appaltatore dovrà obbligatoriamente ottemperare, a sua cura e spese, al disposto della sez. III D.Lgs. 81/2008, *"Nello scavo di pozzi o trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno. Le tavole di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi di almeno cm 30"*.

Qualora per la natura e la consistenza del materiale da scavare, o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbadacchiare ed armare le pareti degli scavi per profondità anche minori di m 1,50, l'Appaltatore dovrà provvedervi di propria iniziativa e sempre a proprie spese.

Tutte le suddette puntellature dovranno essere in grado di sostenere gli eventuali carichi stradali agenti in prossimità del bordo dello scavo, nonché le attrezzature ed i materiali necessari per l'esecuzione delle opere anch'essi insistenti in prossimità dello scavo stesso. In particolare dovranno preferibilmente essere adottate tutte quelle attrezzature e macchinari che permettano di armare le pareti degli scavi tramite la messa in opera di puntellature metalliche ad azionamento meccanico o pneumatico, senza l'intervento diretto di alcun operatore a trincea aperta e non ancora armata.

Nel corso del riempimento degli scavi l'Appaltatore dovrà recuperare le puntellature precedentemente installate. Qualora per opere di consolidamento degli scavi siano impiegati puntelli e tavole in legno, quel legname che non

potesse essere tolto senza pericolo per le persone o danno per le opere dovrà essere abbandonato, senza che per l'uno o per l'altro caso spetti all'Appaltatore alcun speciale compenso, essendo tali oneri, come quelli in precedenza citati per puntellature meccaniche, già valutati e quindi compresi nei prezzi di elenco per gli scavi.

Lungo le strade di ogni genere e categoria sia durante l'esecuzione dei lavori per l'apertura degli scavi, sia per tutto il tempo in cui questi resteranno aperti, l'Appaltatore dovrà adottare tutte le precauzioni necessarie per garantire la libertà e la sicurezza del transito ai pedoni e ai veicoli. Per questo l'Appaltatore è obbligato a collocare ponteggi o trabattelli, passerelle, barriere, segnali stradali e di avviso ovunque se ne presenti la necessità, oltre a tutto quanto occorra a scopo di sicurezza per l'osservanza del Nuovo Codice della Strada (D.L. 285 del 30/4/1992 e D.P.R. 495 del 16/12/1992), e per quanto venisse particolarmente indicato dall'Ente appaltante e/o da altri Enti di competenza (A.N.A.S., Provincia, Polizia Municipale, ecc.).

Particolare attenzione dovrà essere prestata nell'installazione di barriere a protezione degli scavi, che dovranno rispondere alle prescrizioni della normativa vigente ed essere continuamente supervisionate e, nel caso, prontamente ripristinate e sostituite. Si dispone che l'Appaltatore debba prevedere un servizio in tal senso che copra anche le ore non lavorate dei giorni feriali e gli interi giorni festivi; di tale onere è stato tenuto conto nell'individuare i prezzi sulla base dei quali è stato redatto il computo di progetto.

Prima di procedere alle operazioni di scavo, l'Appaltatore dovrà effettuare a sua cura e spese il tracciamento delle opere d'arte sulla base degli elaborati progettuali (planimetrie, profilo, sezioni), in modo da individuare preventivamente la posizione ed i piani di posa previsti in progetto. In particolare, l'Appaltatore, una volta ricevuta la consegna dei lavori, effettuerà per prima cosa il tracciamento dell'opera apponendo i picchetti e le modine per l'asse (i.e. reti fognarie), per le sezioni e per le opere d'arte così da individuare eventuali discordanze dal progetto, dopodiché dovrà provvedere a sua cura e spese al mantenimento dei picchetti fino all'ultimazione dei lavori. Si precisa che all'atto della consegna di ogni singolo lavoro ordinato dalla Stazione Appaltante, l'Appaltatore sarà fornito della planimetria di progetto (se il lavoro riguarda piccoli estendimenti) e dei dati necessari affinché si possano stabilire le livellette dello scavo.

L'Appaltatore dovrà, inoltre, provvedere a mantenere a sua cura e spese l'aggettamento ed il deflusso naturale delle acque di qualsiasi provenienza, avendo cura di togliere ogni impedimento che ne ostacoli il deflusso ed ogni causa di rigurgito, adottando altresì ogni altro accorgimento atto allo scopo di evitare che le acque meteoriche, o quelle comunque scorrenti in superficie, si riversino negli scavi.

La gestione delle acque di drenaggio e delle acque di scarico in fognatura dovrà avvenire in conformità alle autorizzazioni rilasciate da Enti competenti (ATO3, ASL, ARPAT, Provincia Firenze, Comune), tali autorizzazioni saranno ottenute di urgenza dall'Impresa esecutrice prima dell'inizio lavori. Della gestione delle acque di drenaggio e di scarico sarà responsabile l'Appaltatore che dovrà provvedere durante le lavorazioni alla verifica del rispetto dei limiti imposti.

L'Appaltatore dovrà assicurare che scavi e presbancamenti non comportino dissesti e frane sulle superfici circostanti l'area occupata dal cantiere. L'Appaltatore dovrà operare nei limiti della fascia di occupazione prevista in fase di progetto, rimanendo stabilito che in caso di eventuali danni arrecati alla proprietà al di fuori della suddetta fascia, questi ultimi saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Ogni onere relativo a quanto sopra specificato è compreso e compensato nei prezzi relativi agli scavi presenti nell'Elenco prezzi.

## **B) TIPICI DI SCAVI**

**Scavi di sbancamento:** sono quelli in cui la superficie orizzontale è preponderante rispetto alla profondità dello scavo, e tale sezione consentirà l'accesso ai mezzi di trasporto sino al fronte di scavo (accesso diretto o a mezzo di rampe provvisorie), in modo che il materiale scavato venga caricato direttamente sui mezzi di trasporto. In genere si ricorre a questi tipi di scavo aperto quando è necessario eseguire scavi su vasta superficie quali quelli per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere le costruzioni, per tagli di terrapieni e per la realizzazione di fondazioni a platea.

In progetto è previsto il presbancamento ed in esso si intende compreso ogni onere sia per trasporto e per l'accumulo delle terre e materiali alle piazzole situate nell'area cantiere o in prossimità delle stesse, ma anche ogni altro onere connesso al mantenimento delle terre compresa la bagnatura, la copertura in teli e quanto occorra. Nei prezzi relativi al riempimento scavi è parimenti ricompreso ogni onere per carico del materiale terrigeno per riutilizzo dalle piazzole e trasporto e scarico fino a bordo scavo. Questi maggiori oneri sopra descritti sono da intendersi totalmente compresi nei prezzi, e non potrà essere riconosciuto alcun maggior onere all'appaltatore.

Scavi a sezione obbligata: si intendono quelli incassati in cui tutte e due le dimensioni orizzontali sono inferiori alla profondità per i quali, essendo il fondo del cavo inaccessibile ai mezzi di trasporto, occorrono due paleggiamenti per l'allontanamento dei materiali scavati: il primo per l'innalzamento dal piano di scavo al piano di carico e il secondo dal piano di carico fino all'automezzo di trasporto. Vale la suddivisione dei vari tipi di scavo così come prevista in computo metrico. Per scavi a sezione ristretta o in trincea si intendono quelli continui (correnti) di sezione trasversale ristretta per i quali, non essendo consentito ai mezzi di trasporto per il carico dei materiali l'accesso frontale al fondo del cavo, si rendono necessari due paleggiamenti come per lo scavo a sezione obbligata. In genere questi tipi di scavo vengono utilizzati per la posa di tubazioni, sottoservizi, ecc..

Vale quanto stabilito in Elenco prezzi e con la suddivisione prevista in computo metrico fra le tipologie di scavo, così come previsto in computo metrico estimativo compreso ogni maggior onere.

#### C) **MATERIALI DI RISULTA DEGLI SCAVI**

I materiali di risulta degli scavi saranno reimpiegati per la formazione dei rinterri così come previsto in progetto e secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

I materiali di risulta per i quali è previsto il reimpiego, nei termini di cui al suddetto paragrafo, saranno depositati lateralmente agli scavi e sistemati in modo da impedire che gli scavi stessi possano essere invasi dalle acque meteoriche superficiali o dagli scoscendimenti e smottamenti del materiale depositato.

L'area di cantiere, al fine di limitare le volumetrie in accatastamento, sarà suddivisa in 2 o 3 sub-aree oggetto di presbancamento avendo cura di rendere le pareti di presbancamento in stabilità e sicurezza. Il materiale scavato verrà approvvigionato in piazzole poste in prossimità come previsto negli elaborati di PSC e di progetto. L'accatastamento sarà realizzato per fasi in modo da limitare il quantitativo da conferire a discarica e limitare quindi al massimo il quantitativo di terre per i riempimenti da riportare da cava di prestito dopo eseguiti i manufatti. Nei prezzi relativi al riempimento scavi è ricompreso ogni onere per carico del materiale terrigeno per riutilizzo dalle piazzole e trasporto e scarico fino a bordo scavo. Ogni maggior onere sopra descritto è da intendersi totalmente compreso nei prezzi, e non potrà essere riconosciuto alcun maggior onere all'appaltatore.

La movimentazione del materiale scavato dovrà essere comunque gestita secondo il progetto approvato dagli Enti e l'Appaltatore è configurato come produttore del rifiuto e risulterà Responsabile della gestione terre e rifiuti. Il materiale scavato deve essere trasportato alle piazzole previste in progetto analizzato campionato suddiviso in funzione dei codici CER e verrà reimpiegato solamente quello catalogato e conforme, la restante parte dovrà essere smaltita in impianti di recupero o in discarica regolarmente autorizzati.

L'Appaltatore, nel suo stesso interesse, sarà anche tenuto a curare che il materiale di risulta non ostacoli le manovre degli operatori addetti alla realizzazione delle opere d'arte, a tal fine dovrà lasciare su ciascun lato dello scavo una striscia longitudinale di almeno m 2,20 libera da detriti o da altre materie per passaggio mezzi.

Qualunque danno si dovesse verificare in dipendenza della sistemazione del materiale di scavo dovrà essere prontamente riparato a cura e spese dell'Appaltatore, in modo da non intralciare l'ulteriore sviluppo dei lavori.

Tutti i materiali di risulta degli scavi, tranne quelli che eventualmente vengano reimpiegati per il rinterro, dovranno essere quindi trasportati fuori dal sito di produzione con apposita documentazione ed il materiale verrà pesato in ingresso all'impianto di recupero o discarica.

#### D) **SCAVI E CONFERIMENTI DISCARICA**

Verranno eseguiti rispettando scrupolosamente il progetto, il computo metrico, le sezioni ed il profilo indicati dalla Direzione Lavori e dagli allegati progettuali.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere ad informarsi presso i vari Enti utilizzatori del sottosuolo della posizione dei rispettivi impianti sotterranei, ed in genere di qualsiasi altro manufatto che avesse a trovarsi in corrispondenza degli scavi.

Sarà inoltre a cura dell'Appaltatore provvedere:

- alla recinzione degli scavi;
- alla apposizione di tutta la necessaria segnaletica sia diurna che notturna, anche in relazione al disposto del già citato Codice della Strada (D.L. 285 del 30/4/1992 e D.P.R. 495 del 16/12/1992);
- alla predisposizione di passerelle, barriere e passaggi pedonali;

- all'aggottamento e al deflusso delle acque e allo smaltimento delle acque da piazzole in conformità alle autorizzazioni rilasciate volturate all'Impresa esecutrice che sarà responsabile del rispetto dei limiti imposti alla qualità dello scarico;
- il trasporto a rifiuto dei materiali di risulta in conformità alle leggi vigenti ed alle autorizzazioni rilasciate con tenuta formulari ed esecuzione di pesate presso discariche di smaltimento, risultando l'Appaltatore diretto responsabile;
- l'Appaltatore dovrà preventivamente alla consegna lavori presentare alla D.L. un elenco delle discariche autorizzate per ogni codice CER previsto in progetto presso le quali verranno smaltite le terre e rocce da scavo, eventuali rifiuti, e dovrà assicurare che per tutta la durata dei lavori, nel rispetto delle leggi vigenti, e che vi sia accettazione presso le discariche utilizzate al fine di non provocare fermo cantiere e sospensione dei lavori. In caso di sospensione lavori per mancata accettazione delle discariche non saranno riconosciuti maggiori oneri per mancato utile, spese generali, ammortamenti mezzi inutilizzati etc.;
- tutti gli altri oneri compresi e previsti in elenco prezzi e nel presente capitolato relativa alla realizzazione degli attraversamenti stradali, degli attraversamenti arginature, e secondo quanto prescritto e ordinato da Polizia Municipale, Provincia di Prato, Regione Toscana, ASL, ARPAT, Comune di Montemurlo.

### ART. 13. RILEVATI E RINTERRI

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le murature, o da addossare alle murature, e fino alle quote prescritte dalla Direzione Lavori, si impiegheranno in generale, e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti per quel cantiere, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della Direzione lavori, per la formazione dei rilevati, e nel rispetto delle norme vigenti, del progetto e delle prescrizioni impartite dagli Enti.

Quando venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si preleveranno le materie occorrenti ovunque l'Appaltatore crederà di sua convenienza, in conformità agli atti progettuali purché i materiali siano riconosciuti idonei dalla Direzione lavori.

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, in conformità al progetto e secondo le indicazioni della D.L.. 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 automezzi o altre macchine operatrici non potranno essere scaricate direttamente contro le murature o cavi di condotte, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese poi 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 dalla Direzione dei lavori.

È vietato 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 completo carico dell'Appaltatore. È obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assettamento 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 i 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 compattazione dovrà avvenire all'optimum Proctor con umidificazione delle terre e utilizzo di rulli vibrantie a piè di pecora.

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

#### ART. 14. INFISSIONE TUBAZIONI A SPINTA IDRAULICA

Sono a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri per dare il lavoro ultimato a perfetta regola d'arte, comprese la fornitura e l'installazione delle presse di spinta, dei macchinari e di tutte le apparecchiature necessarie per l'infissione mediante spinta idraulica delle tubazioni. Sarà pure a suo carico la rimozione, a lavoro ultimato, di tutto il macchinario ed apparecchiature utilizzate, nonché dei materiali residui e la perfetta sistemazione dell'area d'intervento.

Gli elementi della tubazione dovranno avere le giunzioni a perfetta tenuta idraulica.

L'infissione della tubazione avverrà mediante macchina spingitubo di tipo oleodinamico o altro metodo di perforazione, e trascinamento della tubazione purché approvata dalla D.L..

Ogni elemento della tubazione dovrà avere i fori passanti per la formazione del cuscinetto esterno di bentonite alimentato a pressione durante l'avanzamento e per l'iniezione del cemento a lavoro finito.

La livelletta della tubazione e le sue tolleranze planimetriche saranno stabilite dalla D.L.. Invece è stabilito che le tolleranze altimetriche non dovranno superare, partendo da monte, valori superiori ad 1 centimetro in diminuzione della pendenza prescritta e superiori a 2 centimetri in aumento della stessa, valutati su ogni 10 metri di tubazione.

Sono inoltre a carico dell'Appaltatore: tutte le opere per l'installazione ed il funzionamento del cantiere, scavo e perforazioni per l'infissione della tubazione, il tiro in alto del materiale di risulta ed il suo conferimento a discarica con ogni onere compreso, la fornitura dell'acqua di lavoro, l'approvvigionamento di energia, impianti di ventilazione eventualmente necessari, aggettamenti, eventuali calcoli statici approvati dall'Ente interessato all'attraversamento, prove sui materiali.

Potranno essere richiesti all'Appaltatore eventuali carotaggi dei terreni e sondaggi orizzontali, preliminari alle operazioni di spinta delle condotte al fine di verificare le modalità di realizzazione

#### ART. 15. POZZETTI

I pozzetti d'ispezione, d'incrocio, di salto, di cacciata, di manovra, di sfiato di scarico e simili, saranno eseguiti secondo i disegni di progetto, sia che si tratti di manufatti realizzati in opera che prefabbricati.

Nel caso dei manufatti realizzati in opera, i gradini della scaletta dovranno essere ben fissati, posizionati in perfetta verticale, allineati fra loro ed in asse col foro del sovrastante passo d'uomo della copertura. Dovrà essere posta particolare cura per non danneggiare la protezione anticorrosiva dei gradini stessi e delle pareti del pozzetto, eventualmente prescritte.

I pozzetti prefabbricati di ispezione o di raccordo componibili, per fognature, in calcestruzzo vibrocompresso, dovranno sopportare le spinte del terreno e del sovraccarico stradale in ogni componente, realizzato con l'impiego di cemento ad alta resistenza ai solfati in cui le giunzioni degli innesti, degli allacciamenti e delle canne di prolunga dovranno essere a tenuta ermetica affidata, se non diversamente prescritto, a guarnizioni di tenuta in gomma sintetica con sezione area non inferiore a 10 cm<sup>2</sup>, con durezza di 40 ±5° IHRD conforme alle norme UNI EN 681-1:2006, DIN 4060 (2016-07), ISO 4633:2015, PR-EN 681.1:2016, incorporate nel giunto in fase di prefabbricazione.

I gradini per scala di accesso saranno prescritti per pozzetti di altezza libera interna > a 1000 mm, saranno posti negli appositi fori ad interasse verticale di 250 mm. I gradini dovranno essere conformi alla norma DIN 19555 (2003-04).

Le tolleranze dimensionali, controllate in stabilimento e riferite alla circolarità delle giunzioni, degli innesti e degli allacciamenti, dovranno essere comprese tra 1 e 2% delle dimensioni nominali.

I pozzetti dovranno essere a perfetta tenuta idraulica.

Le solette di copertura verranno di norma realizzate fuori opera e saranno dimensionate, armate e realizzate in conformità alle prescrizioni progettuali e ai carichi previsti in funzione della loro ubicazione.

I dispositivi di chiusura e coronamento (chiusini e griglie) dovranno essere conformi per caratteristiche dei materiali di costruzione di prestazioni e di marcatura a quanto prescritto dalla norma UNI EN 124:1995.

Il marchio del fabbricante deve occupare una superficie non superiore al 2% di quella del coperchio e non deve riportare nomi propri di persone, riferimenti geografici riferiti al produttore o messaggi chiaramente pubblicitari

A posa avvenuta, la superficie superiore del dispositivo dovrà trovarsi a perfetta quota del piano stradale finito.

## ART. 16. OPERE E STRUTTURE IN MURATURA

### A) **MALTE PER MURATURE**

L'impiego di malte premiscelate e premiscelate pronte è consentito, purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Ove il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nel D. Min. Ind. Comm. Art. del 13/9/1993.

I tipi di malta e le loro classi sono definiti in rapporto alla composizione in volume; malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione risulti non inferiore ai valori di cui al D.M. LL.PP. 103 del 20/11/1987 e NTC2018.

Le caratteristiche dei materiali da impiegare per la composizione delle malte ed i rapporti di miscela dovranno corrispondere alle prescrizioni della Parte n. 2 "*Qualità e provenienza dei materiali*", alle relative voci di Elenco prezzi per i vari tipi di impasto e alle disposizioni impartite all'atto pratico dalla Direzione Lavori.

La dosatura dei componenti delle malte sarà realizzata con mezzi idonei a garantirne l'esatta misurazione; l'Appaltatore dovrà fornire tali mezzi e mantenerli efficienti a sua cura e spese. L'impasto dei materiali dovrà essere ottenuto con idonei mescolatori meccanici oppure, per piccole quantità, a mano su piani perfettamente puliti.

Gli impasti dovranno essere preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato.

I residui degli impasti che non avessero avuto per qualsiasi ragione immediato impiego dovranno essere portati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune aerea, che potranno essere utilizzati nell'intera giornata del loro confezionamento.

### B) **MURATURE IN GENERE: CRITERI GENERALI PER L'ESECUZIONE**

Nelle costruzioni delle murature in genere verrà curata la perfetta esecuzione degli spigoli, delle volte, piattabande, archi, e verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi, canne e fori per:

- ricevere le chiavi ed i capichiavi delle volte: gli ancoraggi delle catene e delle travi a doppio T; le testate delle travi (di legno, di ferro); le pietre da taglio e quanto altro non venga messo in opera durante la formazione delle murature;
- il passaggio delle canalizzazioni verticali (tubi pluviali, dell'acqua potabile, canne di stufe e camini, scarico acqua usata, immondizie, ecc.);
- per il passaggio delle condutture elettriche, di telefoni e di illuminazione;
- le imposte delle volte e degli archi;
- gli zoccoli, dispositivi di arresto di porte e finestre, zanche, soglie, ferriate, ringhiere, davanzali, ecc..

Quanto detto, in modo che non vi sia mai bisogno di scalpellare le murature già eseguite.

La costruzione delle murature deve iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia fra le parti di esse.

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

Essi dovranno mettersi in opera con i giunti alternati ed 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 rifluisca all'ingiro e riempia tutte le connessioni.

La larghezza dei giunti non dovrà essere maggiore di 8 mm né minore di 5 mm.

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

Le malte da impiegarsi per la esecuzione delle murature dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra i mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

### C) **MURATURE**

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

Se la muratura dovesse eseguirsi con paramento a vista (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 connessioni orizzontali, alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento i giunti non dovranno avere larghezza maggiore di 5 mm e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica o di cemento, diligentemente compressi e lisciate 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 la larghezza dei giunti non dovrà mai eccedere i 5 mm all'intradosso e 10 mm all'estradosso.

All'innesto con muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.

I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, debbono essere sospesi nei periodi di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga, per molte ore, al disotto di zero gradi centigradi.

Quando il gelo si verifichi solo per alcune ore della notte, le opere in muratura ordinaria possono essere eseguite nelle ore meno fredde del giorno, purché al distacco del lavoro vengano adottati opportuni provvedimenti per difendere le murature dal gelo notturno.

Le impostature per le volte, gli archi, ecc. devono essere lasciate nelle murature sia con gli addentellati d'uso, sia col costruire l'origine delle volte e degli archi a sbalzo mediante le debite sagome, secondo quanto verrà prescritto.

La Direzione Lavori stessa potrà ordinare che sulle aperture di vani e di porte e finestre siano collocati degli architravi (cemento armato, acciaio) delle dimensioni che saranno fissate in relazione alla luce dei vani, allo spessore del muro ed al sovraccarico.

Nel punto di passaggio fra le fondazioni entro terra e la parte fuori terra sarà eseguito un opportuno strato (impermeabile, drenante, ecc.) che impedisca la risalita per capillarità.

#### Murature portanti: tipologie e caratteristiche tecniche

Si dovrà fare riferimento al D.M. 17/1/2018. In particolare vanno tenuti presenti le prescrizioni che seguono:

##### 1) *Muratura costituita da elementi resistenti artificiali*

La muratura è costituita da elementi resistenti aventi generalmente forma parallelepipedica, posti in opera in strati regolari di spessore costante e legati tra di loro tramite malta.

Gli elementi resistenti possono essere di:

- laterizio normale;
- laterizio alleggerito in pasta;
- calcestruzzo normale;
- calcestruzzo alleggerito.

##### 2) *Muratura costituita da elementi resistenti naturali*

La muratura è costituita da elementi di pietra legati tra di loro tramite malta. Le murature formate da elementi resistenti naturali si distinguono nei seguenti tipi:

- I. muratura di pietra non squadrata composta con pietrame di cava grossolanamente lavorato, posto in opera in strati pressoché regolari;
- II. muratura listata costituita come la muratura in pietra non squadrata, ma intercalata da fasce di conglomerato semplice o armato oppure da ricorsi orizzontali costituiti da almeno due filari in laterizio pieno, posti ad interasse non superiore a 1,6 m ed estesi a tutta la lunghezza ed a tutto lo spessore del muro;
- III. muratura di pietra squadrata composta con pietre di geometria pressoché parallelepipedica poste in opera in strati regolari.

#### D) **MURATURE E RIEMPIMENTI IN PIETRAME A SECCO – VESPAI**

Dovranno essere eseguite con pietre lavorate in modo da avere forma il più 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 della Direzione Lavori vi si dovranno eseguire anche regolari fori di drenaggio, regolarmente disposti anche su più ordini, per il drenaggio delle acque.

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 e 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. Se non diversamente prescritto in progetto, 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.

#### **E) VESPAI E INTERCAPEDINI**

Nei locali in genere i cui pavimenti verrebbero a trovarsi in contatto con il terreno naturale potranno essere ordinati vespai in pietrame o intercapedini in laterizio. In ogni caso il terreno di sostegno di tali opere dovrà essere debitamente spianato, bagnato e ben battuto per evitare qualsiasi cedimento.

Per i vespai di pietrame si dovrà formare anzitutto in ciascun ambiente una rete di cunicoli di ventilazione, costituita da Fossotti paralleli aventi interasse massimo di 1,50 m; essi dovranno correre anche lungo tutte le pareti ed essere comunicanti tra loro. Detti canali dovranno avere sezione non minore di 15x20 cm di altezza ed un sufficiente sbocco all'aperto, in modo da assicurare il ricambio dell'aria.

Ricoperti tali canali con adatto pietrame di forma pianeggiante, si completerà il sottofondo riempiendo le zone rimaste fra cunicolo e cunicolo con pietrame in grossi scheggioni disposti coll'asse maggiore verticale ed in contrasto fra loro, intasando i grossi vuoti con scaglie di pietra e spargendo infine uno strato di ghiaietto di conveniente grossezza sino al piano prescritto.

Le intercapedini, a sostituzione di vespai, potranno essere costituite da un piano di tavelloni murati in malta idraulica fina e poggianti su muretti in pietrame o mattoni, ovvero da voltine di mattoni, ecc..

#### **F) RINZAFFI ED INTONACI**

Prima dell'esecuzione degli intonaci si avrà cura di pulire bene la superficie da intonacare rimuovendo tutta la polvere e, dove occorra, asportando le parti poco aderenti mediante spazzola di acciaio; ciò fatto si bagnerà convenientemente la parte in modo da renderla satura di acqua indi si eseguirà il rinzafo, regolarizzando lo strato con un lungo regolo in modo da ottenere uno spessore costante ed una superficie piana.

Affinché l'intonaco non secchi troppo rapidamente, dando luogo a fenditure, lo si bagnerà frequentemente con acqua mediante pompe innaffiatrici se è applicato su pareti verticali o inclinate, mentre lo si coprirà con uno strato di sabbia umida per una settimana circa se è eseguito su una superficie orizzontale.

L'intonaco dovrà essere costituito da un primo strato di malta cementizia (rinzafo) avente uno spessore di 15 mm, composto da malta di cemento magra (Kg 400 per m<sup>3</sup> di sabbia) e da un secondo strato (arricciatura) avente uno spessore di mm 5, composto da malta di cemento grassa (Kg 600 per m<sup>3</sup> di sabbia), da successiva spolveratura della superficie con cemento e superiore lisciatura a cazzuola. La posa in opera del conglomerato sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificato i piani di posa.

### **ART. 17. OPERE E STRUTTURE IN CALCESTRUZZO NORMALE E ARMATO**

Nella esecuzione delle opere in cemento armato l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente alla legislazione vigente, con particolarmente riferimento alle seguenti norme, ed ad ogni aggiornamento di dette norme:

- D.M. 17/1/2018 pubblicato su G.U. n. 42 del 20/2/2018 "Nuove norme tecniche per costruzioni";
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n.7 del 21/01/2019 CS.LL.PP., Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche 2018;

- Disposizioni in merito applicazione D.M. 17/1/2018 della Regione Toscana.

Conforme alle norme citate dovrà ovviamente essere anche la qualità del ferro utilizzato per le armature.

Tutte le opere in cemento armato facenti parte dell'appalto dovranno essere realizzate conformemente ai calcoli di stabilità ed ai disegni esecutivi facenti parte integrante del progetto esecutivo. Le verifiche effettuate dalla Direzione Lavori in fase di realizzazione delle varie strutture in cemento armato non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità a lui derivanti per Legge e per le precise pattuizioni del Contratto, restando contrattualmente stabilito che, malgrado i controlli di ogni genere eseguiti dalla Direzione Lavori nell'esclusivo interesse della Stazione Appaltante, l'Appaltatore stesso rimane unico e completo responsabile delle opere per la qualità dei materiali impiegati e per la loro esecuzione; di conseguenza egli dovrà rispondere degli inconvenienti che avessero a verificarsi, di qualunque natura, importanza e conseguenze essi potessero risultare.

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere 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 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 in vigore, derivante dal Regolamento (UE) 305/2011 del Parlamento europeo e dal D.Lgs. 106 del 16/6/2017 di "*Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE*" (G.U. n. 159 del 10/7/2017), i medesimi materiali e prodotti devono possedere la Marcatura CE;
- B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile oppure non ancora in vigore una norma europea armonizzata e al contempo le NTC prevedano una specifica procedura di qualificazione. In tali casi il produttore dovrà essere in possesso di un Attestato di Qualificazione;
- 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 ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

Per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore 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 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 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.

#### A) **IMPASTI DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Gli impasti di conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto D.M. 17/1/2018 e circolare esplicativa n. 7 del 21/01/2019 e s.m.i..

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto e 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 EN 206-1:2006 che precisa le specifiche tecniche dei materiali costituenti il calcestruzzo, la sua composizione e le proprietà del calcestruzzo fresco e indurito. Fissa inoltre i metodi per la verifica, la produzione, il trasporto, consegna, getto e stagionatura del calcestruzzo e le procedure di controllo della sua qualità.

#### **B) DENUNCIA DEI LAVORI**

*Ai sensi dell'art. 4 della Legge 1086/71 e s.m.i. tutte le opere in calcestruzzo di che trattasi, tranne quelle non ricadenti nella suddetta legislazione, dovranno essere denunciate, prima del loro inizio, all'Ufficio del Genio Civile per via telematica in formato digitale attraverso portale web (Po.R.TO.S.) ai sensi della D.G.R. 1179 del 15/12/2014.*

Alla denuncia dovranno essere allegati tutti gli elaborati tecnici e i documenti richiesti per il deposito presso l'Ufficio del Genio Civile competente per territorio. L'Ufficio del Genio Civile restituirà, all'atto stesso della presentazione, l'attestazione dell'avvenuto deposito; una copia originale dei documenti vidimati dovrà essere conservata costantemente dall'Appaltatore presso l'ufficio istituito in cantiere, a disposizione della Direzione Lavori e degli eventuali controlli delle autorità competenti.

Qualora l'ufficio non sia presente, la D.L. consegnerà i suddetti documenti al Capocantiere dell'Appaltatore, il quale ha l'obbligo di assicurarne la presenza costante sul cantiere di lavoro, al fine di esibirli alle autorità preposte in caso di controllo.

Anche le varianti che nel corso dei lavori si dovessero introdurre alle opere previste nel progetto originario, dovranno essere denunciate con la stessa procedura sopra descritta.

#### **C) PRELIEVO DEI CAMPIONI**

Nel corso dell'esecuzione dei lavori, secondo le prescrizioni della normativa vigente e le indicazioni della D.L., verranno prelevati campioni di conglomerato cementizio in conformità a D.M. 17/1/2018. Si rimanda al Capo III (Qualità dei materiali) per i dettagli normativi e le procedure da seguire.

#### **D) IMPASTI**

Nel confezionamento dei conglomerati cementizi dovrà essere riservata ogni cura al rispetto di qualità, quantità e proporzione dei componenti; si dovranno inoltre adottare tecniche adeguate alla natura, all'importanza ed alla mole delle opere, avvertito che la confezione manuale potrà essere consentita solo in casi eccezionali, per quantitativi limitati di conglomerato ed esclusivamente per l'impiego di getti non armati. Si rimanda a quanto previsto da D.M. 17/1/2018 e circolare 7/2019 citata.

Nella confezionatura di calcestruzzi destinati alla costruzione di serbatoi potrà essere richiesta l'aggiunta di additivi specifici, ai fini di garantire una migliore plasticità ed impermeabilità del getto ed impedirne il ritiro.

Gli impasti dovranno 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 dovrà essere convenientemente compattato; la superficie dei getti dovrà essere mantenuta umida per almeno tre giorni.

Non si dovrà mettere in opera il conglomerato a temperature minori di 0°C, salvo il ricorso ad opportune cautele.

Osservate le disposizioni specifiche di legge in materia di accettazione ed impiego di calcestruzzi, e fatte salve le altre istruzioni vigenti all'epoca di esecuzione dei lavori, alla consegna in cantiere del calcestruzzo preconfezionato la D.L. potrà ordinare ulteriori controlli, sulla base delle norme per il riconoscimento della idoneità tecnica della relativa produzione e distribuzione formulate dall'ICITF – Istituto Italiano del certificato di idoneità tecnica nell'edilizia.

La resistenza caratteristica a compressione, a 28 giorni di stagionatura, dei conglomerati cementizi impiegati nella realizzazione di strutture armate non dovrà in alcun caso risultare inferiore a quella indicata e prevista nel calcolo strutturale delle opere in c.a. trasmesso al Genio Civile competente per territorio.

Il conglomerato che per qualsiasi motivo non venisse messo in opera prima dell'inizio della presa, o che residuasse a getto ultimato, non potrà in alcun caso essere impiegato e verrà senz'altro gettato a rifiuto.

*Leganti*

Nelle opere oggetto delle presenti norme devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità, rilasciato da un organismo europeo notificato, ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197-1:2011 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 595 del 26/5/1965.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

L'impiego dei cementi richiamati all'art.1, lettera C della Legge 595 del 26/5/1965, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta. Per la realizzazione di dighe ed altre simili opere massive dove è richiesto un basso calore di idratazione devono essere utilizzati i cementi speciali con calore di idratazione molto basso conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14216:2015, in possesso di un certificato di conformità rilasciato da un Organismo di Certificazione europeo Notificato.

Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, da norme armonizzate europee e fino alla disponibilità di esse, da norme nazionali, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o ad eventuali altre specifiche azioni aggressive.

#### Aggregati

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620:2013 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055:2016.

Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del Regolamento UE 305/2011, è indicato nella Tab. 11.2. Il vedi D.M. 17/1/2018 e circolare 7/2019 citata.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

#### E) CASSERI

I casseri potranno essere sia in legno che metallici.

Nel primo caso, le tavole saranno accuratamente levigate e gli spigoli ben rifilati, inoltre, prima del getto, esse verranno inumidite per aspersione in modo adeguato alle condizioni climatiche ambientali. Le connessioni tra i vari elementi, qualunque sia la loro natura, dovranno essere ben curate; gli elementi verranno perfettamente accostati, specie per i getti effettuati con impasti fluidi o da vibrare, in modo che sia impedita o contenuta al minimo la fuoriuscita dell'impasto.

In caso di reimpiego dei casseri dovrà essere effettuata un'accurata pulizia asportando tutti gli eventuali residui del precedente getto e ravvivando le superfici. I casseri non potranno tuttavia essere reimpiegati quando risultino deformati, ammassati, brecciati o comunque lesionati, ovvero quando le loro superfici, anche dopo la pulizia, si presentino incrostate o la loro struttura si sia indebolita in modo da temere deformazioni o cedimenti durante il getto.

Nel collocare in opera e nel realizzare i casseri si dovrà avere cura di rispettare in tutto le dimensioni previste per le opere, verificando che il posizionamento risulti corretto in ogni sua parte durante le operazioni di bloccaggio ed ancoraggio; indi si procederà al montaggio di elementi di puntello che contrastino adeguatamente le parti che debbono sopportare le spinte maggiori durante il getto, così da evitare spostamenti durante le fasi di getto e consolidamento del calcestruzzo. La Direzione Lavori potrà prescrivere o, su specifica richiesta dell'Appaltatore, autorizzare l'impiego di disarmanti; tali prodotti dovranno tuttavia essere di uso specifico e risultare perfettamente compatibili con i getti e con le protezioni superficiali previste; in nessun caso potrà essere riconosciuto all'Appaltatore un compenso, che si intende già compreso nei prezzi stabiliti dall'Elenco per i conglomerati.

#### F) ARMATURE METALLICHE

Le armature metalliche delle opere in conglomerato cementizio saranno costituite da ferri tondi in acciaio e reti elettrosaldate rispondenti alle prescrizioni contenute nel D.M. 11/1/2018 e circolare 7/2019 citata (e suoi allegati).

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al paragrafo §11.3.1.2 e controllati con le modalità riportate nel §11.3.2.11 del D.M. 17/1/2018.

La sagomatura e piegatura dei ferri dovranno avvenire a freddo, impiegando strumenti idonei e rispettando i raggi minimi di curvatura prescritti dalle norme o quelli, se più restrittivi, previsti dagli esecutivi progettuali.

La distanza tra la superficie delle armature metalliche e la faccia esterna del conglomerato (copriferro) dovrà essere fissata in relazione alle dimensioni degli inerti e secondo le indicazioni degli elaborati progettuali e comunque non sarà mai inferiore a 3 cm; la spaziatura dei ferri sul fondo e sulle pareti dei serbatoi non dovrà mai superare i 20 cm.

Nella posa in opera delle armature metalliche si dovranno rispettare tutte le prescrizioni, anche se più restrittive di quelle di Legge, che il progetto statico detterà in ordine all'ancoraggio dei ferri ed alle loro giunzioni.

I sostegni provvisori installati per assicurare il corretto distanziamento delle armature dovranno essere tolti con il procedere dei getti, evitando che abbiano a rimanervi inglobati.

Nel corso dell'esecuzione dei lavori, secondo le prescrizioni della normativa vigente e le indicazioni della D.L., verranno prelevati campioni delle armature metalliche, in relazione alle quantità ed ai diametri impiegati. Si rimanda al Capo III (Qualità dei materiali) per i dettagli normativi e le procedure da seguire.

#### G) **GETTI**

##### ▪ Norme generali

Nell'eseguire i getti si dovrà avere ogni cura atta ad evitare la disgregazione dei componenti e lo spostamento delle armature, specialmente quando il conglomerato sia da collocare in opera entro pozzi o trincee di particolare profondità. In tali casi si adotteranno per il getto, scivoli, tramogge ed altre idonee apparecchiature - che l'Appaltatore dovrà approvvigionare a propria cura e spese - e si confezioneranno conglomerati ad elevata coesione.

Lo spessore dei vari strati del medesimo getto non dovranno di norma superare i 15 cm; essi interesseranno tutta l'estensione della parte di opera da eseguirsi contemporaneamente e la loro superficie dovrà risultare corale alla direzione degli sforzi.

Strato per strato, il conglomerato dovrà essere ben battuto e amalgamato finché l'acqua affiori in superficie, in modo da eliminare i vuoti all'interno della massa e tra questa e le superfici di contenimento.

Qualora i getti debbano avvenire contro terra, le pareti ed il fondo dello scavo dovranno essere perfettamente regolarizzati, gli angoli e gli spigoli ben profilati; il fondo poi, se si operi in terreno sciolto, dovrà essere ben battuto e costipato; tutto ciò al fine di impedire nel modo più assoluto che si abbiano a riscontrare inclusioni di materiali terrosi all'interno dei getti.

Il getto dovrà essere interrotto qualora la temperatura ambientale risultasse troppo bassa; in tal caso saranno adottate tutte le precauzioni atte a proteggere i getti effettuati.

##### ▪ Riprese

In generale le riprese nei getti dovranno essere evitate, a meno che non siano richieste da specifiche esigenze costruttive. In tal caso, prima di procedere al nuovo getto, si dovranno innanzi tutto accuratamente pulire tutte le superfici del precedente, evitando che tra il vecchio ed il nuovo strato abbiano a rimanere corpi estranei.

Qualora il conglomerato gettato precedentemente in opera fosse ancora fresco, sarà sufficiente, prima della ripresa, bagnarne con cura la superficie; qualora viceversa - il che dovrà essere quanto più possibile evitato - la fase di presa sia già iniziata, la superficie dovrà essere rimessa al vivo, resa scabra lavandola con acqua e quindi spalmata con boiaccia di cemento. Dovrà essere sempre prevista l'adozione di giunti in gomma o PVC water-stop tipo SIKA o similari da inserire nelle eventuali riprese dei getti di serbatoi o manufatti a tenuta, onde garantire la continuità per ogni ripresa del getto ed evitare perdite o infiltrazioni d'acqua; l'onere relativo è compreso nei prezzi del calcestruzzo.

I giunti dovranno essere approvati preventivamente alla loro messa in opera dalla D.L..

##### ▪ Vibrazione

La vibrazione potrà essere prescritta anche nei casi in cui non sia espressamente prevista dal progetto statico; in particolare, essa dovrà essere senz'altro eseguita qualora i conglomerati siano confezionati con cemento ad alta resistenza.

Per poter procedere alla vibrazione, il conglomerato dovrà essere confezionato con inerti a curva granulometrica prestabilita, in modo che malta cementizia ed inerti risultino omogeneamente distribuiti all'interno del getto ad operazione conclusa; a tale scopo particolare cura dovrà essere riservata anche al dosaggio dell'acqua.

La vibrazione dovrà essere eseguita da personale esperto, impiegando, a seconda dei casi, vibratorii esterni, da applicare alle superfici del getto ed alle casseformi, ovvero interni.

La vibrazione superficiale sarà ammessa solo per le solette dei manufatti con spessore fino a 20 cm; quando si attui la vibrazione dei casseri, questi dovranno essere adeguatamente rinforzati e sarà opportuno fissare rigidamente ai medesimi gli apparecchi.

La vibrazione interna verrà eseguita con apparecchi ad ago ovvero a lama, o comunque del tipo più idoneo rispetto alle caratteristiche del getto da eseguire. La frequenza di vibrazione dovrà essere dell'ordine dei 10'000 cicli/minuto.

Prima di dare inizio alle operazioni, si dovrà determinare sperimentalmente il raggio d'azione dell'apparecchio così da stabilire i punti d'attacco (la distanza tra i quali dovrà essere tale da garantire che il getto venga lavorato in modo omogeneo) e lo spessore dello strato interessato.

Si opererà quindi strato per strato, avendo cura che ciascuno di essi venga vibrato a non più di un'ora di distanza dallo strato sottostante, e che la vibrazione interessi per un'altezza adeguata anche la parte superiore di quest'ultimo; dovranno comunque essere sempre usate tutte le cautele necessarie ad evitare lo spostamento delle armature metalliche e la segregazione del conglomerato.

I vibratorii verranno immersi nel getto e quindi lentamente ritirati, con una velocità media nei due percorsi di 8-10 cm/sec; onde evitare la stratificazione degli inerti, la vibrazione sarà sospesa non appena compaia in superficie un sottile strato di malta omogenea ricca d'acqua.

▪ Protezione dei getti

In relazione alle vicende climatiche stagionali, la Direzione Lavori potrà disporre, senza che l'Appaltatore possa reclamare compensi di sorta in aggiunta a quelli stabiliti dall'Elenco per i conglomerati, che le opere vengano protette in modo adeguato.

In ogni caso se la Direzione Lavori riterrà che le protezioni adottate siano state insufficienti, potrà ordinare, sempre senza che all'Appaltatore spetti compenso alcuno, il prelievo di campioni in opera da sottoporre a prove distruttive di collaudo.

▪ Getti di vasche e serbatoi

Nella confezione del calcestruzzo e nei successivi getti delle pareti e delle platee di vasche, serbatoi o altri manufatti a tenuta stagna dovranno essere prese tutte le misure più idonee al fine di rendere impermeabile la struttura, ed in particolare dovranno essere utilizzati:

- additivi specifici, ai fini di garantire una migliore plasticità ed impermeabilità dei getti ed impedirne il ritiro (con certificazione di conformità alle normative vigenti inerenti la disciplina igienica delle sostanze destinate a venire a contatto con acqua potabile);
- giunti water-stop tipo SIKA o similari da adoperarsi ad ogni ripresa di getto e nella giunzione tra platea e pareti delle vasche;
- distanziatori completi di tubi camicia plastici circolari, da sigillare con appositi tappi saldati con collante atossico, tipo Draton-Fasa, Edilgplast o similari.

Le quantità di impiego degli additivi dovranno rispettare fedelmente le prescrizioni delle case produttrici; l'Appaltatore dovrà comunque trasmettere al Direttore Lavori, apposite certificazioni, rilasciate da egli stesso o dal fornitore del conglomerato, sulle specifiche tecniche, la conformità all'uso idropotabile ed il dosaggio degli additivi adoperati.

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.

Gli elementi strutturali devono essere verificati allo stato limite di fessurazione secondo il §4.1.2.2.4. Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

▪ Ferro per cemento armato

Il ferro delle armature sarà fornito e posto in opera nelle casseformi perfettamente pulito, dopo aver subito tutte le piegature, sagomature e legature prescritte e verificate dalla Direzione Lavori, in modo tale che il tipo, la posizione

ed il diametro dei ferri impiegati coincidano rigorosamente con quelli fissati nei disegni esecutivi ed in conformità a D.M. 17/1/2018 e circolare 7/2019 e s.m.i..

#### H) **DISARMO DEI GETTI DI CONGLOMERATO**

Dovranno essere rispettate appieno le prescrizioni di cui alle “*Norme Tecniche per opere in cemento armato, normale e precompresso*” di cui al D.M. LL.PP. 9/1/1996 con le modifiche apportate da D.M. 17/1/2018 e circ. 7/2019.

Il disarmo dovrà avvenire per gradi, in modo da evitare azioni dinamiche e non prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all’impiego della struttura all’atto del disarmo; l’autorizzazione verrà data in ogni caso dalla D.L..

Il disarmo delle superfici laterali dei getti dovrà avvenire quando il conglomerato avrà raggiunto una resistenza comunque superiore a 50 Kg/cm<sup>2</sup>.

In assenza di specifici accertamenti sulla resistenza del conglomerato ed in normali condizioni esecutive ed ambientali di getto e di manutenzione, dovranno essere osservati i tempi minimi di disarmo di cui alla seguente tabella.

▪ Tempi minimi di disarmi per getti in cls

TIPI DI ARMATURA CEMENTO NORMALE CEMENTO ALTA RESISTENZA		
sponde dei casseri		
per travi e pilastri	3 gg	2 gg
solette di luce modesta	10 gg	4 gg
puntelli e centine per		
travi, archi, volte	24 gg	12 gg
sbalzi	28 gg	14 gg

Durante la stagione fredda il tempo per lo scasseramento dovrà essere convenientemente protratto per tener conto del maggior periodo occorrente per il raggiungimento delle resistenze necessarie.

#### I) **REGOLARIZZAZIONE DELLE SUPERFICI DEL GETTO**

Si premette che i prezzi stabiliti dall’Elenco per i calcestruzzi prevedono e remunerano una corretta rifinitura delle superfici, senza protuberanze, placche, risalti, avvallamenti, alveolarità o altre imperfezioni; per tutte le operazioni di regolarizzazione sotto descritte non verrà pertanto in nessun caso riconosciuto un compenso aggiuntivo all’Appaltatore.

Per contro la Direzione dei Lavori, valutata la natura, l’entità delle irregolarità e la rifinitura prevista, potrà sia operare congrue detrazioni sui prezzi d’Elenco, sia disporre, a tutte spese dell’Appaltatore, l’adozione di quegli ulteriori provvedimenti che ritenga idonei a garantire il pieno ottenimento delle condizioni e dei risultati richiesti perché l’opera sia data finita a perfetta regola d’arte. Fermo il principio suindicato, non appena effettuato il disarmo, si procederà alla accurata regolarizzazione delle superfici dei getti.

A tale scopo, si dovranno innanzitutto asportare le protuberanze che si fossero formate durante il getto in corrispondenza delle connessioni dei casseri; si dovranno anche asportare quelle placche che, avendo aderito ai casseri durante la presa, pur non essendosi distaccate durante il disarmo, si siano incrinare internamente, non facendo quindi più corpo unico con la struttura.

Si provvederà quindi a livellare con malta di cemento gli avvallamenti lasciati dalle placche distaccate, ad eliminare gli eventuali risalti formati tra parti contigue della cassetta ed a stuccare accuratamente le eventuali cavità alveolari o porosità in genere del getto, rifinendo di norma le superfici così trattate a frattazzo fine.

#### J) **PENDENZE DI FONDO DEI SERBATOI E VASCHE**

Particolarissima cura dovrà essere posta nel dotare il fondo dei serbatoi e vasche di adeguate pendenze, da realizzarsi all’atto stesso del getto della platea di fondo, senza strati di riempimento.

Le pendenze dovranno essere preventivamente studiate, in conformità al progetto, indi realizzate a perfetta regola d’arte, e dovranno convogliare al punto di prelievo dello scarico di fondo, in modo che a serbatoio vuoto sia evitato nel modo più assoluto qualsiasi ristagno d’acqua.

**K) POSIZIONAMENTO DEI TUBI PER ATTRAVERSAMENTO PARETI IN CALCESTRUZZO**

Tutti gli attraversamenti delle pareti in calcestruzzo con tubazioni saranno eseguiti con tubo-forma, secondo le particolarità indicate nei disegni progettuali.

Prima dell'esecuzione dei getti, L'Impresa dovrà provvedere all'esatto posizionamento dei tubi-guida, secondo i disegni esecutivi e le prescrizioni della Direzione Lavori.

Qualora all'atto del disarmo del calcestruzzo i tubi risultassero spostati, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione, al ricollocamento dei tubi nell'esatta posizione ed alla sigillatura con cemento espansivo.

**L) GARANZIE**

Nel caso di realizzazione di serbatoi o comunque vasche di accumulo, sia per acqua potabile che per liquami fognari, una volta completati essi saranno soggetti a prova di tenuta idraulica, con riempimento e controllo del livello per una settimana consecutiva.

Qualora risultassero delle perdite conseguenti ad una esecuzione non accurata della messa in opera del calcestruzzo, per presenza di infiltrazioni, cattive riprese del getto, imperfetta impermeabilizzazione, ecc., l'Impresa dovrà provvedere, il tutto a sua cura e spese e senza avere diritto a compenso alcuno, alla esecuzione di tutte quelle provvigioni (su propria proposta o su ordine specifico della Direzione Lavori) occorrenti per assicurare la perfetta tenuta.

**M) CONTROLLI SUL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

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 del Regolamento (UE) 305/2011;
- b) laboratori di cui all'art.59 del D.P.R. 380/2001;
- 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 ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto od ente di controllo che ne abbia titolo.

*Per i controlli sul conglomerato ci si atterrà a quanto previsto D.M. 17/1/2018 punto 11.*

Il calcestruzzo va prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite in sede di progetto.

Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

- *Valutazione preliminare della resistenza*  
Serve a determinare, prima dell'inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il calcestruzzo con la resistenza caratteristica di progetto.
- *Controllo di produzione*  
Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo durante la produzione del calcestruzzo stesso.
- *Controllo di accettazione*  
Riguarda il controllo da eseguire sul calcestruzzo prodotto durante l'esecuzione dell'opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali.
- *Prove complementari*  
sono prove che vengono eseguite, ove necessario, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. 380/2001.



**N) VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA**

Il costruttore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore Lavori, secondo le procedure di cui al §11.2.5. D.M. 17/1/2018.

**O) PRELIEVO DEI CAMPIONI**

Il prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera ed alla presenza del Direttore Lavori o di persona di sua fiducia, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di n. 2 provini.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "*Resistenza di prelievo*" che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

È obbligo del Direttore Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, tutte le volte che variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2012 e UNI EN 12390-2:2009.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2009 e UNI EN 12390-4:2002. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-7:2009.

**P) CONTROLLO DI ACCETTAZIONE CALCESTRUZZO**

Il Direttore Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare. Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A di cui al §11.2.5.1 del D.M. 17/1/2018;
- controllo di tipo B di cui al §11.2.5.2 del D.M. 71/2018.

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tabella 11.2.I del D.M. 17/1/2018.

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

- 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.
- 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 di 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.
- 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 da NTC2018. Per barre di acciaio inossidabile le piegature non possono essere effettuate a caldo.
- 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. Copriferrì 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.
- 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 lavori.

Il sistema di controllo della produzione di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato in impianti di un fornitore, predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.. Detto sistema di controllo deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1:2015, autorizzati dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. sulla base dei criteri di cui al D.M. 156 del 9/5/2003.

I documenti che accompagnano ogni fornitura di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi di tale certificazione.

#### Q) **ADDITIVI**

Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2:2012.

#### R) **ACQUA DI IMPASTO**

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

#### S) **CONTROLLO DI ACCETTAZIONE ACCIAIO**

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri. Permane comunque l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda barre e rotoli. Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marciare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Nel primo caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal Direttore dei Lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale. Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio

Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso. Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

#### Centri trasformazione

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione, specificata nel seguito, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche dell'Acciaio B450C B450A vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1:2010.

#### Reti acciaio

Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso. La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo.

Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore; in questo caso il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere deve verificare la presenza della predetta etichettatura.

#### Controlli di accettazione Acciaio in cantiere.

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico di cui al §11.3.2.10.1.2 del D.M. 17/1/2018, in ragione di 3 spezzoni, marchiati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati in accordo con il § 11.3.2.3 del D.M. 17/1/2018, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati previsti nel D.M. 17/1/2018.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al §11.3.1.7 del D.M. 17/1/2018, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

## **ART. 18. STRUTTURE PREFABBRICATE IN C.A E C.A.P**

La progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate sono disciplinate dalle norme contenute nel D.M. 17/1/2018 e successive modifiche e integrazioni. A questa normativa dovrà farsi ricorso per le strutture prefabbricate che l'Impresa dovesse eventualmente realizzare nel corso dell'appalto. I manufatti prefabbricati

utilizzati e montati dall'Impresa costruttrice dovranno appartenere ad una delle due categorie di produzione previste dal citato Decreto.

A tutti gli elementi prefabbricati dotati di marcatura CE si applica quanto riportato nei punti A oppure C del §11.1 del D.M. 17/1/2018. In tali casi, inoltre, si considerano assolti i requisiti procedurali di cui al deposito ai sensi dell'art. 9 della Legge 1086 5/11/71 ed alla certificazione di idoneità di cui agli artt. 1 e 7 della Legge 64 2/2/74. Resta comunque l'obbligo del deposito del progetto presso il competente ufficio regionale. Ai fini dell'impiego, tali prodotti devono comunque rispettare, laddove applicabili, i punti 11.8.2, 11.8.3.4 ed 11.8.5 del D.M. 17/1/2018, per quanto non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate. Il Direttore Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto riportato nel presente paragrafo.

Oltre a quanto previsto nei punti applicabili del §11.1 del D.M. 11/1/2018, ogni fornitura in cantiere di elementi costruttivi prefabbricati, sia di serie che occasionali, dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art. 58 del D.P.R. 380/2001, da consegnare al Direttore Lavori dell'opera in cui detti elementi costruttivi vengono inseriti, che ne curerà la conservazione:

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

1. i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, compreso l'elenco degli elementi forniti con relativi contrassegni;
2. apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
3. le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
4. elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei Lavori al Committente, a conclusione dell'opera;
5. per elementi di serie qualificati, certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare il nominativo del progettista e copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;
6. documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore Lavori di cui all'art.65 del D.P.R. 380/2001.

Prima di procedere all'accettazione dei manufatti, il Direttore Lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati, come prescritto dal D.M. 17/1/2018.

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al Direttore Lavori, e questi alla Stazione Appaltante, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- a) destinazione del prodotto;
- b) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;
- c) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;
- d) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- e) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

#### ▪ STRUTTURE PREFABBRICATE

Le condotte dovranno essere conformi alla norma UNI EN 14844:2012, dovranno essere realizzati secondo i disegni costruttivi e calcoli allegati elaborati dal progettista e secondo prescrizioni della D.L. per sopportare carichi per strade di 1° categoria con ricoprimento massimo di 0,5 m misurato da estradosso manufatto come previsto in Elenco prezzi. Dovrà comunque essere verificato il manufatto per le profondità massime di interrimento previste in progetto, e come da profilo longitudinale di progetto.

Prima dell'accettazione in cantiere dei manufatti l'impresa dovrà sottoporre alla Direzione Lavori i disegni tecnici dei manufatti con le relazioni di calcolo elaborate in conformità a D.M. 17/1/2018, a firma ingegnere progettista, con specifiche tecniche calcestruzzo ed acciaio rispondenti a quanto previsto in progetto e con le relative certificazioni su materiali impiegati in produzione.

Gli elementi dovranno essere posti in opera su base continua di calcestruzzo a consistenza plastica e resistenza caratteristica non inferiore a C16/20 (Rck 200), armata con rete elettrosaldata di acciaio B450C (Feb 44 K), come previsto in progetto, sovrapponendo maglia a maglia sulle giunzioni, e risultare rettilinei, compatti, levigati, senza fessure e con sezione interna che non presenti apprezzabili deformazioni in modo che ogni elemento possa combaciare perfettamente con il seguente.

Ciascun elemento dovrà avere una lunghezza non inferiore a quella prevista dal disegno costruttivo e terminare con apposito incastro perimetrale maschio-femmina come definito nello stesso, onde permettere le giunzioni tramite guarnizioni elastomeriche che assicurino la perfetta tenuta idraulica. Le guarnizioni devono essere conformi alle norme UNI EN 681-1:2006, a profilo cuneiforme adeguatamente inserite e fissate sul maschio tramite apposito mastice al fine di evitare, nella fase di giunzione, deformazioni del profilo e deviazioni dalla posizione rispondente al punto di compressione. Il lubrificante necessario per ottenere una corretta giunzione deve essere compatibile con la qualità della gomma.

I manufatti non devono presentare alcun foro né per il sollevamento né per la movimentazione; tali operazioni devono essere eseguite con apposita "forca" o chiodi di sollevamento dotati di maniglie adeguate, tramite autogrù di adeguata potenza, l'impresa dovrà essere altresì dotata di idonei mezzi "tiratubi" per l'inserimento della punta maschio nella femmina evitando tassativamente l'uso della benna o similari, nel rispetto del D.Lgs. 81/08 in riferimento al "Piano di Sicurezza", la Stazione Appaltante darà a questo proposito una stesura di sintesi essenziale dalla quale non si può derogare.

La preparazione della base continua (piano di posa) a fondo scavo dovrà essere eseguita previa posa in opera di guida di precisione disposta trasversalmente all'asse di scavo, ad interasse non superiore a m 4,0 e di larghezza non inferiore alla larghezza del condotto per l'esatta determinazione delle livellette. Per la collocazione di detti correnti l'impresa è tassativamente obbligata a fare uso costante di apparecchiature a raggio laser.

La D.L. verificherà in laboratorio di propria fiducia la rispondenza dei manufatti, delle armature, della qualità della gomma degli elastomeri, del lubrificante e del rivestimento interno sia per spessore che per composizione, ogni spesa sarà a carico della Impresa esecutrice. Su richiesta della D.L. l'Impresa a sua cura e spesa trasporterà un elemento presso laboratorio e verrà effettuata prova a rottura del manufatto prefabbricato con verifica per carichi su soletta superiore come da richieste e schemi di carico che verranno forniti da D.L..

Le condotte e manufatti dovranno essere datati e marcati in modo indelebile e chiaramente visibile dalla ditta costruttrice, e dovrà essere fornito in allegato al D.D.T. documento per marcatura CE secondo metodo 2 della norma UNI EN 14844:2012, non saranno accettate se non aventi almeno 20 giorni di stagionatura, inoltre dovranno essere prodotte in stabilimento avente sistema F.P.C. (controllo produzione fabbrica) certificato secondo UNI EN 14844:2012.

## ART. 19. SOLAI

### ▪ GENERALITÀ

Le coperture degli ambienti e dei vani e le suddivisioni orizzontali tra gli stessi saranno eseguite a seconda delle indicazioni di progetto.

I solai di partizione orizzontale (interpiano) e quelli di copertura dovranno essere previsti per sopportare, a seconda della destinazione prevista per i locali relativi, i carichi comprensivi degli effetti dinamici ordinari, previsti al D.M. 17/1/2018 e circ. 7/2019. Le deformazioni devono risultare compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati.

Per quanto attiene la distribuzione delle armature trasversali, longitudinali, per taglio, si fa riferimento alle citate norme contenute nel D.M. 17/1/2018.

In fase di esecuzione, prima di procedere ai getti, i laterizi devono essere convenientemente bagnati. Gli elementi con rilevanti difetti di origine o danneggiati durante la movimentazione dovranno essere eliminati.

Si dovrà studiare la composizione del getto in modo da evitare rischi di segregazione o la formazione di nidi di ghiaia e per ridurre l'entità delle deformazioni differite.

Il diametro massimo degli inerti impiegati non dovrà superare 1/5 dello spessore minimo delle nervature né la distanza netta minima tra le armature.

Il getto deve essere costipato in modo da garantire l'avvolgimento delle armature e l'aderenza sia con i blocchi sia con eventuali altri elementi prefabbricati.

- SOLAI PREFABBRICATI.

Tutti gli elementi prefabbricati di calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso destinati alla formazione di solai privi di armatura resistente al taglio o con spessori, anche locali, inferiori ai 4 cm, devono essere prodotti in serie controllata. Tale prescrizione è obbligatoria anche per tutti gli elementi realizzati con calcestruzzo di inerte leggero o calcestruzzo speciale. Per gli orizzontamenti in zona sismica, gli elementi prefabbricati devono avere almeno un vincolo che sia in grado di trasmettere le forze orizzontali a prescindere dalle resistenze di attrito. Non sono comunque ammessi vincoli a comportamento fragile. Quando si assuma l'ipotesi di comportamento a diaframma dell'intero orizzontamento, gli elementi dovranno essere adeguatamente collegati tra di loro e con le travi o i cordoli di testata laterali.

È ammessa deroga alle prescrizioni di cui sopra qualora i calcoli condotti con riferimento al reale comportamento della struttura (messa in conto dei comportamenti non lineari, fessurazione, affidabili modelli di previsione viscosa, ecc.) anche eventualmente integrati da idonee sperimentazioni su prototipi, non superino i limiti indicati nel D.M. LL.PP. 9/1/1996 e D.M. 17/1/2018 e circ. esplicativa 7/2019 e s.m.i..

Le deformazioni devono risultare in ogni caso compatibili con le condizioni di esercizio del solaio e degli elementi costruttivi ed impiantistici ad esso collegati.

Per i solai alveolari, per elementi privi di armatura passiva d'appoggio, il getto integrativo deve estendersi all'interno degli alveoli interessati dalla armatura aggiuntiva per un tratto almeno pari alla lunghezza di trasferimento della precompressione.

Si intendono come solai le strutture bidimensionali piane caricate ortogonalmente al proprio piano, con prevalente comportamento resistente monodirezionale.

- SOLAI MISTI DI C.A. E C.A.P. E BLOCCHI FORATI IN LATERIZIO

Nei solai misti in calcestruzzo armato normale e precompresso e blocchi forati in laterizio, i blocchi in laterizio hanno funzione di alleggerimento e di aumento della rigidità flessionale del solaio. Essi si suddividono in blocchi collaboranti e non collaboranti.

Nel caso di blocchi non collaboranti la resistenza allo stato limite ultimo è affidata al calcestruzzo ed alle armature ordinarie e/o di precompressione. Nel caso di blocchi collaboranti questi partecipano alla resistenza in modo solidale con gli altri materiali.

- SOLAI MISTI DI C.A. E C.A.P. E BLOCCHI DIVERSI DAL LATERIZIO

Possono utilizzarsi per realizzare i solai misti di calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso anche blocchi diversi dal laterizio, con sola funzione di alleggerimento.

I blocchi in calcestruzzo leggero di argilla espansa, calcestruzzo normale sagomato, polistirolo, materie plastiche, elementi organici mineralizzati ecc, devono essere dimensionalmente stabili e non fragili, e capaci di seguire le deformazioni del solaio.

- SOLAI REALIZZATI CON COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.

I componenti di questi tipi di solai devono rispettare le norme di cui al presente §4.1 del D.M. 17/1/2018.

I componenti devono essere provvisti di opportuni dispositivi e magisteri che assicurino la congruenza delle deformazioni tra i componenti stessi accostati, sia per i carichi ripartiti che per quelli concentrati. In assenza di soletta collaborante armata o in difformità rispetto alle prescrizioni delle specifiche norme tecniche europee, l'efficacia di tali dispositivi deve essere certificata mediante prove sperimentali.

Quando si voglia realizzare una redistribuzione trasversale dei carichi è necessario che il solaio così composto abbia dei componenti strutturali ortogonali alla direzione dell'elemento resistente principale.

Qualora il componente venga integrato da un getto di completamento all'estradosso, questo deve avere uno spessore non inferiore a 40 mm ed essere dotato di una armatura di ripartizione a maglia incrociata e si deve verificare la trasmissione delle azioni di taglio fra elementi prefabbricati e getto di completamento, tenuto conto degli stati di coazione che si creano per le diverse caratteristiche reologiche dei calcestruzzi, del componente e dei getti di completamento.

## ART. 20. STRUTTURE IN ACCIAIO

### ▪ GENERALITÀ

Le strutture di acciaio dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto al §4.2 del D.M. 17/1/2018 costruzioni in acciaio e successive modifiche e integrazioni.

L'impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della Direzione Lavori:

- a) gli elaborati progettuali esecutivi di cantiere, comprensivi dei disegni esecutivi di officina, sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e peso teorici di ciascun elemento costituente la struttura, nonché la qualità degli acciai da impiegare;
- b) tutte le indicazioni necessarie alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle opere di fondazione.

I suddetti elaborati dovranno essere redatti a cura e spese dell'Appaltatore.

### *Prove di carico e collaudo statico*

Prima di sottoporre le strutture di acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, quando prevista, verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto. Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture; operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'impresa, secondo le Prescrizioni contenute nei decreti Ministeriali, emanati in applicazione della Legge 1086 del 5/11/1971.

### ▪ MATERIALI

Gli acciai di uso generale laminati a caldo in profilati, barre, larghi piatti, lamiere e profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastri laminati a caldo) devono appartenere ai gradi da S235 ad S460 compresi e le loro caratteristiche devono essere conformi ai requisiti di cui al §11.3.4 D.M. 17/1/2018. I valori della tensione di snervamento  $f_{yk}$  e della tensione di rottura  $f_{tk}$  da adottare nelle verifiche quali valori caratteristici sono specificati nel §11.3.4.1 del D.M. 17/1/2018. Per le applicazioni nelle zone dissipative delle costruzioni soggette ad azioni sismiche sono richiesti ulteriori requisiti specificati nel §11.3.4.9 del D.M. 17/1/2018.

### ▪ SALDATURE

I procedimenti di saldatura e i materiali di apporto devono essere conformi ai requisiti di cui al §11.3.4 del D.M. 17/1/2018. Per l'omologazione degli elettrodi da impiegare nella saldatura ad arco può farsi utile riferimento alla norme UNI EN ISO 2560:2010.

Per gli altri procedimenti di saldatura devono essere impiegati i fili, flussi o gas di cui alle prove di qualifica del procedimento. Le caratteristiche dei materiali di apporto (tensione di snervamento, tensione di rottura, allungamento a rottura e resilienza) devono, salvo casi particolari precisati dal progettista, essere equivalenti o migliori delle corrispondenti caratteristiche delle parti collegate.

### ▪ BULLONI E CHIODI

I bulloni e i chiodi per collegamenti di forza devono essere conformi ai requisiti di cui al §11.3.4 del D.M. 17/1/2018. I valori della tensione di snervamento  $f_{yb}$  e della tensione di rottura  $f_{tb}$  dei bulloni, da adottare nelle verifiche quali valori caratteristici sono specificati nel §11.3.4.6 del D.M. 17/1/2018.

## ART. 21. ESECUZIONI DI PAVIMENTAZIONI

### ▪ PAVIMENTAZIONI IN GENERALE

Durante la fase di posa si curerà la corretta esecuzione degli eventuali motivi ornamentali, la posa degli elementi di completamento e/o accessori, la corretta esecuzione dei tagli, dei giunti, delle zone di interferenza (bordi, elementi verticali, linee di contatto con apparecchiature o manufatti ecc.) nonché le caratteristiche di planarità o comunque delle conformazioni superficiali rispetto alle prescrizioni di progetto, nonché le condizioni ambientali di posa ed i tempi di maturazione.

L'applicazione sulla superficie delle massicciate cilindrate o ai calcestruzzi di sottofondo stradale di qualsiasi rivestimento a base di leganti bituminosi, catramosi od asfaltici, richiede che tale superficie risulti rigorosamente pulita, e cioè scevra in modo assoluto di polvere e fango, in modo da mostrare a nudo il mosaico dei pezzi di pietrisco.

Ove quindi la ripulitura della superficie della massiciata non sia già stata conseguita attraverso un accurato preventivo lavaggio del materiale costituente lo strato superiore, da eseguirsi immediatamente prima dello spandimento e della compressione meccanica, la pulitura si potrà iniziare con scopatrici meccaniche, cui farà seguito la scopatura a mano con lunghe scope flessibili. L'eliminazione dell'ultima polvere si dovrà fare di norma con acqua sotto pressione, salvo che la Direzione dei lavori consenta l'uso di soffiatrici che eliminino la polvere dagli interstizi della massiciata. Sarà di norma prescritto il lavaggio quando in relazione al tipo speciale di trattamento stabilito per la massiciata, il costipamento di quest'ultima superficie, sia tale da escludere che essa possa essere sconvolta dalla azione del getto d'acqua sotto pressione, e si impieghino, per il trattamento superficiale, emulsioni.

Per leganti a caldo, per altro, il lavaggio sarà consentito solo nei periodi estivi; e sarà comunque escluso quando le condizioni climatiche siano tali da non assicurare il pronto asciugamento della massiciata che possa essere richiesto dal tipo di trattamento o rivestimento da eseguire sulla massiciata medesima, in modo da tener conto della necessità di avere, per quei trattamenti a caldo con bitume o catrame che lo esigono, una massiciata perfettamente asciutta. Prima di stendere qualsiasi tipo di conglomerato bituminoso, le superfici interessate dovranno essere trattate con apposita mano di ancoraggio di emulsione.

I prodotti per pavimentazioni stradali da stendere sulle superfici così preparate dovranno rispondere ai requisiti indicati nell'apposito capitolo sulla qualità dei materiali. La loro posa in opera sarà eseguita di norma a mezzo di spanditrici- finitrici a temperatura non inferiore a 120° e successivamente compressi con rullo a rapida inversione di marcia, di peso adeguato.

La superficie dovrà essere priva di ondulazione: un'asta rettilinea lunga 4 metri posta su di essa non dovrà avere la faccia di contatto distante più di 5 mm e solo in qualche punto singolare del piano.

## **ART. 22. PARATIE E DIAFRAMMI**

### **▪ GENERALITÀ**

La paratia o il diaframma costituiscono una struttura di fondazione infissa o costruita in opera a partire dalla superficie del terreno con lo scopo di realizzare tenuta all'acqua ed anche a sostegno di scavi.

Le paratie ed i diaframmi potranno essere:

- a) a palancole metalliche infisse;
- b) a palancole prefabbricate con calcestruzzo armato centrifugato infisse;
- c) a pali in calcestruzzo armato di grosso diametro accostati;
- d) a diaframma gettato in opera di calcestruzzo armato;

### **A) PALANCOLE METALLICHE INFISSE**

Le palancole metalliche, di sezione varia, devono rispondere comunque ai seguenti requisiti fondamentali: adeguata resistenza agli sforzi di flessione, facilità di infissione, impermeabilità delle giunzioni, facilità di estrazione e reimpiego (ove previsto) ed elevata protezione contro le corrosioni.

L'infissione delle palancole sarà effettuata con i sistemi normalmente in uso. Il maglio dovrà essere di peso complessivo non minore del peso delle palancole, comprensivo della relativa cuffia.

Dovranno essere adottate speciali cautele, affinché, durante l'infissione, gli incastri liberi non si deformino e rimangano puliti da materiali, così da garantire la guida alla successiva palanca. A tale scopo gli incastri prima dell'infissione dovranno essere riempiti di grasso.

Durante l'infissione si dovrà procedere in modo che le palancole rimangano perfettamente verticali non essendo ammesse deviazioni, disallineamenti o fuoriuscite dalle guide.

Per ottenere un più facile affondamento, specialmente in terreni ghiaiosi e sabbiosi, l'infissione, oltre che con la battitura, potrà essere realizzata con il sussidio dell'acqua in pressione fatta arrivare, mediante un tubo metallico, sotto la punta della palanca.

Se durante l'infissione si verificassero fuoriuscite dalle guide, disallineamenti o deviazioni che a giudizio della Direzione Lavori non fossero tollerabili, la palanca dovrà essere rimossa e reinfissa o sostituita, se danneggiata.

Per ulteriori informazioni si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme: UNI EN 10248-1:1997, UNI EN 10248-2:1997, UNI EN 10249-1:1997, UNI EN 10249-2:1997.

### **B) PALANCOLE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO ARMATO CENTRIFUGATO INFISSE**

Le palancole prefabbricate saranno centrifugate a sezione cava.



Il conglomerato cementizio impiegato dovrà avere una resistenza caratteristica a 28 giorni non inferiore a 40 N/mm<sup>2</sup> e dovrà essere esente da porosità od altri difetti. Il cemento sarà ferrico pozzolanico, pozzolanico o d'altoforno.

Potrà essere richiesto, per infissione con battitura in terreni tenaci, l'inserimento nel getto di puntazza metallica. L'operazione d'infissione sarà regolata da prescrizioni analoghe a quelle stabilite per i pali in calcestruzzo armato centrifugato di cui al successivo articolo.

Nel caso specifico, particolare cura dovrà essere posta nell'esecuzione dei giunti, da sigillare con getto di malta cementizia.

#### **C) PARATIE A PALI IN CALCESTRUZZO ARMATO DI GROSSO DIAMETRO ACCOSTATI**

Dette paratie saranno di norma realizzate mediante pali di calcestruzzo armato eseguiti in opera accostati fra loro e collegati in sommità da un cordolo di calcestruzzo armato.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione dei pali, si rinvia a quanto fissato nel relativo articolo. Particolare cura dovrà essere posta nell'accostamento dei pali fra loro e nel mantenere la verticalità dei pali stessi.

#### **D) DIAFRAMMI IN CALCESTRUZZO ARMATO**

In linea generale, i diaframmi saranno costruiti eseguendo lo scavo del terreno, a qualsiasi profondità, con benna o altro sistema idoneo a dare tratti di scavo (conci) della lunghezza singola di norma non inferiore a 2,50 m. Lo scavo verrà eseguito con l'ausilio di fango bentonitico per evacuare i detriti e per il sostegno provvisorio delle pareti.

I fanghi di bentonite dovranno essere costituiti di una miscela di bentonite attivata, di ottima qualità, ed acqua, di norma nella proporzione di 8-16 kg di bentonite asciutta per 100 litri d'acqua, salvo la facoltà della Direzione Lavori di ordinare una diversa dosatura. Il contenuto in sabbia finissima dovrà essere inferiore al 3% in massa della bentonite asciutta.

Nel foro appena scavato saranno inserite le gabbie di armatura in acciaio che dovranno essere opportunamente saldate e irrigidite per una corretta posa. Dopo la posa in opera dell'armatura metallica interessante il concio, opportunamente sostenuta e mantenuta in posizione, sarà effettuato il getto del conglomerato cementizio con l'ausilio di un'opportuna prolunga o tubo di getto, la cui estremità inferiore sarà tenuta almeno due metri al di sotto del livello del fango, al fine di provocare il rifluimento in superficie dei fanghi bentonitici e di eseguire, senza soluzioni di continuità, il getto stesso. Il getto dovrà essere portato fino ad una quota superiore di circa 50 cm a quella di progetto.

I getti dei calcestruzzi saranno eseguiti solo dopo il controllo della profondità di scavo raggiunta e la verifica della armatura da parte della Direzione Lavori.

Nella ripresa dei getti, da concio a concio, si adatteranno tutti gli accorgimenti necessari al fine di evitare distacchi, discontinuità e differenze nei singoli conci. L'allineamento planimetrico della benna di scavo del diaframma sarà ottenuto di norma con la formazione di guide o corree in calcestruzzo anche debolmente armato.

Il collegamento fra i diversi conci dovrà essere assicurato in sommità da un cordolo di calcestruzzo armato.

Nella realizzazione delle opere devono essere previste le opere provvisorie necessarie al contenimento e/o deviazione delle acque, la rimozione delle stesse con il ripristino dello stato precedente dei luoghi; l'esecuzione a campioni; la rettifica (scapitozzatura) della testa dei diaframmi; la regolarizzazione/rifinitura delle pareti a vista; la stuccatura e stilatura dei giunti con malta cementizia; la formazione di fori di drenaggio; la realizzazione delle vasche per la bentonite; quanto altro necessario per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte.

#### Prove e verifiche sul diaframma

L'opera dovrà essere sottoposta alle prove di cui al D.M. 17/1/2018.

Oltre alle prove di resistenza sui calcestruzzi e sugli acciai impiegati previsti dalle vigenti norme, la Direzione Lavori potrà richiedere prove di assorbimento per i singoli pannelli, nonché eventuali carotaggi per la verifica della buona esecuzione dei diaframmi stessi.

## **ART. 23. FONDAZIONI SPECIALI**

### **1 CAMPO DI APPLICAZIONI, ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI**

#### **1.1 Campo di applicazione**

La presente sezione di Capitolato è relativa a:

a) Pali di medio e grande diametro

Tali pali, dal punto di vista esecutivo, sono identificati dalle seguenti tipologie:

- Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)
- Pali trivellati
- Pali trivellati ad elica continua
- Pali con morsa giracolonna

b) Micropali

Si definiscono micropali, i pali trivellati aventi diametro < 250 mm costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Tali pali, dal punto di vista esecutivo, sono identificati dalle seguenti tipologie:

- Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive
- Micropali a semplice cementazione

c) Tiranti di ancoraggio

Si definiscono tiranti di ancoraggio i pali trivellati di fondazione comunque inclinati rispetto alla verticale aventi diametro inferiore a mm 250 con fusto costituito da malta o pasta di cemento gettata in opera e da idonea armatura di acciaio opportunamente collegati al terreno e atti a resistere a sforzi di trazione. Gli ancoraggi possono inoltre essere suddivisi in attivi (presollecitati) e passivi (non presollecitati).

### **1.2 Oneri e prescrizioni generali**

a) Prima di dare inizio ai lavori l'APPALTATORE dovrà presentare alla DIREZIONE LAVORI una planimetria riportante la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova, contrassegnati da un numero progressivo indicativo di ciascun palo.

b) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere alle indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possono interferire con i pali (micropali) da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere effettuate prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione.

c) Prima dell'inizio dei lavori l'APPALTATORE dovrà eseguire il tracciamento dei pali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo (micropalo)

d) L'APPALTATORE dovrà verificare e fare in modo che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti. Sarà altresì cura dell'APPALTATORE selezionare ed utilizzare le attrezzature più adeguate alle condizioni ambientali, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni ed alle dimensioni dei pali (micropali).

e) Nel caso in cui durante il corso dei lavori l'APPALTATORE ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate (vedere punti 4.2 e 5.2), sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie.

f) Sarà cura dell'APPALTATORE apporre adeguati contrassegni, opportunamente spazati, su tutti gli elementi (tubi-forma, gabbie d'armatura, pali, funi, etc.) sui quali nelle differenti fasi di lavorazione è necessario effettuare delle misurazioni per verificare la profondità d'infissione, il livello d'estrazione ed il rifiuto.

g) Sarà cura dell'APPALTATORE adottare tutti gli accorgimenti necessari ad attenuare i disturbi alle persone derivanti dalla vibrazione e dai rumori connessi con le attività di scavo. Sarà altresì cura dell'APPALTATORE evitare che l'installazione dei pali arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, ai pali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

h) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dalle perforazioni e dalle lavorazioni comunque connesse con la realizzazione dei pali.

i) Sarà cura dell'APPALTATORE far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato e dalle Specifiche di Controllo Qualità, così come quelli integrativi richiesti dalla DIREZIONE LAVORI, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto

j) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali (micropali), fino alla quota di progetto (piano d'imposta della fondazione sovrastante), provvedendo altresì alla sistemazione e ripulitura dei ferri d'armatura. Nel caso in cui, per effetto delle lavorazioni subite, la parte superiore del palo non avesse le

caratteristiche richieste, l'APPALTATORE dovrà provvedere alla estensione della scapitozzatura (per eliminare tale parte) ed alla ricostruzione, fino al piano d'imposta della fondazione sovrastante.

k) L'APPALTATORE dovrà provvedere, con il procedere dei lavori, alla redazione del progetto "as built" che dovrà riportare tutte le informazioni relative alla stratigrafia effettivamente rinvenuta durante la perforazione di ogni palo, la loro effettiva profondità posizione e quota.

l) L'APPALTATORE dovrà inoltre essere indicati i m<sup>3</sup> gettati da ogni betoniera e la corrispondente quota raggiunta dal cls nel foro onde poter riscontrare le difformità tra i valori gettati e quelli attesi. Tali dati dovranno essere trasmessi alla DL. Eventuali anomalie dovranno essere riportate sul progetto "as built".

## **2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative e relativi aggiornamenti e, dove applicabili, a tutte quelle indicate nelle sezioni di capitolato richiamate nel testo:

- Legge 5 Novembre 1971, n. 1086 – "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Circolare ministero LL. PP. N. 11951 del 14/02/1974 – "Circolare illustrativa della legge del 05/11/1971";
- Legge 2 Febbraio 1974 n° 64 – "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008 – "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. Infrastrutture 6 Maggio 2008 – "Integrazione al decreto 14 Gennaio 2008 di approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 C.S.LL.PP. – "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".
- "Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1.
- "Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1,2.
- L.R.Toscana 10/11/2014 n°65 "Norme tper il governo del territorio" e relativi regolamenti di attuazione
- Norma UNI EN 206:2014 Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dic. 1984.
- Norma ASTM D1 143-81: "Standard test method for piles under static axial compressive loads"
- Norma DIN n. 4150 1-2-3
- Norma UNI 9916:2014: Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- Specifica RFI DTC INC PO SP IFS 001 A : Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario (rev.A del 21/12/2011).
- Specifica RFI DTC INC CS SP IFS 001 A : Specifica per la progettazione geotecnica delle opera civili ferroviarie (rev.A del 21/12/2011).

## **3 DEFINIZIONI**

### *a) Pali infissi*

#### **a.1) Pali infissi gettati in opera**

Si definiscono pali infissi 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**

Si definiscono pali infissi prefabbricati 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.

*b) Pali trivellati*

Si definiscono pali trivellati 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.

*c) Pali trivellati ad elica continua*

Si definiscono pali trivellati ad elica continua i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

*d) Pali con morsa giracolonna*

Si definiscono pali con morsa giracolonna, i pali trivellati 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

*e) Micropali a iniezione multipla selettiva*

Si definiscono micropali ad iniezione multipla selettiva 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.

*f) Micropali a semplice cementazione*

Si definiscono micropali a semplice cementazione 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 (a.m.), e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirale continua in tondo a.m. o liscio.

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.

*g) Tiranti di ancoraggio*

Si definiscono tiranti di ancoraggio i pali trivellati di fondazione comunque inclinati rispetto alla verticale aventi diametro inferiore a mm 250 con fusto costituito da malta o pasta di cemento gettata in opera e da idonea armatura di acciaio opportunamente collegati al terreno e atti a resistere a sforzi di trazione.

Gli ancoraggi possono essere di tipo provvisorio o permanente.

Gli ancoraggi possono inoltre essere suddivisi in attivi (presollecitati) e passivi (non presollecitati).

I tiranti attivi devono prevedere la possibilità di un piano di monitoraggio e controllo delle tensioni e di eventuale regolazione del tiro durante tutta la vita utile della struttura.

I tiranti attivi devono essere oggetto di prove di carico di progetto e verifica conformemente ai disposti dell'art.6.6.4. delle NTC 2008.

I tiranti passivi sono equiparati, anche ai fini delle prove di progetto e di verifica, a pali soggetti a trazione.

La durabilità e la compatibilità con i terreni dei materiali impiegati per la costruzione dei tiranti, nonché i sistemi di protezione dalla corrosione devono essere documentati.

Il diametro dei fori non deve essere inferiore al diametro nominale previsto in progetto.

La tesatura dei tiranti deve essere effettuata in conformità al programma di progetto. In ogni caso la tesatura non può avere inizio prima che siano esauriti i fenomeni di presa e indurimento del materiale costituente la fondazione dell'ancoraggio.

Modalità ammesse per la formazione del fusto:

- tipo a) riempimento a gravità;
- tipo b) riempimento a bassa pressione;
- tipo c) iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità sono da applicare rispettivamente:

- tipo a), per tiranti passivi eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformazione a breve termine superi orientativamente i 200 MPa;
- tipo b) e c), per tiranti passivi eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 200 Mpa. In particolare la modalità tipo c) è da eseguire in caso di tiranti passivi in terreni fortemente eterogenei e per consentire capacità portanti elevate (> 30 t) anche in terreni poco addensati.
- tipo c), per tiranti attivi.

#### **4 PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO**

##### **4.1 Soggezioni geotecniche e ambientali**

###### **4.1.1 Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)**

L'APPALTATORE dovrà trasmettere alla DIREZIONE LAVORI un Programma Lavori nel quale viene indicata la successione cronologica prevista per le infissioni. Dovrà inoltre assicurare il rispetto delle norme DIN 4150 in merito ai limiti delle vibrazioni, comunicando alla DIREZIONE LAVORI i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi.

La DIREZIONE LAVORI, a sua discrezione, potrà richiedere che l'APPALTATORE provveda ad eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese relative a carico del medesimo APPALTATORE.

L'esecuzione di prefori per la riduzione della vibrazione è ammessa, con le limitazioni di cui ai successivi paragrafi del presente Capitolato.

###### **4.1.2 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 sarà di norma ammessa; in casi particolari potrà essere adottata, previa informazione alla DIREZIONE LAVORI, solo in terreni fortemente cementati o argillosi caratterizzati da valori della coesione non drenata ( $c_u$ ) alla generica profondità di scavo (H) soddisfino la seguente condizione, dove  $\gamma$  = peso di volume totale:  
$$c_u > \gamma H/3 ;$$
- per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice;
- 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 ( $D_{10} > 4$  mm).

###### **4.1.3 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.

##### **4.2 Prove preliminari**

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'APPALTATORE alla DIREZIONE LAVORI.

Se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera o soggezioni ambientali, l'idoneità di tali attrezzature e l'adeguatezza delle modalità esecutive dovranno essere verificate mediante l'esecuzione di prove preliminari su campo..

##### **4.3 Tolleranze**

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

- coordinate planimetriche del centro del palo (rispetto al diametro del palo)  $\pm 10\%$  (max 5 cm);
- verticalità  $\pm 2\%$ ;
- lunghezza:
  - pali aventi diametro  $< 600$  mm  $\pm 15$  cm
  - pali aventi diametro  $> 600$  mm  $\pm 25$  cm
- diametro finito  $\pm 5\%$
- quota di testa palo  $\pm 5$  cm.

#### **4.4 Materiali**

Le prescrizioni che seguono sono integrative di quelle di cui alla Sez. VI, (Opere in Conglomerato Cementizio) che si intendono integralmente applicabili.

##### **4.4.1 Armature metalliche**

Le armature metalliche saranno di norma 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 saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti.

Nel caso di utilizzo di acciaio saldabile 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.

In questo caso devono essere rispettate le prescrizioni riportate nel capitolo "Acciaio d'armatura per c.a e c.a.p." del 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 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 lisce verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali; orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà provvedersi un cerchiate ogni 2,5 m.

Non si ammette di norma 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 saranno 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 saranno 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 40 diametri, mediante impiego di un adeguato numero di morsetti.

##### **4.4.2 Rivestimenti metallici**

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

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 (ad esempio vernici a base di poliuretano - catrame), da concordare con la DIREZIONE LAVORI.

#### **4.4.3 Conglomerati cementizi**

I calcestruzzi saranno conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto e nel Capitolato.

La dimensione massima degli inerti, inoltre, dovrà essere tale che  $D_{max} * 2.5 < i_{min}$ .

dove  $i_{min}$  è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

#### **4.4.4 Fanghi bentonitici**

Si sottolinea che è ammesso esclusivamente l'uso di fanghi bentonitici.

La bentonite avrà le caratteristiche minime indicate in tabella 4.1.

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.

##### *4.4.4.1 Preparazione fanghi bentonitici*

I fanghi saranno ottenuti per idratazione della bentonite sopra descritta in acqua chiara di cantiere, con eventuale impiego di additivi non flocculanti.

Il dosaggio di bentonite, in peso, deve risultare di norma compreso fra il 4 ed il 7%.

Variazioni in più o in meno saranno stabilite, in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione.

L'impianto di preparazione del fango sarà costituito da:

- dosatori - mescolatori automatici (è ammesso, l'impiego di mud - hopper);
- silos di stoccaggio della bentonite in polvere;
- vasche di agitazione, maturazione e stoccaggio del fango fresco prodotto;
- relative pompe e circuito di alimentazione e di recupero fino agli scavi;
- vasche di recupero;
- dissabbiatori;
- vasca di raccolta della sabbia e di sedimentazione del fango non recuperabile.

Il fango verrà ottenuto miscelando, fino ad ottenere una sospensione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua dolce di cantiere;
- bentonite in polvere;
- additivi eventuali (dispersanti, sali tampone, etc.).

Dopo la miscelazione la sospensione verrà immessa nelle apposite vasche di "maturazione" del fango, nelle quali essa dovrà rimanere per un tempo adeguato, prima di essere impiegata nella perforazione. Di norma la maturazione richiede da 6 a 12 ore.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1,1 t/mc
- viscosità Marsh: compresa fra 30" e 60"
- temperatura: > 5° C
- pH: 9-11

##### *4.4.4.2 Controlli sul fango*

Sul fango bentonitico saranno eseguite, con la frequenza e le modalità indicate sulla Specifica di Controllo Qualità, le prove di controllo atte a determinare i parametri di seguito specificati:

- 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; in caso di esito non soddisfacente l'APPALTATORE sostituirà, parzialmente od integralmente, il fango per ricondurlo alle seguenti caratteristiche:
  - contenuto in sabbia del fango  $\leq 5\%$
  - densità  $\leq 1,15$  t/mc

#### **TABELLA 4.1 - CARATTERISTICHE E LIMITI DI ACCETTABILITÀ DELLA BENTONITE IN POLVERE**

- Residuo al vaglio da 10.000 maglie cm<sup>2</sup>  $\leq 1\%$
- Tenore di umidità  $\leq 15\%$
- Limite di liquidità  $\geq 400\%$
- Viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata  $\geq 40''$
- Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore  $\leq 2\%$
- Acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30' a 7 bar  $\leq 18$  cc
- pH dell'acqua filtrata  $7 \leq \text{pH} \leq 9$
- Spessore del cake sul filtro della filtro-prensa  $\leq 2.5$  mm

#### **4.5 Modalità esecutive**

##### **4.5.1 Pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo**

###### *4.5.1.1 Attrezzatura*

L'infissione del rivestimento definitivo sarà 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.

In ogni caso il battipalo impiegato deve essere in grado di fornire l'energia sufficiente alla infissione entro i terreni presenti nel sito; è prescritta comunque una energia minima non inferiore a 120 kJ.

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 agirà 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 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 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.



#### 4.5.1.2 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.

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

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

#### 4.5.1.3 Mandrino

E' prevista la possibilità di utilizzare un mandrino di acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello.

E' ammesso l'impiego di mandrini ad espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento.

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

#### 4.5.1.4 Infissione

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

L'APPALTATORE dovrà comunicare alla DIREZIONE 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 installati.

E' ammesso, se previsto dal progetto, ovvero se approvato dalla DIREZIONE 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<sup>a</sup> 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 sarà 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 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 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 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.

Di norma la profondità sarà inferiore ai 2/3 della profondità del palo, e comunque tale da non raggiungere lo strato portante (se esistente).

Il prefioro potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

#### 4.5.1.5 Armature

Le gabbie di armatura saranno assemblate in stabilimento o a piè d'opera in conformità con i disegni di progetto e con le specifiche di cui al punto 4.4.1.

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.

#### *4.5.1.6 Getto del calcestruzzo*

Il getto dovrà essere effettuato ad iniziare dal fondo foro, utilizzando un tubo convogliatore metallico di diametro 20-26 cm, in spezzoni di circa 3 m, dotato in sommità di una tramoggia di carico della capacità di almeno 0.5-0.6 mc.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere portato ad almeno 0.5-1.0 m al di sopra della quota di progetto della testa palo al fine di tenere conto del calo del calcestruzzo dovuto all'estrazione del tubo-forma (ove necessario) e comunque per consentire di eliminare la parte superiore del getto (scapitozzatura).

La cadenza di getto dovrà essere non inferiore a 15 mc/ora.

Durante il getto il tubo convogliatore sarà ritmicamente manovrato per circa 20-30 cm in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo evitando altresì la segregazione della malta dagli inerti.

Il tubo-getto sarà man mano accorciato, provvedendo a mantenere l'estremità inferiore entro il getto per almeno 2 m.

Per lamierini di diametro interno non superiore a 40 cm, il tubo-getto potrà essere omesso.

#### *4.5.1.7 Controlli e documentazione*

Nel corso dell'infissione verrà conteggiato il numero di colpi, per avanzamenti di 1 m.

In corrispondenza degli ultimi 4 m, o più se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, si conteggerà il numero di colpi per l'infissione di tratte successive di 10 cm.

Al termine della infissione l'APPALTATORE dovrà effettuare il controllo della profondità raggiunta, della verticalità e della posizione plano-altimetrica.

Per ciascun palo l'APPALTATORE provvederà a redigere una scheda indicante:

- n. progressivo del palo (riferito ad una planimetria)
- profondità d'infissione
- dati tecnici dell'attrezzatura
- informazioni relative alla locale stratigrafia
- tempo necessario per l'infissione
- tabella dei colpi per l'avanzamento
- grafico dei colpi relativo agli ultimi 4 m.

### **4.5.2 Pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile**

#### *4.5.2.1 Attrezzatura*

L'infissione del tubo forma provvisorio sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche di cui al punto

#### *4.5.2.2 Tubi di rivestimento*

Le medesime specifiche del punto 4.5.1.2. 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.

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

#### *4.5.2.3 Infissione*

L'infissione sarà effettuata in conformità a quanto specificato al punto 4.5.1.4. con la sola esclusione di quanto non applicabile.

#### *4.5.2.4 Armature*

Valgono le prescrizioni di cui al punto 4.5.1.5.

#### *4.5.2.5 Getto del calcestruzzo*

Il getto avverrà secondo le modalità e le prescrizioni di cui al punto 4.5.1.6., 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 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 è costituito da un grave metallico, del peso di circa 5 Kg, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato.

#### *4.5.2.6 Controlli e documentazione*

Valgono le prescrizioni di cui al punto 4.5.1.7.

### **4.5.3 Pali vibro-infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio**

#### *4.5.3.1 Attrezzatura*

L'energia necessaria per l'infissione sarà applicata in testa al palo utilizzando un battipalo analogo a quanto specificato al punto 4.5.1.1 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.

#### *4.5.3.2 Infissione del tubo forma*

Per quanto concerne le caratteristiche del tubo forma e le modalità di infissione dello stesso valgono le prescrizioni di cui ai punti 4.5.2.2 e 4.5.2.3.

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

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.

#### *4.5.3.3 Posa dell'armatura e getto*

Per quanto concerne le caratteristiche dell'armatura e le modalità di getto valgono le prescrizioni di cui ai punti 4.5.1.5 e 4.5.2.5.

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 favorisce 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, e inerti  $\varnothing$  max = 25 mm.

L'assorbimento reale di calcestruzzo può eccedere il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura del 10 - 20%.

#### *4.5.3.4 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.

In presenza di anomalie o differenze rispetto alle condizioni previste in progetto, l'APPALTATORE provvederà, qualora le condizioni reali risultino inferiori da quelli di progetto, al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti concordandoli con la DIREZIONE LAVORI.

### **4.5.4 Pali battuti prefabbricati**

#### *4.5.4.1 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 riportate nel capitolato relativamente alle Opere in conglomerato cementizio. 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.

#### *4.5.4.2 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 sarà 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.

#### *4.5.4.3 Protezione della punta*

La punta dei pali sarà 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).

#### *4.5.4.4 Attrezzatura*

L'infissione del palo sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche di cui al punto 4.5.1.1.

#### *4.5.4.5 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 saranno interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto.

Modalità, pressioni e portata del getto dovranno essere comunicate alla DIREZIONE LAVORI.

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

Il preforo 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 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.).

Si intende raggiunto il rifiuto quanto l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore a 2.5 cm.

#### *4.5.4.6 Controlli e documentazione*

Valgono le prescrizioni di cui al punto 4.5.1.7.

### **4.5.5 Pali trivellati con fanghi bentonitici**

#### 4.5.5.1 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.

#### 4.5.5.2 Preparazione del fango bentonitico

Il fango bentonitico, dovrà essere preparato ed utilizzato in accordo alle modalità indicate al punto 4.4.4.

#### 4.5.5.3 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 al 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.

#### 4.5.5.4 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.

#### 4.5.5.5 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 mc, 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 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 il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato per un'ampiezza di 20÷30 cm, 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.

E' prescritta una cadenza di getto non inferiore a 15 m<sup>3</sup>/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.

#### *4.5.5.6 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 procederà al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti concordandoli con la DIREZIONE LAVORI.

### **4.5.6 Pali trivellati con rivestimento provvisorio**

#### *4.5.6.1 Attrezzature*

##### *a) Escavatori*

Valgono le specifiche di cui al punto 4.5.5.1.

##### *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*

Valgono le prescrizioni di cui al punto 4.5.3.1.

##### *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.

#### *4.5.6.2 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. E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

#### *4.5.6.3 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.

#### *4.5.6.4 Armature*

Si applicano le specifiche di cui al punto 4.4.1.

#### *4.5.6.5 Getto del calcestruzzo*

Il getto avverrà conformemente alle specifiche di cui al punto 4.5.5.5 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.

#### *4.5.6.6 Controlli e documentazione*

Si applicano le specifiche di cui al punto 4.5.5.6.

### **4.5.7 Pali trivellati ad elica continua**

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

#### *4.5.7.1 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.

#### *4.5.7.2 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 avvitamento. 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 LAVORI potrà:

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

#### *4.5.7.3 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 4.4.1.

#### *4.5.7.4 Getto del calcestruzzo*

Il calcestruzzo verrà 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. Pertanto 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.

Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50÷150 KPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

#### *4.5.7.5 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 m, e di 1 m nel tratto finale, secondo le istruzioni impartite dalla DIREZIONE 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, 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 preforni, etc.) concordandoli con la DIREZIONE LAVORI.

#### **4.5.8 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 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 eseguita 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 disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche ad utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinarsi 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.

#### **4.5.9 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, descritta al punto 4.5.8.



## **5 MICROPALI**

### **5.1 Soggezioni geotecniche ed ambientali**

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più idonee in relazione alla natura del terreno attraversato. In particolare dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare il franamento delle pareti del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Di norma le perforazioni saranno quindi eseguite in presenza di rivestimento, con circolazione di fluidi di perforazione per l'allontanamento dei detriti e per il raffreddamento dell'utensile.

I fluidi di perforazione potranno consistere in:

- acqua
- fanghi bentonitici
- schiuma
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla DIREZIONE LAVORI.

Previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI potrà essere adottato la perforazione senza rivestimenti, con impiego di fanghi bentonitici.

La perforazione "a secco", senza rivestimento non è di norma ammessa; potrà essere adottata, previa comunicazione alla DIREZIONE LAVORI, solo in terreni fortemente cementati o argillosi, caratterizzati da valori della coesione non drenata che alla generica profondità di scavo H soddisfino la seguente condizione:

$$c_u > \gamma H/3$$

dove  $\gamma$  = peso di volume totale; per i terreni fortemente cementati il valore della coesione sarà determinato con prova di compressione semplice. La perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro.

La perforazione a rotazione a secco, o con impiego di aria è invece raccomandata in terreni argillosi sovraconsolidati.

Nel caso di impiego della rotopercolazione, sia mediante martello a fondo foro che mediante dispositivi di battuta applicati alla testa di rotazione (tipo Sistema KLEMM),

L'APPALTATORE dovrà assicurare il rispetto delle norme DIN 4150 in merito ai limiti delle vibrazioni.

In caso contrario per modalità di impiego della rotopercolazione ed i necessari provvedimenti dovranno essere comunicati alla DIREZIONE LAVORI.

La DIREZIONE LAVORI, a sua discrezione, potrà richiedere all'APPALTATORE di eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese a carico del medesimo APPALTATORE.

### **5.2 Prove preliminari**

La tipologia delle attrezzature ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'APPALTATORE alla DIREZIONE LAVORI.

Se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera o soggezioni ambientali, l'idoneità di tali

attrezzature e l'adeguatezza delle modalità esecutive dovranno essere verificate mediante l'esecuzione di prove preliminari su campo prova.

### **5.3 Tolleranze**

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

- coordinate planimetriche del centro del micropalo:  $\pm 2$  cm
- scostamento dell'inclinazione dall'asse teorico:  $\pm 2\%$
- lunghezza:  $\pm 15$  cm
- diametro finito:  $\pm 5\%$
- quota testa micropalo:  $\pm 5$  cm.

### **5.4 Materiali**

Le specifiche che seguono integrano le prescrizioni di cui al capitolo sulle opere in conglomerato cementizio di cui al presente Capitolato, che si intendono qui integralmente richiamate.

I micropali costruiti dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

#### **5.4.1 Tubi in acciaio**

E' prescritto l'impiego di tubi aventi caratteristiche geometriche e qualità dell'acciaio conformi a quanto indicato nei disegni di progetto.

I tubi dovranno essere del tipo senza saldature, con giunzioni a mezzo di manicotto filettato esterno. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno all'80% carico ammissibile a compressione. L'APPALTATORE dovrà eseguire un prelievo di tubazione giuntata, per fornitura omogenea, in modo da poter effettuare le prove di verifica a trazione.

Le valvole di iniezione, ove previste, saranno del tipo a "manchette", ovvero costituite da una guarnizione in gomma, tenuta in sede da due anelli metallici saldati esternamente al tubo, sul quale, in corrispondenza di ciascuna valvola, sono praticati almeno 2 fori  $\varnothing 8$  mm.

#### **5.4.2 Profilati in acciaio**

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati dovranno essere conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto.

Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici. Saranno ammesse giunzioni saldate, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali (12÷14m).

Le saldature saranno dimensionate ed eseguite in conformità alle norme citate al punto 2.

La DIREZIONE LAVORI si riserva la facoltà di richiedere che il saldatore abbia la qualifica a norma UNI EN ISO 9606-1:2013.

#### **5.4.3 Malte e miscele cementizie di iniezione**

##### *5.4.3.1 Cementi*

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno secondo quanto prescritto nel capitolo sulle opere in conglomerato cementizio di cui al presente Capitolato.

##### *5.4.3.2 Inerti*

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione.

In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti.

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

##### *5.4.3.3 Acqua di impasto*

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, dolce, le cui caratteristiche chimico fisiche dovranno soddisfare i requisiti di cui al presente Capitolato.

##### *5.4.3.4 Additivi*

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che l'APPALTATORE si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla DIREZIONE LAVORI per informazione.

##### *5.4.3.5 Preparazione delle malte e delle miscele cementizie*

###### *a) Caratteristiche di resistenza e dosaggi*

Di norma la resistenza cubica da ottenere per le malte e per le miscele cementizie di iniezione deve essere:

$$R_{ck} \geq 35 \text{ MPa}$$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \leq 0.45$$

*b) Composizione delle miscele cementizie*

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 mc di prodotto, dovrà essere la seguente:

- acqua: 5,4 kN
- cemento: 12 kN
- additivi: 0,1÷0,2 kN
- con un peso specifico pari a circa:  
 $\gamma = 18 \text{ kNt/m}^3$

*c) Composizione delle malte cementizie*

Nella definizione della formula delle malte, prevedendo un efficace miscelazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, si può fare riferimento al seguente dosaggio minimo, riferito ad 1 mc di prodotto finito:

- acqua: 2,7 kN
- cemento: 6 kN
- additivi: 0,05÷0,01 kN
- inerti: 11÷13 kN

*d) 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, per le miscele cementizie
- mixer per le malte
- Controlli su miscele e malte cementizie

La tipologia e la frequenza dei controlli da eseguire è indicata sulla Specifica di Controllo Qualità.

**5.5 Modalità esecutive**

**5.5.1 Micropali a iniezioni multiple selettive**

*5.5.1.1 Perforazione*

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

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

Nel caso di perforazione a rotopercussione con martello a fondo foro si utilizzeranno compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata  $> 1_0 \text{ m}^3/\text{min}$
- pressione 8 bar.

*5.5.1.2 Allestimento del micropalo*

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 l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Sono preferibili i centratori non metallici. Il tubo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina); la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sarà eseguita successivamente all'iniezione.

*5.5.1.3 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 richiesto nel punto 5.4.3.5.

*a) Formazione della guaina*

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare.

Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia. Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

#### *b) Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati*

Trascorso un periodo di 12 - 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla 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. Per 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 volumi 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 interno del tubo d'armatura.

#### *c) Caratteristiche degli iniettori*

Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione:  $\cong$  100 bar
- portata max:  $\cong$  2 m<sup>3</sup>/ora
- n. max pistonate/minuto:  $\cong$  60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla DIREZIONE LAVORI, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.

##### *5.5.1.4 Controlli e documentazione*

Per ogni micropalo eseguito l'APPALTATORE dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. del micropalo e data di esecuzione (con riferimento ad una planimetria)
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione: utensile – fluido - rivestimenti
- caratteristiche dell'armatura
- volume dell'iniezione di guaina
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase: data - pressioni di apertura - volumi di assorbimento - pressioni raggiunte
- caratteristiche della miscela utilizzata: composizione - peso specifico - viscosità Marsh - rendimento volumetrico o decantazione
- dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di compressione a rottura.

#### **5.5.2 Micropali a semplice cementazione**

##### *5.5.2.1 Perforazione*

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni di cui al punto 5.5.1.1.

##### *5.5.2.2 Allestimento del micropalo*

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni cui al punto 5.5.1.2., si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

#### *5.5.2.3 Cementazione*

##### *a) Riempimento a gravità*

Il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Nel caso si adotti una miscela contenente inerti sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sarà dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno > 80 mm.

Nel caso di malta con inerti fini o di miscela cementizia pura, senza inerti, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

##### *b) Riempimento a bassa pressione*

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente.

Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5 - 0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

#### *5.5.2.4 Controlli e documentazione*

Per ogni micropalo eseguito l'APPALTATORE dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n. del micropalo e data di esecuzione (con riferimento ad una planimetria)
- lunghezza della perforazione
- modalità di esecuzione della perforazione: utensile – fluido - rivestimenti
- caratteristiche dell'armatura
- volume della miscela o della malta
- caratteristiche della miscela o della malta (come da punto 5.5.1.4.).

## **6 TIRANTI DI ANCORAGGIO**

### **6.1 Soggezioni geotecniche e idrogeologiche**

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

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei micropali da pagarsi con i prezzi di elenco

### **6.2 Tolleranze geometriche**

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di cm 5, salvo diverse indicazioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse del tirante rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
- la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto.

Ogni tirante che risultasse non conforme alle tolleranze qui stabilite dovrà essere idoneamente sostituito, a cura e spese dell'Impresa.

### **6.3 Modalità esecutive**

#### **6.3.1 Tracciamento**

Prima di iniziare la perforazione si dovrà, a cura ed onere dell'Impresa, individuare sul terreno la posizione di tiranti mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun tirante.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del tirante quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'Impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i tiranti, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

#### **6.3.2 Perforazione**

La perforazione deve essere in generale condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto; in particolare dovrà essere minimizzato il disturbo del terreno nell'intorno del foro.

Il tipo b) necessita che la perforazione sia eseguita con posa di rivestimento provvisorio per tutta la profondità del tirante.

Per i tipi a) e c) la perforazione potrà essere eseguita con o senza rivestimento provvisorio, a secco o con circolazione di acqua o di fango di cemento e bentonite, in funzione dell'attitudine delle formazioni attraversate a mantenere stabili le pareti del foro e previa approvazione della Direzione Lavori.

Il fango di cemento e bentonite sarà confezionato adottando i seguenti rapporti in peso:

- bentonite/acqua: 0,05 - 0,08;
- cemento/acqua: 0,18 - 0,23.

In ogni caso la perforazione sottofalda in terreni con strati o frazioni incoerenti medio - fini (sabbie, sabbie e limi) non dovrà essere eseguita con circolazione di aria, per evitare il violento emungimento della falda a seguito dell'effetto eiettore ed il conseguente dilavamento del terreno.

A termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti azionando il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disgregatore.

L'ordine di esecuzione dei tiranti nell'ambito di ciascun gruppo dovrà assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorra anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei tiranti del gruppo in lavorazione.

#### **6.3.3 Confezione e posa delle armature**

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui al presente articolo e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del tirante.

##### *6.3.3.1 Armatura con barre di acciaio tipo GEWI®*

Si useranno barre longitudinali filettate in acciaio St370/800 di lunghezza massima possibile in relazione alle condizioni di trasporto ed esecuzione, giuntate fra loro con manicotti speciali di resistenza non inferiore a quella della barra corrente.

Le barre saranno protette con guaina in materiale plastico a tenuta d'acqua corrugate preiniettate in stabilimento di produzione. In corrispondenza dei manicotti di giunzione saranno applicati in opera, a serraggio effettuato, appositi manicotti in materiale plastico termoretraibile a tenuta d'acqua.

Lungo il fusto saranno applicati appositi distanziatori a fiasco in plastica per garantire il centraggio della barra nel foro. Saranno altresì applicati lungo il fusto i tubi di iniezione della boiaccia cementizia.

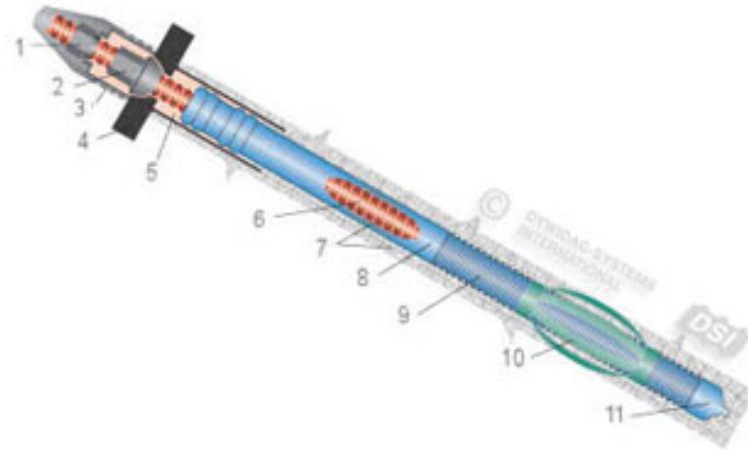
A seconda delle condizioni del terreno saranno effettuate

- una sola iniezione dal fondo al raggiungimento di una pressione residua alla bocca del tubo di iniezione di 0,7 MPa fino al raggiungimento di un volume di iniezione di malta di almeno due volte il volume teorico del foro (esclusa roccia) ma non superiore a quattro volte;
- qualora al superamento di tale volume non si riesca a mantenere il livello di pressione previsto si ricorrerà ad iniezioni multiple a diverse profondità in dipendenza della stratigrafia attraversata e previa approvazione della DL.

La testa del tirante sarà ancorata nella sede prevista sul cordolo di ripartizione mediante opportuna piastra a sede svasata e dado conico.

Tutti i dadi ed i manicotti saranno serrati con chiave dinamometrica.

Le testate saranno protette con apposite calotte anticorrosive o con altri idonei dispositivi approvati dalla DL.



Legenda: 1 Protezione anticorrosiva – 2 Dado conico – 3 Calotta – 4 Piastra di ancoraggio  
5 Boiaccia – 6 Barra a filettatura continua – 7 Boiaccia – 8 Guaina liscia (se richiesta in progetto) – 9 Guaina corrugata – 10 Distanziatore a fiasco  
11 – Calotta di iniezione

#### 6.3.3.2 Armature tubolari

Si useranno tubi di acciaio Fe 430 - 510, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scivolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta, allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo mm 3,5, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro mm 4) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto. La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo. Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di cm 1,5, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

#### 6.3.4 Formazione del fusto del tirante

La formazione del fusto dovrà iniziare in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun tirante. In caso contrario la perforatrice resterà in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e provvederà quindi alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa delle armature e di getto della malta.

In ogni caso non dovrà trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio del getto della malta. Fanno eccezione solo i tiranti perforati interamente in roccia, senza presenza di frammenti e di acqua nel perforo.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la boiaccia di iniezione mantenga le caratteristiche di progetto fino a completo riempimento del foro a filo della piastra di ancoraggio. È pertanto opportuno far refluire una congrua quantità di boiaccia per eliminare le parti degradate. In caso contrario è onere dell'Impresa procedere al ripristino del tirante sino alla quota di sottopiastra.

#### 6.3.5 Cementazione

##### 6.3.5.1 Riempimento a gravità

Il riempimento del perforo, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a cm 10 - cm 15 dal fondo e dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie scevra di inclusioni e miscelazioni con il fluido di perforazione. Si attenderà per accertare la necessità o meno di rabbocchi e si potrà quindi estrarre il tubo di convogliamento allorquando il foro sarà intasato e stagnato.

Eventuali rabbocchi da eseguire prima di raggiungere tale situazione vanno praticati esclusivamente tramite il tubo di convogliamento.

Nel caso l'armatura sia tubolare, essa si potrà usare come tubo di convogliamento solo se il suo diametro interno non supera mm 50; in caso contrario si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato, dotato di otturatore posizionato alla base del tubo di armatura del palo.

#### 6.3.5.2 Riempimento a bassa pressione

Il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al punto precedente. Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0,5 - 0,6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione alla parte rimasta nel terreno, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta. Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento.

In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi m 5 - m 6 di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

#### 6.3.6 Iniezione ripetuta ad alta pressione

Le fasi della posa in opera saranno le seguenti:

- I) riempimento della cavità anulare compresa tra il tubo a valvole e le pareti del perforo, ottenuta alimentando con apposito condotto di iniezione e otturatore semplice la valvola più bassa finché la malta risale fino alla bocca del foro;
- II) lavaggio con acqua all'interno del tubo;
- III) avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno valvola per valvola volumi di malta non eccedenti il sestuplo del volume del perforo, senza superare, durante l'iniezione la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno ("claquage");
- IV) lavaggio con acqua all'interno del tubo;
- V) avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione limitatamente alle valvole per le quali:
  - il volume iniettato non abbia raggiunto il limite predetto, a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
  - le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non superino 0,7 MPa.

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

#### 6.4 Caratteristiche delle malte e paste cementizie da impiegare per la formazione dei tiranti

- Rapporto acqua/cemento < 0,5.
- Resistenza cubica  $R_{ck} > 30$  MPa.

L'aggregato dovrà essere costituito:

- da sabbia fine lavata, per le malte dei micropali riempiti a gravità;
- da ceneri volanti o polverino di calcare, totalmente passanti al vaglio da mm 0,075, per le paste dei micropali formati mediante iniezione in pressione.

Per garantire la resistenza richiesta e la necessaria lavorabilità e stabilità dell'impasto dovranno essere adottati i seguenti dosaggi minimi:

- per le malte, Kg 600 di cemento per m<sup>3</sup> di impasto;
- per le paste, Kg 900 di cemento per m<sup>3</sup> di impasto.

Per una corretta posa in opera si potranno anche aggiungere fluidificanti non aeranti ed eventualmente bentonite, quest'ultima in misura non superiore al 4% in peso del cemento.

#### 6.5 Controlli e misure

La profondità dei perfori, da valutare rispetto alla quota di sottoplinto, verrà misurata in doppio modo:

- a) in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- b) in base alla lunghezza dell'armatura.



La differenza tra le due misure dovrà risultare  $\leq m 0,10$ ; in caso contrario occorrerà procedere alla pulizia del fondo del foro asportandone i detriti accumulatisi, dopo aver estratto l'armatura.

Il peso delle armature verrà determinato:

- nel caso di armature in barre longitudinali ad aderenza migliorata, in base al peso teorico corrispondente ai vari diametri nominali, alla lunghezza di progetto ed al peso unitario dato dalle tabelle UNI 6407 – 69;
- nel caso di armature a tubo di acciaio o barre Gewi, in base al peso effettivo dei tubi posti in opera comprensivo di manicotti, dadi e piastre.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale si determinerà il peso specifico e la decantazione (*bleeding*), mediante buretta graduata di diametro  $\geq$  mm 30.

Il peso specifico dovrà risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo  $3 \text{ g/cm}^3$  il peso specifico assoluto del cemento e  $2,65 \text{ g/cm}^3$  quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga inclusa aria. Nelle prove di decantazione, l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume. Con il campione di miscela saranno altresì confezionati cubetti di cm 7 o cm 10 di lato, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione nella misura di almeno una prova per ogni micropalo.

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della Direzione Lavori.

## 6.6 Documentazione dei lavori

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

- indicazione del tirante;
- data di inizio perforazione e termine del getto (o iniezione);
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa dell'armatura;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- per i tiranti formati mediante iniezione ripetuta ad alta pressione, pressioni residue minime e quantità complessive iniettate per ogni fase di iniezione ad alta pressione;
- risultati delle misure di peso di volume, di decantazione (acqua separata) e di resistenza cubica a compressione.

## 7 PROVE DI CARICO

### 7.1 GENERALITA'

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

#### 7.1.1 Definizioni

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a 1,5 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );
- prove a carico limite le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a  $2,5 \div 3$  volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );

#### 7.1.2 Normative e specifiche di riferimento

Valgono le Norme già richiamate al punto 1.3., ed inoltre: ASTM D1 143-81 : "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load".

#### 7.1.3 Numero e ubicazione dei pali di prova

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

L'APPALTATORE dovrà effettuare prove di carico assiale nella misura stabilita dalle vigenti normative in relazione al numero di pali, con un minimo di almeno due pali o micropali per ogni opera.

I pali soggetti a prova di carico assiale potranno, a discrezione della DIREZIONE LAVORI, essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche; la prova di ammettenza meccanica non è prevista per i micropali.

#### **7.1.4 Caratteristiche dei pali di prova**

Le caratteristiche dei pali o micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

### **7.2 PROVE SU PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO**

#### **7.2.1 Prove di carico assiale**

##### *7.2.1.1 Definizione dei carichi di prova*

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova P prova sarà:

- P prova = 1.5 Pesercizio
- P prova = Plim

ove con Plim si indica la portata limite dell'insieme palo-terreno.

Nel caso di prove di collaudo di pali di diametro  $\varnothing > 1200$  mm, il carico di prova potrà raggiungere un valore di 1,25 Pesercizio,, qualora fossero stati verificati, con carico di prova = 1,5 Pesercizio, pali di diametro  $\varnothing = 800$  mm realizzati su terreni con le stesse caratteristiche.

##### *7.2.1.2 Attrezzatura e dispositivi di prova*

#### *a) Dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico*

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa > 200 mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente (<3mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa M dovrà essere non inferiore a 1,2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M \geq 1.2 P_{\text{prova}}/g = 0.12P_{\text{prova}}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sui cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di cls o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione (non facenti parte di alcuna palificata definitiva);
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 5 diametri).

L'APPALTATORE, nei caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali;

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate. Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico.

Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta.

E' raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante ( $\pm 20$  kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

#### *b) Dispositivi per la misura dei cedimenti*

Saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a  $\approx 120^\circ$  intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

#### *7.2.1.3 Preparazione della prova*

##### *a) Preparazione dei pali da sottoporre a prova*

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di 50 cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

##### *b) Realizzazione del contrasto*

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ( $h_{\min} = 1,5$  m).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nei caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

#### *7.2.1.4 Programma di carico*

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

##### **1° CICLO**

a) Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\delta P$ , fino a raggiungere il carico  $P_{es}$ ;

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

-  $t = 0$  (applicazione del carico)

- t = 2'
- t = 4'
- t = 8'
- t = 15'

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive (t = 15'):

$$\delta s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

c) Per il livello corrispondente a Pes il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- t=0
- t = 5'
- t=10'
- t = 15'

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- t=30'
- t=45'
- t=60'

## 2° CICLO

a) Applicazione di "m" ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\delta P$  fino a raggiungere il carico Pprova (o Plim).

b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b" del 1°Ciclo.

c) Il carico Pprova quando è minore di Plim, sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità  $3 \delta P$ ) con misure a:

- t=0
- t = 5'
- t=10'
- t=15'

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a t = 60'; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite Plim, e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento (Plim)  $\geq 2$  cedimento (Plim -  $\delta P$ )
- cedimento (Plim)  $\geq 0.10$  diametri.

### 7.2.1.5 Documentazione delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla DIREZIONE LAVORI con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica;

- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio; diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo delle inverse pendenze.

### **7.2.2 Prove di carico su pali strumentati**

#### *7.2.2.1 Generalità*

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto descritto nel punto 7.2.1.2.

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

#### *7.2.2.2 Attrezzature e dispositivi di prova*

##### *a) Strumentazione lungo il fusto del palo*

Il numero e l'ubicazione delle sezioni strumentate sarà stabilito di volta in volta in accordo con la DIREZIONE LAVORI. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata in prossimità della testa del palo, esternamente al terreno.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa; in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro. Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove. Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro. Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo. Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

##### *b) Strumentazione alla base del palo*

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata alla distanza di circa 1 diametro dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto.

Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20 ÷ 30 mm e precisione dello 0.2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

#### *7.2.2.3 Metodologie d'installazione degli estensimetri elettrici*

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione.

L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

Le modalità di installazione dei cavi saranno comunicate alla DIREZIONE LAVORI.

#### *7.2.2.4 Preparazione ed esecuzione della prova*

Si applicano integralmente le specifiche di cui al punto 7.2.1.

### **7.2.3 Prove di carico laterale**

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la DIREZIONE LAVORI.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale (vedi punto 6.2.1), salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di compratori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la DIREZIONE LAVORI indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro  $\varnothing$  81/76 mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle tensioni iniziali del tuboguida.

Se richiesto dalla DIREZIONE LAVORI anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

### **7.2.4 Prove di controllo sonico**

Le prove di controllo sonico consistono in:

- carotaggio sonico

- prove cross-hole.

#### *7.2.4.1 Carotaggio sonico*

##### *a) Descrizione della prova*

Il metodo di misura consiste nella esecuzione di un carotaggio nel palo già eseguito e nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo circostante, seguendo un percorso parallelo all'asse del tubo.

La sonda sonica è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0,50 m in verticale

##### *b) Frequenze di esecuzione*

La Direzione Lavori potrà chiedere, a cura e spese dell'Appaltatore, l'esecuzione di carotaggi meccanici, verticali o comunque inclinati, per l'esecuzione di prove soniche in misura non superiore a 5 carotaggi ogni 100 pali o frazione. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti il numero di prove può essere aumentato a giudizio del DL. I fori eseguiti per i suddetti carotaggi dovranno essere reintegrati con iniezioni di malta di cemento di adeguata densità e addizionata con additivo anti-ritiro in modo da ottenere la completa cementazione dei fori stessi.

##### *c) Modalità di esecuzione*

La sonda viene fatta scorrere all'interno del foro ad intervalli regolari di profondità, almeno ogni 5 cm; l'elemento emettitore genera un impulso che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo.

Il risultato delle misure è una diagrafica a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo.

A giudizio della DIREZIONE LAVORI, in alternativa alla prova come sopra descritta, si potrà procedere a prove del tipo vibrazionale eseguite dalla testa del palo.

##### *d) Documentazione della prova*

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui sarà indicato, per ogni palo:

- dati identificativi del palo rispetto ad una planimetria;
- l'ora di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- la temperatura riscontrata all'atto delle prove;
- il tipo di sonda sonica impiegata;
- le misurazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda;
- il diagramma completo con tutte le misurazioni in funzione degli avanzamenti.

#### *7.2.4.2 Prove cross-hole*

##### *a) Descrizione della prova*

Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra tubi di misura.

Per l'esecuzione della prova è necessario aver predisposto almeno due tubi all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto.

Utilizzando 3 tubi disposti ai vertici di un triangolo equilatero è possibile reiterare la prova e determinare con maggiore precisione le caratteristiche del getto.

##### *b) Frequenza di esecuzione*

L'appaltatore dovrà predisporre, secondo le indicazioni della DL e prima dell'esecuzione del getto, il 50% dei pali per l'effettuazione del controllo dell'esecuzione con il metodo "cross hole".

L'attrezzaggio dovrà essere eseguito mediante la predisposizione di almeno tre tubazioni metalliche a 120° preassemblate sull'armatura del palo, aventi diametro interno non inferiore ad 1 pollice e mezzo.

Il controllo dovrà riguardare 1/3 dei pali predisposti scelti dalla DL. Nel caso di anomalie o risultati non soddisfacenti il numero di prove può essere aumentato a giudizio del DL.

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

##### *c) Modalità di esecuzione*

In uno dei fori predisposti viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevente. Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità la sonda emettitrice

genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il calcestruzzo. L'esito delle prove sarà registrato con strumentazioni digitali.

d) Documentazione della prova

La documentazione da emettere è analoga a quella dei carotaggi sonici e consiste in una scheda con la stessa tipologia di dati sopra elencati, ma riferiti alla strumentazione e tipo di registrazione applicabile.

### **7.2.3 Prove di ammettenza meccanica**

Le prove di ammettenza meccanica (transient dynamic response test) costituiscono un metodo rapido di accertamento dell'integrità del palo.

I pali soggetti a prova di carico assiale possono essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica, su richiesta della DIREZIONE LAVORI.

La correlazione dei risultati delle due prove potrà consentire di valutare anche la capacità portante dei pali non soggetti a prova di carico assiale sui quali venga eseguita la prova di ammettenza meccanica.

a) *Modalità di esecuzione*

La prova viene effettuata colpendo la testa del palo con un piccolo martello contenente un trasduttore di forza.

La risposta è simultaneamente misurata mediante un rilevatore di velocità fissato alla periferia del palo.

L'eccitazione dinamica può essere ottenuta anche mediante un eccitatore a masse eccentriche, in grado di applicare una forza oscillante secondo una sinusoide di frequenza nota, variabile in genere da 20 a 100 Hz.

Il palo deve essere preparato mediante spianamento e regolarizzazione della testa; lo spessore della malta deve essere non superiore a 5 cm.

Nel caso di impiego di eccitatore a masse eccentriche, occorre inserire nella testa del palo dei tirafondi di ancoraggio.

I segnali di forza e velocità sono elaborati digitalmente e memorizzati nel posto tramite una centralina di registrazione ed elaborazione dati.

Su un grafico viene registrato l'andamento della curva velocità/forza (ammettenza meccanica) in funzione della frequenza di eccitazione.

La curva ottenuta è funzione del modulo  $E_c$  del conglomerato cementizio, della rigidezza del terreno laterale di appoggio e della geometria del palo.

b) *Documentazione prodotta*

La documentazione da produrre consisterà in una scheda, analoga a quella descritta per le prove soniche, nella quale, oltre ai dati generali identificativi del palo e delle condizioni di esecuzione della prova, siano anche riportati tutti i diagrammi e i risultati delle misure effettuate.

## **7.3 PROVE SU MICROPALI**

### **7.3.1 Prove di carico assiale**

#### *6.3.1.1 Scelta dei carichi di prova*

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova  $P_{prova}$  sarà:

- $P_{prova} = 1.5 P_{es}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell'insieme micropalo-terreno

#### *7.3.1.2 Attrezzature e dispositivi di prova*

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche di cui al punto 6.2.1.2.

E' ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.



Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi a norma di quanto definito nel punto 6.3.1.1.

#### *7.3.1.4 Preparazione dei micropali da sottoporre a prova*

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di  $\approx 20$  cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa dei micropali una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

#### c.2) Realizzazione del contrasto

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti.

Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

#### *7.3.1.5 Programma di carico*

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

#### 1° CICLO

a) Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\frac{1}{3}P$ , fino a raggiungere il carico Pes.

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$  (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore. Il cedimento  $s$  è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ( $\delta t = 15'$ ):

$$\delta s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

c) Per il livello corrispondente a Pesercizio il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore, quindi, si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini in corrispondenza dei quali si eseguono misure a;

- $t = 0$
- $t = 5'$
- $t = 10'$
- $t = 15'$ .

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a  $t = 30'$ ,  $t = 45'$  e  $t = 60'$ .

#### 2° CICLO

a) Applicazione rapida di un carico di entità  $\frac{1}{3}P$

b) Lettura dei cedimenti a  $t = 0, 1', 2', 4', 8', 15'$

c) Scarico rapido e letture a  $t = 0$  e  $5'$

d) Applicazione rapida di un carico di entità  $\frac{2}{3}P$

e) Lettura dei cedimenti come in "b"

f) Scarico come in "c"

- g) Applicazione rapida di un carico di entità pari a Pes
- h) Lettura dei cedimenti come in "b"
- i) Scarico con letture a  $t = 0, 5', 10', 15'$  e  $30'$ .

### 3° CICLO

- a) Applicazione di "m" ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\delta P$  fino a raggiungere il carico Pprova (o Plim).
- b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".
- c) Il carico Pprova, quando è  $< Plim$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a  $t = 0, t = 5', t = 10'$  e  $t = 15'$ . A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t = 60'$ .

Si considererà raggiunto il carico limite Plim, e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando misurando il cedimento  $s$  risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s (Plim) \geq 2 \cdot s (Plim - \delta P)$
- $s (Plim) \geq 0.2 d + sel$

ove  $d$ =diametro del micropalo e  $sel$  = cedimento elastico del micropalo.

#### 7.3.1.6 Documentazione delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate con le stesse modalità indicate al punto 5.2.

## ART. 24. COLONNE DI TERRENO CONSOLIDATO (JET-GROUTING)

### ▪ DEFINIZIONI

Si definiscono trattamenti colonnari quei trattamenti di consolidamento/impermeabilizzazione realizzati stabilizzando mediante rimescolamento il terreno con una miscela legante di acqua e cemento immessa a getto ad altissima pressione. I trattamenti dovranno essere eseguiti secondo modalità di dettaglio approvate dalla Direzione Lavori (ad esempio l'impiego di rivestimenti provvisori, l'utilizzo di attrezzature per l'attraversamento di trovanti) e potranno essere realizzati in posizione verticale o comunque inclinati in relazione alle previsioni progettuali.

### ▪ SOGGEZIONI GEOTECNICHE E IDROLOGICHE.

Le tecniche di perforazione e le modalità di iniezione della miscela stabilizzante dovranno essere messe a punto, in relazione alla natura dei materiali da trattare ed alle caratteristiche idrogeologiche locali, mediante esecuzione di colonne di prova in numero rapportato alla quantità di colonne di terreno consolidato previste in progetto, con un minimo di una colonna di prova per elemento strutturale e comunque secondo le prescrizioni della Direzione Lavori. Sulle colonne di prova verranno eseguiti, in base alle richieste della Direzione Lavori, le prove sotto elencate il cui onere deve intendersi a totale carico dell'Impresa:

- a) prove in sito mediante carotaggio continuo, su tutte le colonne e per l'intera loro lunghezza, ubicato all'incirca a metà del raggio teorico di ciascuna colonna;
- b) prove in laboratorio su campioni significativi, ricavati dalle carote estratte, comprendenti:
  - prove di rottura a compressione semplice, con rilievo della curva sforzi-deformazioni, da eseguire:
  - dopo ventotto giorni di maturazione della miscela per terreni incoerenti, dopo quaranta giorni per terreni coesivi, ed inoltre ai tempi di maturazione corrispondenti a quelli dell'effettivo utilizzo nel lavoro;
  - prove di trazione brasiliana;
  - prove triassiali;
  - determinazione del valore dell'R.Q.D.

Se dalle prove di cui sopra risulterà che non sono stati raggiunti i limiti di resistenza e continuità di cui ai successivi punti, la Direzione Lavori ordinerà la verifica del sistema ed eventualmente proporrà la variante da apportare.

### ▪ CARATTERISTICHE DELLE ATTREZZATURE

Le attrezzature di perforazione dovranno essere idonee a garantire deviazioni non superiori all'1,5% rispetto all'asse teorico.

Quelle di iniezione dovranno essere in grado di effettuare l'iniezione di ogni colonna senza interruzioni, in una unica fase, di norma almeno per profondità fino a  $20 \div 25$  m. Dovranno essere munite di dispositivi di comando e di

contagiri per il controllo della velocità di rotazione delle aste ed inoltre di dispositivi per la regolazione della velocità di risalita delle aste stesse (temporizzatore a scatti o simili).

L'impianto di miscelazione dovrà essere del tipo a cicli ripetitivi, con polmone di accumulo ed agitatore di miscela e munito di dispositivi di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contattori di miscelazione progressivo.

La centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione > 30 MPa, dotate di manometri muniti di certificato ufficiale di taratura e posti a bocca foro.

#### ▪ TOLLERANZE GEOMETRICHE

Le tolleranze ammesse sull'assetto geometrico delle colonne di terreno consolidato sono le seguenti:

- la posizione dell'asse di ciascun punto di trattamento non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm salvo diverse prescrizioni della Direzione Lavori;
- la deviazione dell'asse della colonna rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 1,5%;
- la lunghezza non dovrà differire di  $\pm 15$  cm da quella di progetto;
- il diametro delle colonne non dovrà in nessun caso risultare inferiore a quello nominale indicato in progetto.

#### ▪ TRACCIAMENTO, PROGRAMMA LAVORI

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, indicare sul terreno la posizione dei punti di trattamento da contrassegnare con picchetti, marche od altro, sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun punto di trattamento.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- una mappa dei trattamenti con la posizione di tutti i punti, contrassegnati con un numero progressivo;
- un programma cronologico di perforazione ed iniezione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi della perforazione/iniezione sulle colonne consolidate già eseguite;
- una relazione riportante le caratteristiche dei materiali, ante e post lavorazione, da impiegare ed
- inoltre, le caratteristiche delle macchine e degli impianti.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né verranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

#### ▪ ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI

In relazione al diametro nominale dei trattamenti colonnari, variabile da 0,60 m a 1,80 m, valgono le modalità operative di seguito riportate.

##### Trattamenti colonnari fino a 1,0 m di diametro.

Comprendono le seguenti fasi di lavorazione:

- perforazione a rotazione o rotopercolazione, di diametro adeguato, eseguita di norma con impiego di rivestimento provvisorio;
- iniezione di una miscela di acqua e cemento tipo I II III IV V 42,5, o 42,5 R nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con l'impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori.

La pressione di iniezione della miscela a bocca foro dovrà essere superiore a 30 MPa e la quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70 % del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 350 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato.

Mentre la miscela fuoriesce dagli ugelli posti alla estremità inferiore delle aste di iniezione, a queste ultime viene impresso un moto di rotazione ed estrazione a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione: 10÷20 giri/min;
- velocità di estrazione: 2÷6 m/min.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà risultare > 10 MPa a ventotto giorni nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a quaranta giorni negli eventuali interstrati di terreni coesivi, salvo diverse indicazioni fornite dalla Direzione Lavori, a seguito dei risultati del campo prova.

Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

##### Trattamenti colonnari di diametro superiore a 1,0 m

Comprendono le seguenti fasi di lavorazione:

- perforazione a rotazione o rotopercolazione di diametro adeguato, eseguito di norma con l'impiego di rivestimento provvisorio;
- iniezione attraverso ugelli separati dalle aste di perforazione: acqua oppure aria ed acqua ad altissima pressione per la disgregazione del terreno; una miscela di acqua e cemento tipo I II III IV V 42,5, o 42,5 R per il consolidamento del terreno, nel rapporto compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con l'impiego di additivi stabilizzanti, fluidificanti, acceleranti o ritardanti di presa, espansivi, impermeabilizzanti, antidilavamento, ecc., secondo le disposizioni della Direzione Lavori.

La pressione di iniezione dell'acqua dovrà essere superiore a 40 MPa; quella della miscela di 2-7 MPa e la quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 400 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato.

Mentre aria, acqua e miscela fuoriescono dagli ugelli posti all'estremità della batteria di aste di iniezione, a quest'ultima viene impresso un moto di rotazione e risalita a velocità predeterminata, tale comunque da soddisfare le seguenti condizioni:

- velocità di rotazione:  $3 \div 7$  giri/min;
- velocità di risalita:  $1/20 \div 30$  m/min.

La resistenza a compressione semplice, del terreno consolidato, dovrà risultare  $> 8$  MPa a ventotto giorni nei materiali incoerenti, con limite minimo di 5 MPa a quaranta giorni negli eventuali interstrati di materiali coesivi, salvo diverse indicazioni fornite dalla Direzione Lavori d'intesa con il Progettista, a seguito dei risultati del campo prove.

Il valore dell'R.Q.D. dovrà risultare non inferiore al 70%.

#### ▪ ARMATURA DEI TRATTAMENTI COLONNARI

Quando previsto in progetto, le colonne dovranno essere armate con elementi in acciaio (tubi di acciaio tipo Fe 510 certificati all'origine, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzione meccanica con manicotti di giunzione filettati), da introdurre a spinta con idonea attrezzatura nel corpo delle colonne in corrispondenza del perforo appena ultimata l'iniezione e prima che la miscela inizi la presa.

Nel caso sia previsto l'inserimento dell'armatura in acciaio, ad avvenuta presa della miscela, si dovrà procedere alla esecuzione di un foro di diametro adeguato nel corpo delle colonne, all'introduzione dell'armatura (tubi o barre in acciaio) ed al suo inghisaggio mediante iniezione a pressione di malta di cemento; la malta verrà iniettata attraverso lo stesso tubo in acciaio, quando l'armatura è tubolare ed attraverso un tubo in PVC quando l'armatura è in barre.

Qualora all'atto dell'arrivo in cantiere dei materiali, non fosse fornita la certificazione d'origine, tutta la fornitura sarà considerata non idonea e verrà immediatamente allontanata dal cantiere stesso a totale cura e spese dell'Impresa.

#### ▪ CONTROLLI

I controlli sui trattamenti colonnari da eseguire a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori e con la frequenza di seguito indicata, dovranno essere finalizzati a verificare la congruenza dei risultati conseguiti in sede operativa con le tolleranze ammesse e le soglie minime di resistenza.

La geometria dei trattamenti (diametro, posizione e deviazione dell'asse, lunghezza) e la resistenza a compressione del terreno consolidato dovranno essere accertati con le prove sotto elencate su colonne scelte dalla Direzione Lavori:

- scavi di ispezione e prelievo di campioni indisturbati su tratti di colonne in ragione di una colonna ogni 100 eseguite; gli scavi dovranno essere spinti almeno fino alla profondità di 4 m e successivamente rinterrati procedendo a strati accuratamente compattati;
- sondaggi sulle colonne, in ragione di una colonna ogni 100 eseguite mediante carotaggio a rotazione continua con batteria di aste e doppio carotiere tipo T2 e/o T6s con corone diamantate di diametro nominale  $> 100$  mm.

Il sondaggio dovrà essere posizionato all'incirca a metà del raggio teorico della colonna e dovrà essere spinto per tutta la lunghezza della colonna fino a penetrare nel terreno naturale alla base della stessa. Si dovrà evitare che l'acqua di spurgo dilavi la carota.

Le carote estratte devono essere custodite con cura in apposite cassette catalogatrici. In questa fase dovrà essere determinato l'indice R.Q.D. (Indice di Recupero Modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto dei soli spezzoni di carota di lunghezza  $> 100$  mm.

La Direzione Lavori selezionerà un certo numero di campioni per carota (mediamente da 3 a 5) da sigillare con paraffina entro fustelle in PVC e da inviare in laboratorio per le prove di resistenza a compressione.

Negli scomparti delle cassette catalogatrici saranno inseriti distanziatori al posto dei campioni di carota prelevati per il Laboratorio e su ciascuno saranno indicati la quota e la lunghezza del campione.

Ogni cassetta verrà fotografata utilizzando film a colori ed avendo cura che le quote ed i riferimenti (cantiere, numero sondaggio) risultino leggibili anche nel fotogramma.

Qualora dalle prove di cui sopra risultasse che anche uno solo dei parametri sottoelencati:

- tolleranze geometriche
- posizione dell'asse
- deviazione dell'asse
- lunghezza
- diametro
- resistenza a compressione semplice
- valore di R.Q.D.

è variato rispetto a quanto stabilito in precedenza, con scostamenti negativi contenuti nei limiti del 10%, la Direzione Lavori effettuerà una verifica della sicurezza.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il trattamento colonnare verrà accettato, ma verrà penalizzato il lotto oggetto della prova.

Qualora gli scostamenti negativi superino il limite del 10%, l'Impresa sarà tenuta a sua totale cura e spese al rifacimento dei trattamenti oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

La Direzione potrà inoltre richiedere ulteriori prove e verifiche come le prove vibrazionali, sismiche ed ultrasuoni da eseguirsi in numero e posizioni stabilite ad insindacabile giudizio della stessa.

#### ▪ DOCUMENTAZIONE DEI LAVORI

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

- identificazione della colonna;
- data di inizio perforazione e termine iniezione;
- profondità di perforazione con inizio e fine del tratto consolidato;
- durata dell'iniezione;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- tipo e quantitativo di additivi eventualmente impiegati.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello e tempestivamente trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

## ART. 25. FANGHI BENTONITICI

### ▪ GENERALITÀ

I fanghi bentonitici da impiegare negli scavi saranno ottenuti miscelando, fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti: acqua; bentonite in polvere; additivi eventuali (disperdenti, sali tampone, etc;).

### ▪ PREPARAZIONE DEL FANGO

Le bentoniti impiegate dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

- residui al setaccio n. 38 della serie UNI n. 2331 - 2332: < 1%
- tenore di umidità: < 15%
- limite di liquidità: > 400
- viscosità MARSH 1500/1000 della sospensione al 6% in acqua distillata: > 40s
- decantazione della sospensione al 6% in 24 ore < 2%
- acqua "libera" separata per pressofiltrazione di cm<sup>3</sup> 450 della sospensione al 6% in < 18 cm<sup>3</sup>  
min. 30 alla pressione di MPa 0,7:
- pH dell'acqua filtrata: > 7, < 9
- spessore del pannello di fango "cake" sul filtro della filtro - pressa: < 2,5

Il dosaggio in bentonite, espresso come percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare non inferiore al 4,5% e non superiore al 9%, salva la facoltà della Direzione Lavori di ordinare dosature diverse. Gli additivi dovranno essere prescelti tenendo conto della natura e dell'entità degli elettroliti presenti nell'acqua di falda, in modo da evitare che essa provochi la flocculazione del fango.

La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza, accoppiati a cicloni ed operanti a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti.

Le attrezzature impiegate per la preparazione della sospensione dovranno comunque essere tali da assicurare la suddivisione minuta delle particelle di bentonite sospesa.

In ogni caso dovranno essere installate vasche di adeguata capacità (> m<sup>3</sup> 20) per la "maturazione" del fango, nelle quali esso dovrà rimanere per 24 ore dopo la preparazione prima di essere impiegato nella escavazione.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico non superiore a t/m<sup>3</sup> 1,08;
- viscosità MARSH compresa tra 38 s e 55 s.

#### ▪ TRATTAMENTO DEL FANGO

L'impresa dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di contenere entro limiti ristretti la quantità di materiale trattenuto in sospensione. L'efficacia di tali apparecchiature dovrà essere tale da mantenere le caratteristiche del fango presente nel foro entro i limiti seguenti:

- peso di volume ≤ 1,25 t/m<sup>3</sup>, nel corso della escavazione;
- contenuto percentuale volumetrico in sabbia < 6%, prima dell'inizio delle operazioni di getto.

Le determinazioni dei lavori sopraindicati saranno condotte su campioni di fango prelevati a mezzo di apposito campionatore per fluidi in prossimità del fondo del cavo.

Per riportare le caratteristiche del fango ai limiti indicati esso deve essere fatto circolare per il tempo necessario, prelevandolo con una condotta aspirante dal fondo del cavo e facendolo passare attraverso separatori a ciclone (od apparecchi di pari efficacia) prima di rimetterlo nel cavo. In alternativa il fango nel cavo dovrà essere sostituito in tutto o in parte con fango fresco; il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo, oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate nel rispetto delle vigenti norme di legge.

#### ▪ D - CONTROLLO DEL FANGO

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- peso di volume;
- viscosità MARSH;
- contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate.

- Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche A e B):  
prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.
- Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica A):  
prelievo dentro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di cm 50 quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi, o al termine delle operazioni di scavo.
- Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche A e C):  
prelievo mediante campionatore, alla profondità di cm 80 sopra il fondo dello scavo, con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera. La Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua "libera" e dello spessore del "cake"; mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n. 38 della serie UNI 2331 - 2332;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;

- decantazione della sospensione al 6%;  
si ricorrerà a cura e spese dell'Impresa, a Laboratorio Ufficiale.

- PROVE DI CONTROLLO

Caratteristiche e modalità d'uso delle apparecchiature che dovranno essere a disposizione in cantiere.

*Misure del peso specifico o di volume*

Si userà di regola una bilancia che consiste in un'asta graduata in g/l, imperniata al basamento e munita ad un estremo di contrappeso, ed all'altro di un contenitore per il fango. Quest'ultimo una volta riempito di fango sarà chiuso con un coperchio forato; si garantirà il completo riempimento del contenitore facendo in modo che il fango fuoriesca dal foro. Successivamente, si avrà cura di pulire l'esterno del contenitore e del coperchio.

Si sposterà il cursore posto sull'asta finché questa assumerà una posizione orizzontale, individuata dalla bolla della livella montata sull'asta.

In tale posizione si leggerà direttamente sull'asta il peso di volume del fango racchiuso nel contenitore.

Per la taratura si riempirà il contenitore di acqua distillata, controllando che il peso di volume indicato dal cursore corrisponda a g/l 1000, in caso contrario si toglieranno o aggiungeranno dei pallini di piombo nel corpo del contrappeso. L'approssimazione delle misure dovrà essere  $\pm$  g/l 5.

*Misura della viscosità*

Si userà di regola l'imbuto di MARSH che consiste in un recipiente tronco - conico, avente la forma e le dimensioni seguenti: diametro della base superiore mm 152 (6"); altezza del tronco di cono mm 305 (12"); base inferiore costituita da ugello cilindrico di diametro interno mm 4,76 (3/16") e altezza mm 50,8 (2").

Si riempirà l'imbuto tenendo manualmente otturato il tubicino. Durante il riempimento si avrà cura di fare passare il fango attraverso la reticella, che è posta sulla bocca del recipiente permettendo così il filtraggio delle eventuali impurità.

La viscosità del fango sarà determinata misurando il tempo di deflusso del contenuto del cono, compreso tra il livello corrispondente ad un riempimento di cm<sup>3</sup> 1500 e il livello corrispondente cm<sup>3</sup> 500.

*Misura del pH*

Questa misura si effettuerà usando delle speciali cartine reagenti, dotate della capacità di assumere per ogni valore del pH un particolare colore. Dopo avere immerso la cartina nel fango, si confronterà il colore che la cartina ha assunto con quelli di riscontro: il corrispondente colore indicherà il valore del pH del fango.

Si avrà cura di non toccare con le mani la cartina reagente per non falsare la misura.

*Misura del contenuto in sabbia*

Si userà di regola un sabbimetro costituito da: una provetta conica graduata, un imbuto ed un filtro con rete a 200 MESH.

Si riempirà di fango la provetta fino al primo livello; poi si aggiungerà acqua fino al secondo livello indicato sulla provetta stessa. Si otterrà con il pollice la bocca della provetta e si agiterà energicamente in modo da diluire il fango con l'acqua. Si verserà il contenuto della provetta attraverso il filtro avendo cura di sciacquare la provetta con acqua pulita. Si porrà quindi l'imbuto sulla provetta lavata e su di esso si disporrà il filtro rovesciato, in modo che tutte le parti sabbiose trattenute cadano nella provetta. Lavando il filtro con acqua pulita si farà scendere tutta la sabbia nella provetta, e la si farà decantare.

Si leggerà direttamente sulla graduazione della provetta il contenuto percentuale, volumetrico in sabbia del fango esaminato.

*Misura dell'acqua libera e dello spessore del "cake"*

Si userà una filtropressa che è di regola costituita da un telaio sul quale viene alloggiato un contenitore cilindrico munito superiormente di una apposita vite di blocco ed inferiormente di un tubicino che lo collega ad un cilindretto graduato. Il contenitore a sua volta è composto dal basso verso l'alto dai seguenti elementi: un basamento, nel quale è inserito il tubicino; una guarnizione di gomma; una reticella; un disco di carta filtro; un'altra guarnizione di gomma; una cella; una terza guarnizione di gomma; un coperchio (predisposto per essere collegato ad una bomboletta di CO<sub>2</sub>).

Per l'uso si assemblerà la cella con il basamento avendo cura di usare ogni volta un disco di carta da filtro nuovo. Quindi si riempirà la cella con fango fino a mm 6 dal bordo superiore della cella. Poi si monterà il coperchio e si

alloggerà la cella nel telaio, bloccandola permanentemente con la vite di pressione. Poi si monterà la bomboletta di CO<sub>2</sub> e si darà pressione alla cella controllando che la pressione della cella sia di bar 7. Nello stesso momento in cui si darà pressione si farà scattare il cronometro e si misurerà l'acqua che esce dal tubicino posto al fondo della base della cella. L'acqua sarà raccolta nel cilindretto graduato.

Le misure in cm<sup>3</sup> verranno effettuate dopo 30 minuti primi ed indicheranno il valore di acqua libera del fango esaminato. Finita la prova si estrarrà la carta da filtro e si misurerà lo spessore in millimetri del pannello di fango (cake) formatosi sul filtro.

## ART. 26. PERFORAZIONE ORIZZONTALE DIREZIONATA (TOC O HDD-HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING)

La perforazione orizzontale direzionata, realizzata senza scavo a cielo aperto, sarà utilizzata per la posa in opera di nuove condotte in acciaio o HPDE per l'attraversamento di corsi d'acqua, strade, ferrovie, costruzioni ed altri ostacoli artificiali o naturali e per la posa longitudinale di linee senza interferenza con altre opere pre-esistenti e con il traffico viario, sia in ambito urbano che extraurbano, posate secondo il tracciato e le livellette di progetto.

Sono a carico dell'Impresa l'impianto e la smobilizzo del cantiere, la messa in sicurezza, l'alesatura del foro, il tiro della condotta da installare e l'eventuale scavo necessario per la posa della tubazione.

La realizzazione del foro pilota sarà effettuato mediante perforazione del terreno coadiuvata da fanghi che, passando attraverso le aste di perforazione, fuoriescono ad alta pressione dalla testa di perforazione; il controllo della testa di perforazione, a onde radio, sarà assicurato da un trasmettitore alloggiato corredato da rapporto operativo dei parametri di macchina e sollecitazioni indotte sulla condotta posata.

Le lavorazioni comprendono:

- la fornitura e la corretta gestione degli scavi di raccolta fanghi necessari per la buona riuscita dell'opera;
- la posa in opera della condotta in posizione di tiro;
- lo smaltimento fanghi di perforazione e materiale di risulta.

Si prescrive che l'Impresa esecutrice dovrà predisporre un apprestamento in un sito specifico per la verifica della testa di perforazione relativamente alla qualità, quantità e durabilità degli utensili di perforazione e alle capacità meccaniche generali della testa relativamente ad una perforazione orizzontale direzionata (TOC) in terreni stratigraficamente complessi, e relativa a perforazione in terreni prevalentemente sciolti, sabbie, limi e ghiaie massimo 30 mm, con probabile presenza di trovanti in matrice fine non inferiore al 50%.

La perforazione verrà eseguita con fluidi di perforazione in fase liquida o gassosa, atti a garantire la circolazione del detrito, il raffreddamento degli utensili di perforazione, nonché l'opportuna lubrificazione tra tubazione e pareti del perforo, e potrà essere effettuata con o senza l'uso di utensili percussivi fondo foro.

Nel caso di utilizzo di fluidi di perforazione in fase liquida (fanghi bentonitici, miscele acqua-bentonite-polimero), deve essere previsto il recupero ed il ricircolo dei liquidi durante le fasi di installazione, nonché il conferimento a discarica dei fanghi esausti.

In nessun caso sarà ammessa la dispersione nel terreno dei liquidi impiegati nella perforazione.

Nel caso di utilizzo di fluidi di perforazione in fase gassosa, il volume di acqua per metro cubo di aria compressa utilizzata, non potrà eccedere 0,2 litri/m<sup>3</sup>, mentre la percentuale di polimero eventualmente utilizzata non potrà eccedere i 2 litri/m<sup>3</sup> di acqua.

I sistemi di guida saranno atti a discriminare e misurare al minimo, il mezzo grado percentuale di inclinazione (0.5%) e potranno essere sia di tipo radio walk-over che di tipo MGS (Magnetic Guidance System).

Gli utensili di perforazione direzionali dovranno essere in grado di garantire deviazioni sino al 2% per metro di perforazione, equivalente ad un raggio minimo di curvatura dell'asse di perforazione di 50 m.

Gli stessi sistemi di guida dovranno garantire la perfetta intelligibilità del segnale sino a 10 metri di profondità rispetto al piano campagna, e con un errore massimo sulla lettura in profondità pari a ±5% della profondità nominale indicata.

L'impresa, nell'eseguire il foro pilota, dovrà dotarsi di un'apparecchiatura, consistente in un computer di controllo e in uno strumento di rilievo per la localizzazione della testa di perforazione, che verifichi in continuo l'esatta posizione della testa di perforazione per garantire che la batteria delle aste segua il tracciato di progetto.

Lo strumento di rilievo dovrà essere alloggiato in una apposita asta realizzata in materiale amagnetico che dovrà essere posizionata il più possibile vicino alla estremità della batteria delle di aste di perforazione.



Tale strumento dovrà misurare in particolare l'angolo rispetto all'asse verticale e il Dog Leg Severity (DLS) (misura della variazione angolare totale, sia orizzontale che verticale).

I valori angolari misurati e la distanza perforata dovranno essere immessi dall'operatore responsabile del tracciamento nel computer per definire la posizione dello strumento di rilievo come segue:

- distanza dal punto d'ingresso;
- profondità rispetto al piano altimetrico;
- deviazione (deviazione destra-sinistra) rispetto all'asse centrale;
- le coordinate del rilievo dovranno essere tracciate (riportate su disegni in pianta ed in elevazione) per indicare il percorso della testa di perforazione.

Dopo la registrazione, tutti i dati dovranno essere stampati in forma di diagrammi e di tabulati.

Le eventuali deviazioni del tracciato del foro rispetto al profilo di progetto dovranno essere contenute entro le tolleranze ammissibili.

Il tecnico responsabile di perforazione verificherà in continuo i parametri di processo durante le operazioni, confrontandoli con il programma di perforazione ed inserirà di volta in volta, nella scheda di registrazione, i dati rilevati.

Al fine di eliminare eventuali effetti negativi dovuti ad interferenze magnetiche dovrà essere usato un sistema di misura addizionale "Para Track" in grado di fornire indicazioni circa la presenza di ammassi ferrosi.

L'Impresa prima dell'inizio dei lavori in base ai materiali scelti e alle caratteristiche delle attrezzature di perforazione, dovrà fornire alla D.L. le seguenti verifiche:

- calcoli di *stress analysis*;
- calcolo della catenaria di varo;
- tracciamento profilo.

Dovranno essere realizzati utilizzando programmi di calcolo testati e certificati, e dovranno garantire la congruenza della perforazione rispetto alle previsioni di progetto.

L'Appaltatore dovrà:

- fornire le procedure relative alle modalità di esecuzione della trivellazione orizzontale controllata con determinazione delle massime pressioni operative dei fanghi di perforazione atte ad evitare la possibilità di fratture nel terreno circostante l'asse di progetto della perforazione;
- fornire le modalità di ricircolo e recupero dei fanghi di perforazione;
- fornire la scheda tecnica relativa al fango di perforazione e degli additivi eventualmente usati;
- fornire le modalità di smaltimento fanghi in conformità alla normativa vigente in materia;
- fornire i certificati di non tossicità degli additivi eventualmente utilizzati per i fanghi;
- fornire i certificati di non tossicità lubrificanti eventualmente utilizzati in fase di tiro e posa della tubazione;
- controllare che gli eventuali quantitativi di acqua di zavorra introdotti nella condotta per il controllo/contrasto del galleggiamento siano conformi a quelli previsti in progetto;
- evitare che nel corso delle varie fasi di perforazione vengano superati i valori di pressioni operative dei fanghi previste in progetto;
- evitare che durante le fasi di tiro/posa vengano impiegati sforzi di tiro superiori a quelli di progetto e mantenere in sicurezza la colonna di varo mediante un apposito tiro che ne consenta il controllo con continuità;
- verificare in continuo, nel corso di tutte le fasi, i parametri fisici (densità e viscosità) del fango di perforazione ed il contenuto di solidi nel fango di ricircolo, onde tenere sotto controllo l'andamento della perforazione e la stabilità del foro;
- presentare al Committente il profilo risultante restituito in forma grafica unitamente ai dati registrati.

Le condotte dovranno essere distanziate dal tubo di protezione mediante appositi collari. Tali collari devono assicurare l'isolamento elettrico tra i due tubi, permettere l'agevole introduzione della condotta nel tubo di protezione, essere realizzati con materiali dielettrici resistenti nel tempo alle corrosioni chimiche ed alle correnti elettriche.

Per evitare problemi durante le operazioni infilaggio e per la distribuzione dei carichi, deve essere collocata una doppia corona alle estremità del tubo.

La distanza tra i collari deve essere contenuta entro i carichi massimi ammissibili in base alle caratteristiche meccaniche dei collari stessi. I collari dovranno essere in polietilene ad alta densità (HDPE), con portata dei singoli elementi adeguata al peso della tubazione da sostenere

## ART. 27. MICROTUNNELING

La tecnica del microtunneling prevede l'utilizzo di uno scudo telecomandato, seguito dai tubi da installare mossi da un'unità di spinta. Lo scudo telecomandato dovrà essere munito di una testa fresante rotante che disgrega il materiale durante l'avanzamento. I detriti di risulta dovranno essere portati a giorno da un circuito chiuso a circolazione d'acqua o acqua e bentonite.

La perforazione dovrà avvenire a sezione piena con sostentamento idraulico del fronte di scavo in modo di evitare la decompressione del terreno e gli eventuali cedimenti in superficie.

Si dovrà prevedere l'eventuale gestione in remoto di stazioni intermedie di spinta.

Le opere di perforazione orizzontale dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche minime:

- avanzamento della condotta a spinta senza ingresso del personale all'interno della condotta stessa;
- controllo remoto delle funzioni dello scudo di perforazione: la perforazione dovrà essere guidata dall'esterno attraverso una consolle di comando che consente di controllare e variare i parametri di avanzamento in funzione delle caratteristiche del terreno. La posizione della testa fresante dovrà essere rilevata in continuo tramite una stazione integrata a puntamento laser montata all'interno della tubazione, completa di target di riferimento e relativo software in grado di rilevare e calcolare in continuo le posizioni dello scudo rispetto all'asse di progetto. Dette informazioni dovranno essere visualizzate sul monitor nella cabina di comando. Dovrà essere inoltre dotato di sistema di lubrificazione a controllo remoto mediante gruppi di valvole posizionate all'interno della tubazione;
- operare in presenza di falda senza la necessità di doverne abbassare il livello: l'attrezzatura di scavo dovrà essere dotata di un elemento speciale che consenta la pressurizzazione della macchina nel caso di interventi al fronte. Il sistema di perforazione dovrà consentire la posa in opera della tubazione anche sotto falda; la testa di perforazione chiusa e l'anello di intestazione dovrà garantire la tenuta idraulica sotto battenti fino a 40 metri;
- garantire ridotte tolleranze di posa, grazie al controllo laser della posizione dello scudo di perforazione e alla possibilità di guidare in continuo lo scudo stesso: in questo modo dovrà essere possibile ottenere deviazioni medie di  $\pm 10$  cm in verticale e  $\pm 20$  cm in orizzontale rispetto al tracciato di progetto.
- Si dovrà inoltre provvedere:
  - alla preparazione delle attrezzature speciali di perforazione presso le officine dell'Appaltatore, allo scarico ed al montaggio delle stesse in superficie ed all'interno del primo pozzo di partenza, all'esecuzione di tutti gli allacciamenti elettrici, idraulici per dare le attrezzature pronte alla perforazione, allo smontaggio di tutte le attrezzature al termine della spinta;
  - all'utilizzo di idonea attrezzatura e dei mezzi meccanici occorrenti, ai consumi di energia, carburanti e lubrificanti e alla mano d'opera necessaria per il funzionamento dei macchinari;
  - all'eventuale acqua occorrente per la perforazione, allo scavo e l'allontanamento dal fronte di scavo delle terre;
  - ad eventuali aggettamenti delle sole acque provenienti dalla perforazione;
  - alla taratura periodica con verifica dei punti calcolatori della stazione integrata mediante rilevamento topografico delle coordinate reali dell'asse rispetto ai caposaldi;
  - alle apparecchiature di controllo e misura con l'ausilio di sorgente laser;
  - ad assicurare il ricambio di aria con adeguati impianti di ventilazione all'interno dei manufatti di spinta e di uscita, spinti fino alle immediate adiacenze del fronte di attacco. Gli impianti di ventilazione e di aggettamento dovranno essere dotati di motori termici di riserva, in modo da assicurare in ogni caso, la sicurezza degli operai e la continuità del lavoro;

- ad installare opportuni corpi illuminanti nelle camere di spinta e di uscita e dotare gli impianti ed i motori elettrici di apparecchi di protezione atti a garantire gli impianti e le linee della Società fornitrice di energia da ogni inconveniente che potesse manifestarsi nei circuiti di utilizzazione dell'Impresa;
- alla realizzazione di tutte le opere provvisoriale e definitive e a quant'altro necessario per garantire che i lavori si svolgano nel più assoluto rispetto della sicurezza in conformità alle prescrizioni contenute nel piano di sicurezza e coordinamento predisposto dalla Committente e nel piano operativo di sicurezza redatto dall'Impresa, in relazione alla particolare natura del lavoro stesso, dei terreni attraversati, della possibile presenza di limitrofe condutture di PP.SS. in esercizio, con particolare riguardo a quelle idriche e fognanti.

## ART. 28. PALANCOLATI

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori le modalità esecutive che intende adottare per le infissioni. Dovrà inoltre assicurare il rispetto delle norme DIN 4150-1:2001, DIN 4150-2:199 e DIN 4150-3:2016 in merito alla limitazione delle vibrazioni, comunicando alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi.

La Direzione Lavori, a sua discrezione, può richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

### ▪ PIANI DI LAVORO E TOLLERANZE PALANCOLATI

I piani di lavoro dovranno essere adeguati in relazione alle dimensioni delle attrezzature da utilizzare; la loro quota dovrà consentire di rispettare ovunque le quote di progetto relative alla testa del palancolato.

Si prescrive il rispetto delle seguenti tolleranze:

- posizione planimetrica dell'asse mediano del palancolato: 3 cm.
- verticalità: 2%;
- quota testa: 5 cm;
- profondità: 25 cm.

Qualora l'infissione risultasse ostacolata, l'Appaltatore, previo accordo della Direzione Lavori e previa verifica della congruità progettuale dell'opera, potrà limitare l'infissione a quote superiori, provvedendo al taglio della parte di palanca eccedente rispetto alla quota di testa prevista in progetto.

### ▪ MATERIALI PALANCOLE METALLICHE

Dovranno essere utilizzati profilati aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto o, nel caso di impieghi di carattere provvisoriale, comunque sufficienti a resistere alle massime sollecitazioni, sia in esercizio che durante le fasi di infissione ed estrazione.

*Salvo differenti indicazioni riportate nei disegni di progetto, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:*

- *tensione di rottura  $f_t \geq 480 \text{ N/mm}^2$ ;*
- *limite elastico  $f_y \geq 355 \text{ N/mm}^2$ .*

I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

### ▪ PRESCRIZIONI

La realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi richiede che vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perché l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi laterali.

L'attrezzatura d'infissione e di estrazione avrà caratteristiche conformi a quanto definito dall'Appaltatore allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi.

### ▪ ATTREZZATURA DI INFISSIONE E ESTRAZIONE

L'infissione sarà realizzata a percussione, utilizzando un battipalo, o tramite vibrazione, con apposito vibratore. L'estrazione sarà preferibilmente eseguita mediante vibrazione.

Il battipalo sarà di tipo scorrevole su una torre con guide fisse e perfetto allineamento verticale, con caratteristiche in accordo alle prescrizioni di progetto, se esistenti.

L'allineamento e la posizione delle palancole potranno essere facilitate dall'impiego di un telaio guida metallico.

Si dovranno impiegare battipali in grado di fornire l'energia sufficiente alla infissione entro i terreni presenti nel sito, adeguatamente alle condizioni della stratigrafia locale, e di caratteristica e potenza tale da consentire l'infissione delle palancole. La massa battente del battipalo agirà su un cuffia o testa di battuta in grado di proteggere efficacemente la palancola da indesiderate deformazioni o danni.

Per ogni attrezzatura l'Appaltatore dovrà fornire le seguenti informazioni:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- numero di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- caratteristiche della cuffia o testa di battuta;
- peso del battipalo;

Le caratteristiche dell'attrezzatura (momento di eccentricità, numero di vibrazioni al 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.

#### ▪ CARATTERISTICHE DELLE PALANCOLE

Le palancole saranno di tipo metallico con caratteristiche geometriche conformi alle prescrizioni di progetto; tipo e qualità dei materiali costituenti saranno invece corrispondenti almeno a quanto definito ai punti precedenti.

#### ▪ INFISSIONE

L'Appaltatore, prima dell'inizio della infissione stessa, dovrà comunicare alla Direzione Lavori il programma cronologico di infissione per tutte le palancole nel rispetto della produzione sopra stabilita.

L'infissione per battitura avverrà con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e proseguirà fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto.

L'Appaltatore potrà, dietro approvazione della Direzione Lavori, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palancola per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto devono essere comunicate alla Direzione Lavori, e tale accorgimento sarà a carico dell'Appaltatore.

In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'Appaltatore dovrà immediatamente informare la Direzione Lavori.

#### ▪ CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE

Nel corso della infissione per battitura, verrà conteggiato il numero dei colpi per avanzamenti di 1 m.

Al termine della infissione, l'Appaltatore dovrà controllare la posizione plano-altimetrica e l'effettivo incastro laterale reciproco degli elementi.

L'Appaltatore dovrà redigere una scheda relativa a periodi di 10gg indicante:

- progressivo della palancolata infissa con numero palancole infisse;
- dati tecnici della attrezzatura;
- tempo medio necessario per l'infissione;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- note aggiuntive su eventuali anomalie o inconvenienti.

La scheda così compilata sarà conservata a cura dell'Appaltatore, a disposizione della Direzione Lavori, come documentazione di certificazione lavori. In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, l'Appaltatore procederà al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti per il rispetto della tempistica.

#### ▪ SPECIFICHE CONTROLLI

Tutti i dati concernenti le prove, controlli, collaudi, qualifiche dei fornitori, qualifiche dei materiali saranno registrati.

#### ▪ CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

Prima di procedere alla posa in opera l'Appaltatore dovrà trasmettere, per approvazione della Direzione Lavori, una relazione tecnica contenente:

- le procedure operative e le modalità di esecuzione delle opere;

- l'elenco e la specifica delle apparecchiature da utilizzare;
- una relazione sui provvedimenti che verranno adottati per evitare danni alle strutture adiacenti e ridurre l'inquinamento acustico nel caso che l'esecuzione delle infissioni comporti il superamento dei limiti ammissibili per le vibrazioni (norme DIN 4150-1:2001, DIN 4150-2:199 e DIN 4150-3:2016);
- la necessaria documentazione sulla natura del terreno per valutare l'idoneità degli accorgimenti tecnici prescelti e l'eventuale necessità di prove tecnologiche preliminari da eseguire per testare l'idoneità delle attrezzature;
- una dichiarazione in cui sia esplicitato che è stata verificata l'area in cui devono essere eseguiti i palancolati e che è stata riscontrata priva di impedimenti alla esecuzione degli stessi o in caso contrario una relazione sulle misure e provvedimenti presi;
- le planimetrie riportanti la posizione delle palancole con la loro numerazione identificativa, nonché la profondità d'infissione di progetto;
- il programma temporale dei lavori in riferimento alle infissioni delle palancole.

#### **ART. 29. MARCIAPIEDI, CORPO STRADALE, SOVRASTRUTTURA: BINDER E TAPPETI**

I ripristini delle sovrastrutture stradali dovranno di norma avere inizio entro 20 (venti) giorni naturali dall'ultimazione del rinterro della relativa porzione di scavo, salvo diversa disposizione del Direttore Lavori e dell'Ente competente.

Le larghezze e gli spessori dei ripristini stradali dovranno essere sempre concordati con la Direzione Lavori, in funzione delle diverse esigenze dei vari Enti proprietari delle strade; le misure presenti nei particolari costruttivi di progetto avranno in questo caso valore solo indicativo.

Dopo l'esecuzione dei ripristini non verranno riconosciute quantità maggiori di quelle precedentemente stabilite, se non quelle ordinate dalla D.L. in corso d'opera per giustificato motivo, né quelle quantità che si rendessero necessarie per l'irregolare conduzione dei lavori da parte dell'Impresa. Le operazioni di cilindatura saranno eseguite impiegando rulli o compressori adeguati alla natura del lavoro. I rifacimenti stradali saranno pagati così come previsto in computo metrico ed in Elenco prezzi del progetto e secondo quanto fissato nell'analisi prezzi e con tali prezzi unitari sono compensati tutti gli oneri per la realizzazione dei rifacimenti stradali.

Nei prezzi è incluso altresì l'onere per l'Appaltatore, qualunque sia il tipo di struttura stradale ripristinata, della sua manutenzione fino a che sia intervenuto con esito positivo il collaudo definitivo dei lavori, garantendo fino a tale data interventi immediati di risagomatura con idoneo conglomerato in caso di eventuale avvallamento delle pavimentazioni.

##### **▪ MASSICCIATA PER MARCIAPIEDI**

Le massicciate per marciapiedi, dello spessore prescritto, non inferiore a cm 20, saranno costituite con spezzato di cava di dimensioni 40-70.

Qualora per la natura del terreno di sottofondo (argilla) o per le condizioni igrometriche potesse temersi un anormale affondamento del materiale di fondazione, occorrerà stendere preventivamente sul terreno un telo geotessile, che verrà pagato a parte.

Sullo strato di spezzato si procederà alla saturazione impiegando materiale litico minuto, ovvero materiale arido e sabbione, e cilindrando fino a chiusura, con rullo da 16-18 tonnellate; tali oneri si intendono inclusi nel prezzo della fondazione.

##### **▪ PERCORRENZE LONGITUDINALI**

###### Riempimento dello scavo

Fino alla quota di meno 20 cm rispetto al piano di rotolamento il riempimento dovrà essere realizzato con della malta cementizia areata fluida autolivellante, omogenea, priva di segregazione e di essudazione, composta di inerti esenti da materiali eterogenei selezionati e lavati, cemento, un contenuto di aria compreso tra il 25-30% per m<sup>3</sup> di impasto, tempo di indurimento compreso tra 12-24 ore e confezionata ai sensi della norma UNI EN 206-1/2001 (Massa volumica = 1700-1800 kg/m<sup>3</sup> resistenza a compressione a 28 gg  $\geq 1.5$  N/mm<sup>2</sup>).

Potrà essere impiegato del misto cementato in sostituzione della malta cementizia areata qualora le dimensioni dello scavo rendano possibile l'utilizzo di un rullo compattatore di massa adeguata a che risulti un modulo di deformazione Md pari a 120 N/mm<sup>2</sup> o usare, a discrezione della D.L., del misto granulare.

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi dovrà essere non plastica (terre appartenente al gruppo A1-a della norma UNI 10006:2002) ed avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 1 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** punto 6 - Materiali per opere stradali).

Le percentuali di acqua e cemento da aggiungere alla miscela di aggregati per la realizzazione del misto cementato dovranno essere tali da garantire il rispetto di entrambe le caratteristiche meccaniche riportate in Tabella 2 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** punto 6 - Materiali per opere stradali).

Eventuali materiali differenti dai suddetti che potranno essere utilizzati per circostanza particolari (es. calcestruzzi reoplastici causa traffico veicolare, ecc.) potranno essere utilizzati previa valutazione della D.L. e sempre a condizione che sia rispettato il valore finale di modulo di deformazione  $M_d$  pari a 120 N/mm<sup>2</sup>. In ogni caso i valori dei moduli di deformazione  $M_d$  valutati al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup> secondo la Norma CNR B.U. 146/1992, rilevati in un tempo compreso tra 12-24 ore dal termine della compattazione, non potranno essere inferiori a 120 N/mm<sup>2</sup>.

Il materiale dovrà essere compattato in strati successivi ciascuno dello spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 15 cm.

#### Strati in conglomerato bituminoso

Prima della stesa dello strato di base in conglomerato bituminoso la pavimentazione adiacente allo scavo dovrà essere opportunamente fresata (fino ad una quota di meno 20 cm) in maniera simmetrica, per una larghezza pari ad almeno 50 cm per lato dal fronte di scavo e comunque garantendo una larghezza complessiva non inferiore a 150 cm lungo tutto l'intervento rimuovendo anche le parti della pavimentazione eventualmente fessurate e distaccate ai margini dello scavo; alla base del suddetto strato, per tutta la sua larghezza, dovrà essere inserito un geocomposito in poliestere ad elevato modulo saldamente accoppiata ad un non tessuto, il tutto impregnato da strato bituminoso.

Prima della posa in opera del geocomposito, dovrà essere realizzata una mano di ancoraggio (emulsione bituminosa cationica con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 Kg/m<sup>2</sup> applicata su tutta la larghezza dello scavo).

Sulla superficie di separazione tra lo strato di base (spessore  $\geq 9$  cm) e quello di binder (spessore  $\geq 7$  cm), nonché tra binder ed usura (spessore  $\geq 4$  cm), dovrà essere realizzata una mano di attacco (emulsione bituminosa cationica al 60% oppure al 65% di legante dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 Kg/m<sup>2</sup>).

Si evidenzia che, per maggiore praticità ma con maggiore onere economico a carico del gestore, lo strato di base (spessore  $\geq 9$  cm) potrà essere sostituito da analogo spessore e larghezza con materiale delle caratteristiche del binder (pezzatura 0/20), evidenziando detta soluzione al momento della richiesta della concessione.

Lo strato di binder (spessore  $\geq 7$  cm) dovrà avere larghezza analoga a quello dello strato di base e quindi in oggetto alla parete di scavo per almeno 50 cm di larghezza.

La miscela degli aggregati di primo impiego da adottarsi per i diversi strati in conglomerato bituminoso deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 3 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** punto 6 - Materiali per opere stradali) con inerti le cui caratteristiche fisico-qualitative verificano le prescrizioni riportate in Tabella 4 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** punto 6 - Materiali per opere stradali).

La quantità di bitume di effettivo impiego dovrà essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall; per la realizzazione degli strati di binder ed usura dovrà essere impiegato un bitume modificato con penetrazione a 25°C compresa tra 50 e 70 dmm.

Le caratteristiche fisico-qualitative e prestazionali richieste per gli strati di base, binder ed usura sono riportate in Tabella 5 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** punto 6 - Materiali per opere stradali).

Lo strato di usura, salvo diversa indicazione fornita dall'Amministrazione, previa fresatura di almeno cm 4, dovrà essere realizzato in modo da evitare disomogeneità e disallineamenti sulla superficie di rotolamento secondo le seguenti indicazioni:

- per una larghezza pari all'intera piattaforma stradale per le carreggiate di larghezza inferiore a 6 ml;
- per una larghezza almeno sino a metà carreggiata (ossia corsia + eventuale banchina + eventuale area di sosta) per le carreggiate di larghezza superiore a 6 ml;
- nei casi di carreggiata a più corsie l'intervento dovrà essere realizzato dalla banchina destra sino alla corsia interessata dallo scavo longitudinale qualora il margine sinistro dello stesso abbia distanza superiore a 1 ml dall'altra corsia; in caso contrario il tappeto di usura dovrà essere realizzato anche nell'altra corsia.

Al fine di consentire la completa adesione tra lo strato di usura di nuova realizzazione e quello esistente i bordi di quest'ultimo dovranno essere opportunamente preriscaldati mediante l'impiego di lance termiche. Nel caso di percorrenze non adiacenti e distanti tra loro in senso longitudinale meno di 6 m, il titolare dei lavori avrà l'obbligo di provvedere all'esecuzione dello strato di usura dello spessore di almeno 4 cm in tutto il tratto stradale compreso tra la sezione d'inizio e quella di fine intervento. Durante lo svolgimento dei lavori dovranno essere usate, qualora possibile, appropriate tecniche di ripristino provvisorio per non diminuire la fruibilità degli accessi carrabili esistenti ai lati della strada.

▪ **ATTRAVERSAMENTI**

Gli attraversamenti di nuova realizzazione dovranno preferibilmente essere realizzati ortogonalmente all'asse stradale. Qualora ciò non fosse possibile o i lavori interessassero il ripristino di un sottoservizio esistente obliquo rispetto all'asse stradale, le fresature e la conseguente nuova sovrastruttura stradale dovrà essere realizzata secondo lo schema riportato nelle seguenti Figure.

Per quanto concerne gli spessori, le caratteristiche fisico-qualitative e prestazionali dei materiali che dovranno essere impiegati valgono le indicazioni fornite al punto 1 - Percorrenze longitudinali.

Qualora l'intervento comportasse la realizzazione di più attraversamenti contemporaneamente, se le traversate si trovano, almeno in un punto, ad una distanza inferiore ai 6 m, si dovrà procedere al rifacimento completo del manto di usura per tutta la lunghezza interessata dagli interventi.

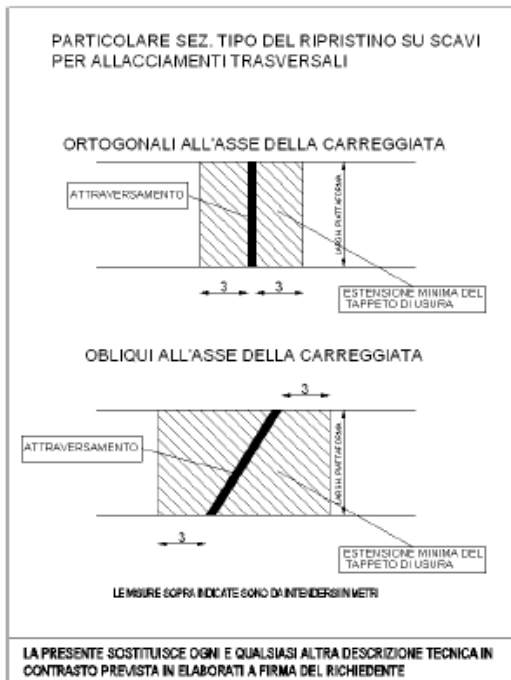


Figura 1

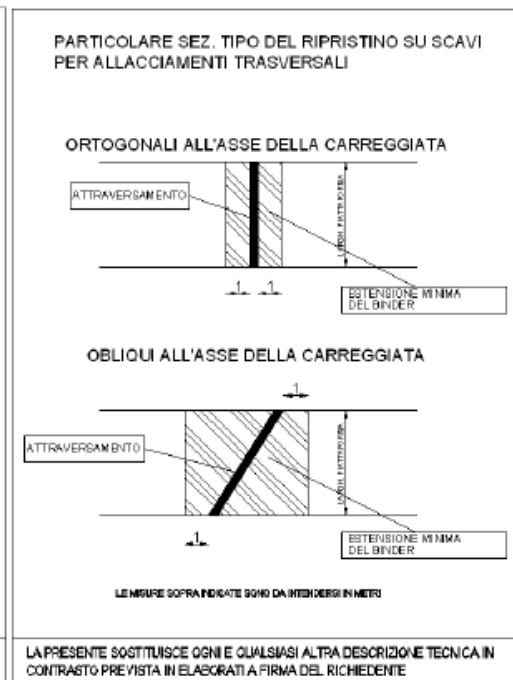


Figura 2

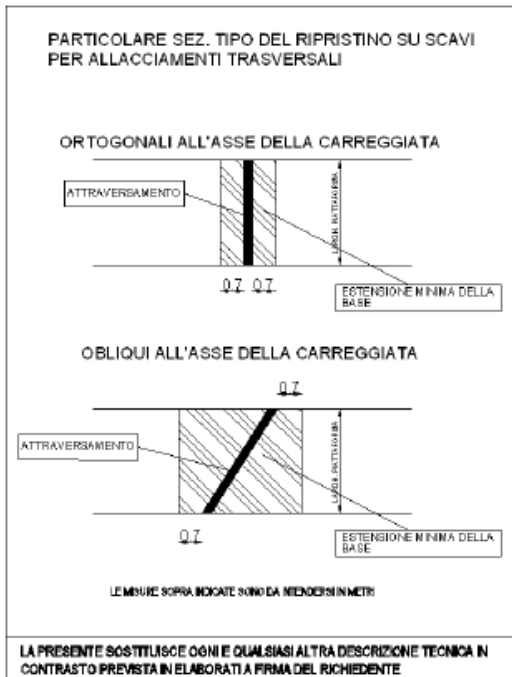


Figura 3

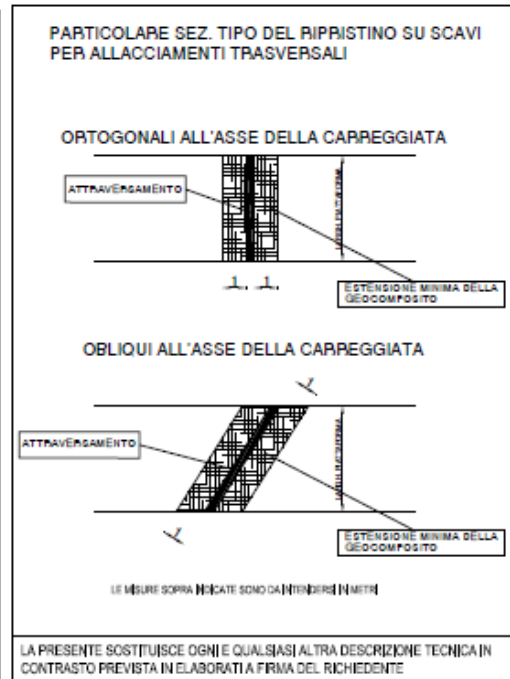


Figura 4

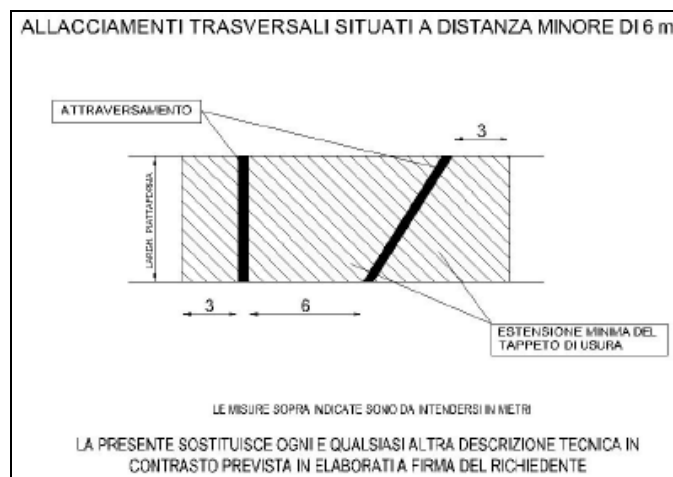


Figura 5

▪ **POZZETTI E CAMERETTE DI ISPEZIONE (AREE DI INFLUENZA)**

Si definisce area di influenza del pozzetto o della cameretta di ispezione l'area della pavimentazione stradale a ridosso della struttura che risente della presenza.

Considerato che in fase di realizzazione del pozzetto o della cameretta l'alterazione della struttura stradale raggiunge gli strati più profondi, il gestore dovrà provvedere alla manutenzione di un'area della pavimentazione:

- pari a 50 cm dal fronte di scavo in caso di realizzazione di pozzetto di ispezione (sino alla misura indicativa di 1 m<sup>3</sup>);
- pari a 100 cm dal fronte di scavo in caso di realizzazione di cameretta di ispezione.

In ogni caso, al fine di evitare cedimenti localizzati e disallineamenti della pavimentazione superficiali, si richiede che il riempimento dello scavo sia effettuato con malta areata (secondo le indicazioni di cui al punto precedente) nei casi in cui la distanza tra il fronte di scavo e la struttura del pozzetto o della cameretta sia pari o inferiore a 50 cm. Negli altri casi potrà essere utilizzato il misto cementato (secondo le indicazioni del punto precedente) con riempimento dello scavo e relativo costipamento a strati successivi.

▪ **GENERALITÀ**

Le operazioni di cilindatura saranno eseguite impiegando rulli o compressori adeguati alla natura del lavoro.



Nei prezzi previsti per l'esecuzione del binder è compreso e compensato sia l'onere del taglio per la regolarizzazione dei bordi dello scavo (così che il ripristino avvenga secondo superfici regolari a linee longitudinali ben diritte), sia l'onere per la formazione di idoneo cassonetto, che il trasporto a discarica di tutti i materiali di risulta.

Nei prezzi è incluso altresì l'onere per l'Appaltatore, qualunque sia il tipo di struttura stradale ripristinata, della sua manutenzione fino a che sia intervenuto con esito positivo il collaudo definitivo dei lavori, garantendo fino a tale data interventi immediati di risagomatura con idoneo conglomerato in caso di eventuale avvallamento delle pavimentazioni.

Per l'accettazione ed il controllo dei requisiti di bitumi, pietrischetti ed emulsioni bituminose valgono le norme emanate dalla "Commissione di studio dei materiali stradali" presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche, edite con i fascicoli 2 del 1951, 4 del 1953, 7 del 1957 e 3 del 1958, che si intendono qui integralmente trascritte.

Il conglomerato bituminoso, come il pietrischetto bitumato, dovrà presentare all'atto della stesa una temperatura di almeno 130° C, misurata immediatamente dietro la finitrice.

#### ▪ RIFACIMENTO SEGNALETICA ORIZZONTALE

La segnaletica orizzontale dovrà essere eseguita nel rispetto delle normative vigenti (rif. norma UNI EN 1436 :2008), **entro 2 gg dall'ultimazione dei lavori di ripristino del tappeto**. Tale segnaletica sarà messa in opera nel rispetto delle indicazioni fornite dalla Direzione Mobilità del Comune.

Dopo aver eseguito il ripristino della pavimentazione stradale mediante la formazione del tappeto di usura, l'Appaltatore dovrà provvedere al rifacimento di quella parte della segnaletica orizzontale preesistente che si sia reso necessario manomettere o che sia stata parzialmente alterata durante l'esecuzione dei lavori, questo salvo disposizioni diverse della Direzione Lavori o dell'Ente proprietario delle strade.

Prima di procedere all'operazione di verniciatura dell'asfalto, l'Impresa dovrà provvedere al preventivo tracciamento, necessario per il corretto posizionamento sia delle strisce che dei pannelli con figure e scritte presagomate.

Tali lavori dovranno essere eseguiti di concerto con i preposti uffici degli Enti proprietari delle strade, nel pieno rispetto del Nuovo Codice della Strada (D.L. 285 del 30/4/92 e D.P.R. 495 del 16/12/92) e della normativa sulla sicurezza sul lavoro già richiamata nel presente Capitolato.

## ART. 30. MODALITÀ DI ESECUZIONE MASSETTI

### Verifica e preparazione del supporto

Quando gli spessori a disposizione per la realizzazione del massetto sono inferiori a 3,5 cm è possibile procedere alla realizzazione del solo massetto in aderenza.

Qualora la realizzazione debba essere fatta direttamente su soletta in calcestruzzo occorrerà verificare che la soletta sia stagionata, che abbia adeguate resistenze meccaniche, sia priva di polvere, parti friabili e sia adeguatamente irruvidita. Qualsiasi sia la superficie su cui deve essere realizzato il massetto, tale superficie dovrà essere solida e pulita.

Nel caso in cui sia prevista la posa di pavimenti sensibili all'umidità è inoltre necessario verificare che l'umidità della soletta sia inferiore a quella richiesta per la posa di questi tipi di pavimenti e che non vi sia presenza di umidità di risalita.

Prima di procedere alla realizzazione del massetto sarà necessario posizionare del materiale comprimibile dello spessore di un centimetro (tipo polistirolo espanso) lungo il perimetro dei locali e attorno ai pilastri.

### Applicazione di boiaccia di adesione

Dopo aver adeguatamente preparato il supporto l'Impresa dovrà stendere una boiaccia di adesione realizzata miscelando il lattice di gomma sintetica Planicrete-MAPEI o similare con acqua e con lo stesso legante utilizzato per il confezionamento del massetto in dosaggio variabile a seconda della tipologia di legante (come riportato nella scheda tecnica del prodotto).

Qualora lo spessore previsto sia ridotto o il massetto debba essere realizzato in zone soggette a forti sollecitazioni meccaniche, il ponte di adesione dovrà essere realizzato utilizzando l'adesivo epossidico Eporip Mapei o similari.

### Realizzazione del massetto

L'impasto per la realizzazione del massetto dovrà essere steso fresco su fresco, sarà quindi molto importante procedere per zone e verificare che il massetto non venga realizzato su boiaccia asciutta per evitare che ciò possa

compromettere la sua adesione al sottofondo. Sarà inoltre necessario rispettare eventuali giunti già presenti sulla soletta.

Per la realizzazione di massetti aderenti a presa normale e veloce asciugamento sarà possibile utilizzare il legante Topcem Mapei o similari), da miscelare con acqua e aggregati di granulometria idonea o utilizzare la malta premiscelata Topcem Pronto Mapei o similari, da miscelare solo con acqua.

Per la realizzazione di massetti aderenti a presa ed asciugamento rapidi sarà possibile utilizzare il legante Mapecem Mapei o similari, da miscelare con acqua e aggregati di granulometria idonea o utilizzare la malta premiscelata Mapecem Pronto da miscelare solo con acqua.

#### **ART. 31. TUBAZIONI E MATERIALE VARIO**

L'Appaltatore provvederà direttamente all'approvvigionamento di tutti i materiali occorrenti per l'esecuzione dei lavori ed alla loro messa in opera, rimanendo responsabile e garante che questi abbiano i requisiti prescritti ai relativi articoli del presente Capitolato.

Il carico, il trasporto, lo scarico e tutte le altre manovre sui materiali dovranno essere eseguite con la maggior cura possibile, in modo da evitare rotture, incrinature e danneggiamenti in genere dei materiali e del loro rivestimento.

In ogni caso tutti gli eventuali danni subiti dai materiali saranno a carico dell'Appaltatore, il quale dovrà sostenere le spese necessarie alla riparazione o sostituzione di quelli danneggiati, senza possibilità di rivalsa alcuna nei confronti dell'Ente Appaltante.

*Se le condotte sono fornite da Publiacqua S.p.A., l'Appaltatore dovrà provvedere a prendere in carico le tubazioni al magazzino Publiacqua o presso le sedi ove depositate (S. Colombano, Mantignano, Anconella) e trasportarle con mezzi idonei presso il cantiere ove deve essere realizzata l'opera.*

Una volta che l'Appaltatore ha preso in carico i materiali occorrenti, ne rimarrà unico responsabile a tutti gli effetti per la loro custodia contro le eventualità di furti, danneggiamenti ed atti vandalici fino al termine dei lavori. I materiali non impiegati dovranno essere riconsegnati alla Stazione Appaltante.

L'Appaltatore dovrà dunque approntare apposite aree di cantiere recintate dove stoccare i materiali approvvigionati, alcuni dei quali (ad esempio guarnizioni, valvole ecc.) dovranno essere accatastate in ambienti che garantiscano riparo da luce, sbalzi termici ed umidità.

I materiali eventualmente danneggiati o trafugati a causa del non perfetto stoccaggio o dell'incuria dell'Appaltatore, dovranno da questi essere prontamente reintegrati a sua cura e spese delle identiche marche e caratteristiche di quelli non più utilizzabili.

Particolare attenzione dovrà porre l'Appaltatore durante le operazioni di calaggio dei tubi, affinché non vengano deteriorati i rivestimenti protettivi e danneggiate le testate dei tubi stessi. Nelle operazioni di posa deve evitarsi nel modo più assoluto che all'interno della condotta si introducano corpi estranei di qualunque natura e tipo, od anche che venga danneggiata la superficie interna dei tubi. A tal fine gli estremi della tubazione posata dovranno essere accuratamente sigillati durante l'interruzione del lavoro; inoltre è necessario che vengano presi adatti provvedimenti affinché nella eventualità di allagamento dello scavo, la tubazione non possa galleggiare.

Dopo il calaggio nello scavo gli eventuali spostamenti della condotta dovranno essere eseguiti con i mezzi più idonei, atti in particolare a non pregiudicare i rivestimenti, e rispettando comunque tutte le prescrizioni che saranno all'uopo impartite dalla Direzione Lavori. All'interno di manufatti e cunicoli di protezione le condotte saranno poste su platee in cls. o sostegni in muratura con interposizione di materiale plastico dielettrico per la salvaguardia dei rivestimenti.

Nel caso in cui la Stazione Appaltante provveda direttamente alla fornitura ed anche, eventualmente, alla messa in opera delle tubazioni e/o di pezzi speciali, apparecchiature ecc., l'Appaltatore dovrà prestare i mezzi di trasporto e tutta la manovalanza occorrente al carico (dai magazzini societari o da altri eventuali punti di consegna), allo scarico sul cantiere di lavoro, all'allineamento ed al calo nello scavo delle tubazioni, dei pezzi speciali e di tutte le altre apparecchiature occorrenti.

L'Appaltatore dovrà inoltre fornire gli attrezzi ed il materiale vario necessario per la completa esecuzione delle opere, nonché l'assistenza di uno o più operai durante i lavori di giunzione dei tubi, prove idrauliche e collegamenti alle reti esistenti (qualora tutte queste ultime operazioni vengano effettuate da personale dell'Ente Appaltante).

Le suddette prestazioni saranno retribuite con le apposite voci previste nell'Elenco prezzi.

- POSA TUBAZIONI IN GHISA

Particolare cura dovrà essere posta durante la messa in opera di condotte eseguite con tubazioni in ghisa sferoidale, procedendo pertanto nel pieno rispetto delle seguenti norme e di quelle che saranno eventualmente impartite dal Direttore Lavori nell'interesse della riuscita del lavoro a perfetta regola d'arte.

Il letto di posa della condotta dovrà avere una livellazione uniforme, in modo tale che i carichi gravanti siano ripartiti per tutta la lunghezza della linea, evitando che le singole barre o le giunzioni lavorino a flessione.

Dovrà essere evitata con cura la presenza di materiali rigidi sul fondo dello scavo quali pietre, vecchie murature ecc., materiali questi che dovranno essere allontanati anche dal bordo e dalle pareti dello scavo, onde evitarne la caduta durante le operazioni di posa in opera. Una volta calati i tubi nello scavo ed aver correttamente inserito le guarnizioni di tenuta all'interno delle apposite sedi, si provvederà al montaggio introducendo la canna di ogni tubo nel bicchiere del tubo precedente, avendo cura che la testa del tubo non vada mai a contatto con l'orlo di arresto interno del bicchiere, ma ne disti di circa un centimetro.

Si procederà quindi alla rettifica della posizione di ogni elemento così da ottenere che le barre montate risultino perfettamente allineate, o con gli assi longitudinali deviati di un'angolazione non superiore a quella ammessa dal fabbricante per lo specifico diametro.

Questa operazione di allineamento dovrà essere eseguita su fondo scavo già ricoperto con sabbia costipata dello spessore previsto nei particolari costruttivi di progetto; non è ammesso nella maniera più assoluta che la tubazione, una volta posizionata, sia poi spostata per qualsivoglia motivo, primo fra tutti è fatto assoluto divieto di rialzare le tubazioni per consentire il rinfianco con sabbia del fondo scavo dopo la posa dei tubi o (allo stesso scopo) il loro posizionamento provvisorio su masselli in mattoni o legno.

Quando si debba procedere al taglio dei tubi per l'inserimento di curve, pezzi speciali, ecc., tale operazione dovrà essere praticata con apposito apparecchio tagliatubi; l'onere di queste operazioni è compreso e compensato con il prezzo di posa in opera delle condotte.

#### ▪ FORMAZIONE DEI GIUNTI

##### Giunto elastico rapido

L'ermeticità della giunzione è determinata dalla compressione di una guarnizione in gomma opportunamente sagomata, che si alloggia perfettamente all'interno del bicchiere, ottenuta mediante l'innesto della canna del tubo imboccato.

L'Appaltatore dovrà procedere alla preparazione e montaggio del giunto effettuando le seguenti operazioni:

- pulire accuratamente l'interno del bicchiere, il tratto terminale di canna da imboccare e le guarnizioni;
- cospargere di pasta lubrificante la parte interna del bicchiere, sede della guarnizione;
- introdurre la guarnizione nel suo alloggiamento;
- cospargere di pasta lubrificante la superficie interna della guarnizione ed il tratto terminale di canna da imboccare;
- tracciare sulla canna del tubo da imboccare (qualora non sia già presente dalla casa) un segno ad una distanza dall'estremità pari alla profondità di imbocco diminuita di 1 cm.

Eseguite queste operazioni si introdurrà il tubo nel bicchiere sino a che il segno tracciato sulla canna si trovi sul piano della superficie frontale del bicchiere.

Il giunto eseguito correttamente consentirà al tubo delle deviazioni angolari da circa 5° a circa 2°, in relazione al diametro impiegato; ad ogni buon conto tali deviazioni non dovranno superare quelle stabilite dalla casa produttrice delle tubazioni.

Per la effettuazione delle operazioni di innesto dei tubi con giunto rapido verranno utilizzati, per i grossi diametri, appositi apparecchi di trazione forniti dall'Appaltatore, mentre per i piccoli diametri dei semplici levismi.

##### Giunto meccanico express

L'ermeticità della giunzione è ottenuta mediante la compressione di una guarnizione in gomma opportunamente sagomata all'interno del bicchiere di tenuta, determinata dal serraggio di una controflangia con appositi bulloni.

L'Appaltatore dovrà procedere alla preparazione e montaggio del giunto effettuando le seguenti operazioni:

- pulire accuratamente la parte terminale della canna del tubo da assemblare, l'interno del bicchiere e le guarnizioni;
- cospargere di pasta lubrificante la parte interna del bicchiere, sede di battuta della guarnizione;
- cospargere di pasta lubrificante il tratto terminale di canna da assemblare;
- introdurre la controflangia e la guarnizione sull'asta del tubo;

- spingere la guarnizione nel bicchiere di battuta e quindi serrare i bulloni della controflangia, esercitando la dovuta compressione che garantisca la tenuta del giunto.

Dovrà essere posta particolare attenzione affinché le guarnizioni siano accuratamente collocate nelle sedi di battuta, facendo combaciare i profili rispettivi ed evitando ogni torsione delle stesse.

Anche nel serraggio dei bulloni andrà posta particolare cura, procedendo alla loro stretta alternativamente in posizione diametralmente opposta, in modo da evitare che la controflangia abbia a collocarsi in maniera non corretta.

#### Giunto a flangia

L'uso delle giunzioni a flangia dovrà essere limitato alla messa in opera di saracinesche, pezzi speciali ed altre apparecchiature predisposte di fabbrica a tale tipo di giunzione.

Per la formazione dei giunti a flangia il serraggio dei bulloni dovrà essere eseguito con grande cura, a mezzo di chiave dinamometrica, per evitare tensioni non corrette nell'ambito del serraggio della flangia, che possano creare pregiudizio alla tenuta del giunto o alla integrità dei materiali.

Le guarnizioni saranno in gomma telata di prima qualità, adatte al contatto con acqua potabile sia da un punto di vista organolettico che sanitario ed avranno uno spessore massimo di 3 mm.

È assolutamente vietato l'impiego di due o più guarnizioni nello stesso giunto e l'impiego di flange che non siano perfettamente piane e parallele.

#### ▪ PROTEZIONE CATODICA TUBAZIONI IN ACCIAIO

Nella posa delle tubazioni in acciaio dovranno essere curati con la massima attenzione sia l'isolamento che il sezionamento elettrico.

L'isolamento elettrico delle condotte dovrà essere realizzato attenendosi alle seguenti prescrizioni:

- controllare visivamente le varie barre di tubo, in modo da individuare eventuali danneggiamenti del rivestimento intervenuti nelle operazioni di trasporto;
- ripristinare il rivestimento in tutte le zone della condotta dove esso risulti danneggiato;
- rivestire perfettamente tutte le giunzioni, curve, pezzi speciali, fondi rete ecc., mediante l'impiego dei materiali già citati agli articoli relativi alla posa delle tubazioni;
- controllare con opportuno detector (tensione di prova 10/15 kV modulabile) la perfetta integrità del rivestimento delle condotte su tutta la superficie prima dell'interramento e ripristinare, o rinforzare, il rivestimento stesso nei punti a bassa resistenza elettrica;
- nei casi di incrocio con altre strutture metalliche interrate rinforzare il rivestimento e inserire per 2 metri a monte ed a valle dell'incrocio una guaina isolante in polietilene o P.V.C.; evitare in ogni caso, con l'eventuale interposizione nel punto di incrocio di opportuni distanziatori isolanti, che possa verificarsi il contatto fra le due strutture successivamente alla posa in opera, per fenomeni di assestamento;
- isolare da terra, rivestendoli con materiali termorestringenti, sfiati d'aria, spurghi ecc.;
- curare che durante la posa in opera entro lo scavo non si verifichi danneggiamento alcuno al rivestimento delle condotte, e ripristinarlo opportunamente in caso questo avvenga;
- curare che il letto di posa delle tubazioni ed il loro rinfianco sia effettuato con sabbia secondo gli schemi progettuali, evitando nel modo più assoluto che i tubi possano venire a contatto con sassi, materiali putrescibili, o materiali di qualunque altra natura tali da pregiudicare l'integrità del rivestimento.
- curare che i riempimenti siano opportunamente costipati, in modo da impedire successivi assestamenti all'interno dello scavo.

Il sezionamento elettrico delle condotte interrate verrà realizzato inserendo giunti dielettrici isolanti in corrispondenza dei punti indicati nelle planimetrie di progetto, o comunque nei luoghi comunicati dal Direttore Lavori.

Il rivestimento dei giunti dielettrici ed il ripristino delle loro giunzioni per saldatura dovranno essere eseguiti secondo le norme illustrate in precedenza.

Il sezionamento elettrico delle condotte interrate verrà realizzato, oltre che nei punti indicati dal progetto e dalla Direzione Lavori, anche in corrispondenza delle seguenti situazioni:

- a monte ed a valle di ogni attraversamento o parallelismo ferroviario;
- a monte ed a valle di ogni apparecchiatura che potrebbe provocare dispersione a terra, impedendo la continuità elettrica delle condotte.

Salvo diversa e specifica prescrizione tecnica, i giunti isolanti dovranno essere interrati come la tubazione, dopo essere stati accuratamente rivestiti con materiale di qualità e caratteristiche meccaniche ed elettriche non diverse da quelle del rivestimento delle tubazioni.

Verranno inoltre rispettate le seguenti prescrizioni:

- su ciascuno dei due lati dei giunti di sezionamento verrà fissato un cavetto unipolare tipo RG7 1 x 10 mmq, i cui capi verranno raccolti negli appositi punti di misura posti in cassette tipo Conchiglia SCB2 con attacco tubolare da 1"1/2 installate fuori terra, per le opportune operazioni di controllo;
  - prima del riempimento dello scavo, a tubazione posata su letto di sabbia, dovrà essere eseguito un ulteriore controllo generale del rivestimento della tubazione, per accertare che durante la posa non sia stato arrecato alcun danno all'isolamento della tubazione medesima; eventuali danni dovranno essere ripristinati secondo le modalità già descritte precedentemente.
- PROVE E COLLAUDI TUBAZIONI

L'Appaltatore provvederà direttamente a sua cura e spese all'esecuzione di tutte le prove e dei collaudi che si renderanno necessari per garantire la perfetta esecuzione di tutte le opere eseguite:

#### Prova di tenuta acqua dei tubi

La prova di tenuta delle tubazioni idriche dovrà essere effettuata secondo le norme stabilite dal presente articolo di Capitolato, integrate dalle disposizioni impartite all'atto pratico dal Direttore Lavori.

La suddetta prova dovrà essere effettuata in due fasi:

- la prima - provvisoria - per tratti di tubazione, a giunti scoperti, per via idraulica, ed ha lo scopo di verificare la tenuta dei giunti;
- la seconda - definitiva - sempre per via idraulica, a tubazioni ultimate, poste in opera per tutta la loro lunghezza, complete di fondi rete, saracinesche, idranti, sfiati e di ogni altra apparecchiatura o pezzo speciale necessari alla definitiva messa in esercizio delle condotte.

Per entrambi i casi le tubazioni in prova dovranno essere tenute per 24 ore consecutive, senza pompare, ad una pressione che nel punto più basso dovrà essere pari ad una volta e mezzo la pressione di esercizio stabilita dalla Direzione Lavori.

Dopo aver in precedenza verificato il corretto inserimento degli strumenti e la pressione di inizio della prova, al termine delle 24 ore un incaricato della Direzione Lavori, insieme ad un rappresentante dell'Appaltatore, eseguirà una visita accurata per accertare che tutte le saracinesche e/o valvole posate siano in posizione aperta, in modo che la prova di collaudo definitiva sia comprensiva di tutta la tubazione posata, senza eccezione alcuna di tratte realizzate o apparecchiature inserite (es. idranti).

Successivamente si procederà al controllo del grafico del manografo registratore e dei manometri che saranno stati installati in punti significativi della rete.

La buona riuscita della prova di tenuta sarà dimostrata dai concordi risultati comprovanti la stabilità della pressione nelle tubazioni, verificata sia visivamente ai manometri che dal risultato del grafico del manografo registratore, oltretutto ovviamente dal positivo esito della verifica sulle apparecchiature della rete.

Di queste prove verranno redatti appositi verbali firmati dall'Appaltatore e dal Direttore Lavori.

Dovrà essere cura dell'Appaltatore verificare che durante il corso delle prove di collaudo non si abbiano a verificare rotture o sfilamenti di tubi, pezzi speciali, fondi rete o altre apparecchiature; circostanze che, oltre ad inficiare la validità del collaudo, possono causare danneggiamenti a cose o persone.

Si ricorda a tale proposito la piena responsabilità dell'Appaltatore nei confronti della Stazione Appaltante e di terzi di fronte ad eventuali danni che avessero a verificarsi, oltre all'obbligo di compiere a propria cura e spese tutti i lavori, sia edili/stradali che meccanici, necessari ad eseguire la perfetta sostituzione dei pezzi danneggiati.

Saranno a carico dell'Appaltatore: il personale necessario all'esecuzione dell'intera procedura di collaudo, la pompa ad acqua, i manometri, i manografi, gli scovoli e quant'altro occorra per la buona riuscita della prova.

Una volta verificato il buon esito del collaudo le tubazioni dovranno essere riportate alla pressione atmosferica alla presenza di un incaricato della Direzione Lavori, che avrà facoltà di verificare l'effettivo calo di pressione al manografo ordinando all'Impresa l'esecuzione dello spurgo alternativamente da più punti diversi della rete posata.

#### Prova elettrica del rivestimento tubazioni acciaio

Prima di collocare le tubazioni in acciaio sul fondo dello scavo si dovrà sottoporre il relativo rivestimento alle seguenti prove:

- controllo della costituzione del rivestimento, nonché della compattezza e della buona formatura;
- prova della continuità che verrà eseguita con strumento del tipo "rilevatore a scintilla" (detector) capace di fornire una tensione elettrica alternata sufficiente a mettere in evidenza eventuali discontinuità del rivestimento.

La prova verrà considerata positiva se non si avranno scariche per tensione compresa tra 10'000 e 15'000 volt (la tensione di prova dovrà essere modulata in relazione alla condizione della tubazione rispetto all'ambiente circostante: tubi fuori terra e perfettamente asciutti con clima secco = 15'000 volt; tubi su fondo scavo od in ambiente umido = tensione più bassa fino ad un minimo di 10'000 volt);

controllo dello spessore del rivestimento che dovrà essere eseguito sul 3% dei tubi rivestiti, sullo spessore medio totale verrà ammessa una tolleranza pari a -10%.

Di tali prove sarà redatto un verbale controfirmato dall'Impresa e dal Direttore dei Lavori.

Le suddette prove possono essere integrate da certificati e/o verbali di collaudo redatti da parte della ditta costruttrice attestanti la rispondenza dei rivestimenti alla normativa vigente.

#### Collaudo elettrico protezione passiva

A lavori ultimati ed assestati, ma prima della loro messa in esercizio, sarà effettuato il collaudo elettrico generale e definitivo che dovrà essere comprensivo di tutte le tubazioni posate, e consisterà nel determinare la resistenza di isolamento delle condotte.

Per l'effettuazione del suddetto collaudo elettrico l'Impresa appaltatrice dovrà incaricare a propria cura e spese una Ditta specializzata nel settore, comunicando poi con congruo anticipo al Direttore dei Lavori la data della prova stessa.

La prova di collaudo elettrico sarà eseguita utilizzando il procedimento di misura di cui alle norme UNI EN 12954:2002 e punto 6.1 delle norme UNI CEI 7, rilevando in "n" punti di misura il potenziale ad impianto inserito "Von" e quello ad impianto disinserito "Vof" anche in presenza di correnti disperse, secondo il metodo di misura indicato al punto 6.1.1 delle norme UNI CEI 6, impiegando esclusivamente voltmetro registratore con elettrodo posizionato sulla verticale del tubo.

In ogni caso la resistenza di isolamento della tubazione in prova dovrà risultare uguale o maggiore dei seguenti valori:  $R_{is} \geq 60'000 \text{ ohm} \times \text{m}^2$  con rivestimenti termoplastici.

Qualora tali valori non fossero raggiunti, l'Appaltatore è tenuto ad effettuare la ricerca ed il ripristino dei difetti di isolamento nel rivestimento delle tubazioni, il tutto a sua cura e spese.

Una volta individuati e riparati a regola d'arte tutti i difetti di isolamento riscontrati nel rivestimento delle tubazioni e raggiunto il valore di isolamento prescritto, l'Appaltatore dovrà fornire certificazione rilasciata su carta intestata dalla Ditta incaricata del collaudo, fornendo contestualmente le prove documentali dell'avvenuto raggiungimento dei valori di resistenza sopraindicati.

#### Collaudo cavo telecomando

Al fine di accertare la corretta posa, giunzione ed attestazione dei cavi, si provvederà all'esecuzione di prove inerenti la resistenza del rame, l'isolamento dei singoli conduttori, la continuità delle armature, nonché esami ecometrici; le risultanze di tali prove non dovranno essere inferiori a quanto previsto dal costruttore del cavo impiegato.

Per maggiore chiarezza si riportano in sintesi alcuni dei metodi di prova con le relative risultanze minimali attese indipendentemente dalle caratteristiche nominali dichiarate dal costruttore:

- verifica della corrispondenza della numerazione dei singoli conduttori ai due estremi della tratta;
- verifica della continuità dei singoli conduttori e dell'armatura/schermo;
- verifica della corrispondenza dei colori dell'isolante dei singoli conduttori ai due estremi della tratta;
- verifica della presenza di eventuali sbinature esistenti nella tratta comprendente almeno 1 giunto;
- misura della resistenza di isolamento tra ogni singolo conduttore e tutti gli altri connessi tra loro ed all'armatura, attendendosi una risultanza migliore di 1'000 Mohm/Km;
- misura della resistenza dei singoli conduttori e dello sbilancio resistivo tra gli stessi, attendendosi risultati compresi entro il 115% del valore resistivo nominale calcolato sull'effettiva lunghezza della tratta.

Le tabelle di collaudo riportanti le risultanze delle prove effettuate, sottoscritte dal collaudatore, dovranno essere allegare alla documentazione di collaudo dell'opera intera divenendone parte integrante.

Sarà onere dell'impresa fornire al committente il codice a colori identificativo dei conduttori del cavo impiegato qualora diverso dallo standard.

#### Prove e collaudi Tubi Ghisa sferoidale

Le prove sistematiche devono essere effettuate su tutti i tubi e sono rappresentate da:

- esame visivo dell'aspetto;
- controllo della continuità dielettrica;
- controllo della finitura delle estremità.

Nel caso in cui le riparazioni interessino un'area superiore al 10% della superficie, il tubo in oggetto deve essere sottoposto a un secondo ciclo di lavorazione (eliminazione del rivestimento realizzato e riesecuzione dello stesso).

Prove non sistematiche devono essere effettuate con la frequenza di seguito specificata:

- misura dello spessore effettuata con spessimetro magnetico, opportunamente tarato errore max  $\pm 10\%$ , in 12 punti simmetricamente distribuiti una prova ogni 200 tubi dell'ordinativo (almeno una prova per ogni tipo di produzione di 8 h);
- prova di aderenza effettuata su un tubo ogni 200 tubi dell'ordinativo o una prova per ogni turno di produzione di 8 h;
- resistenza all'urto: prova effettuata su un tubo di inizio produzione dell'ordinativo;
- resistenza alla penetrazione: prova effettuata all'inizio della produzione dell'ordinativo;
- allungamento a rottura: prova effettuata all'inizio della produzione dell'ordinativo.

Nel caso in cui i risultati delle prove elencate non sono conformi a quanto richiesto, i tubi su i quali sono state effettuate le prove (o i tubi quali sono prelevati i provini), devono essere sottoposti ad un secondo ciclo di lavorazione. Più precisamente: la prova (o le prove) i cui risultati non sono conformi deve essere ripetuta su un numero doppio di tubi prodotti (scelti tra quelli prodotti subito prima e dopo i tubi sottoposti inizialmente alle prove).

Nel caso in cui i risultati delle riprove sono positivi la produzione è dichiarata conforme, nel caso in cui i risultati non sono positivi il fornitore deve concordare con l'acquirente un piano di prove più dettagliato per definire l'accettazione o meno del prodotto.

#### Prove di qualificazione del rivestimento applicato

Le seguenti prove devono essere effettuate sul rivestimento applicato con periodicità max di 3 anni, per la qualificazione del polietilene utilizzato:

- resistenza specifica del rivestimento;
  - stabilità ai raggi U.V.;
  - stabilità termica.
- CERTIFICAZIONE

I risultati delle prove di collaudo devono essere registrati e forniti come certificazione nei confronti dell'acquirente. Tutte le materie prime utilizzate, relativamente ad ogni lotto, devono essere accompagnate all'atto della fornitura da un certificato di analisi (con le prove inerenti le caratteristiche fisico-chimiche principali). Tale certificazione deve essere trasmessa dal rivestitore all'acquirente.

#### Prove collaudo rivestimento interno e certificazione

Tutti i tubi devono essere ispezionati per l'esame visivo dell'aspetto del rivestimento interno.

Nel caso in cui si riscontrino dei difetti, se questi si estendono per un'area superiore al 10% della superficie rivestita, il tubo in oggetto deve essere sottoposto ad un secondo ciclo di lavorazione (eliminazione del rivestimento realizzato e riesecuzione dello stesso).

Le seguenti prove non sistematiche devono essere effettuate con la frequenza di seguito specificata:

- misura dello spessore effettuata ad umido con spessimetro a pettine su uno o più tubi, in un numero di punti significativo, ad ogni inizio lavorazione o dopo interruzioni della produzione superiori a 2h. Misura effettuata a secco con spessimetri magnetici (errore max  $\pm 10\%$ ) in un numero di punti significativo, su un tubo per ogni turno di 8h di lavorazione;
- prova di aderenza effettuata su un tubo ogni 200 tubi dell'ordinativo o una prova per ogni turno di produzione di 8h.

Nel caso in cui i risultati delle prove non sono conformi a quanto richiesto, i tubi sui quali sono state effettuate le prove devono essere sottoposte ad un secondo ciclo di lavorazione.

Inoltre su un numero doppio di tubi prodotti (scelti tra quelli prodotti subito prima e dopo tubi sottoposti inizialmente alle prove). Nel caso in cui i risultati delle riprova sono positivi la produzione è dichiarata conforme, nel caso in cui i risultati non sono positivi il fornitore deve concordare con l'acquirente un piano di prove più dettagliato per definire l'accettazione o meno dei tubi rivestiti.

#### Prove e collaudi del valvolame

Tutta la produzione di valvole, indipendentemente dal tipo, dovrà essere sottoposta a Collaudo Idraulico e Funzionale. Al termine del collaudo, dopo la punzonatura di "Avvenuto Collaudo Positivo" dovrà essere stilato un certificato con evidenziati i dati di identificazione, la procedura utilizzata e la conformità alle norme di riferimento.

In particolare dovranno essere eseguite le seguenti prove:

##### - *Prova di pressione del corpo*

La prova di pressione del corpo deve essere eseguita ad otturatore aperto su tutte le saracinesche impiegando acqua a temperatura ambiente ed alla pressione indicata nel prospetto.

La saracinesca deve essere disposta libera, con l'otturatore aperto, le flange chiuse da controflange cieche, dotato di un raccordo per l'immissione dell'acqua e fissate esclusivamente alle rispettive flange.

Non è ammesso l'impiego di tiranti interessanti entrambe le controflange e analoghi dispositivi.

Per saracinesche fino a DN300 è ammesso il serraggio in pressa.

Prima di iniziare la prova occorre eliminare possibili sacche d'aria nel corpo, o allentando il premistoppa fino all'uscita delle prime gocce, o manovrando l'apposito tappo di sfiato, se questo è stato previsto in fase costruttiva.

La prova deve avere durata variabile da 2 a 6 min secondo i diametri nominali della saracinesca, è comunque sufficiente per constatare la tenuta completa del corpo. Essa deve essere eseguita mantenendo costantemente la pressione dell'acqua al valore richiesto. Durante la prova non si devono manifestare perdite o difetti di tenuta.

##### - *Prova di tenuta delle sedi*

La prova di tenuta delle sedi deve essere eseguita ad otturatore chiuso impiegando acqua a temperatura ambiente e alla pressione riportata nei calcoli di progetto.

La prova deve essere effettuata bilateralmente per provare la tenuta nei due sensi.

La saracinesca deve essere disposta, con otturatore aperto, sull'attrezzatura di prova e con una flangia chiusa mediante flangia cieca o altro mezzo idoneo, dotato di raccordo per l'immissione dell'acqua di prova.

Per saracinesche fino a DN300 è ammesso il serraggio in pressa.

Si opera quindi la manovra di chiusura dell'otturatore e si porta la pressione dell'acqua al valore di prova. La saracinesca deve rimanere in pressione per almeno 2 min o comunque per il tempo necessario ad una completa ispezione dell'otturatore e delle sedi di tenuta.

L'operazione sopra descritta dovrà essere ripetuta con la medesima modalità nell'apposito senso di prova.

##### - *Prove particolari*

Su richiesta del collaudatore, potranno essere eseguite prove particolari quali, prova di trazione o durezza su provetta dei materiali impiegati, verifica di manovrabilità degli organi di manovra compresi gli eventuali dispositivi elettromeccanici o di altro tipo, verifica di altre caratteristiche funzionali. In tal caso saranno previamente fissate le modalità di esecuzione di dette prove.

##### - *Attestato di conformità*

Il fabbricante deve fornire al committente un attestato di conformità con il quale certifica che le saracinesche fornite sono conformi alla presente norma (o in particolare ai requisiti di cui ai punti precedenti).

##### - *Collaudo del valvolame*

Su richiesta del collaudatore, prima della consegna della fornitura deve essere eseguito, presso il fornitore e alla presenza di una o più persone incaricate dalla Stazione Appaltante, il collaudo delle saracinesche.

Il Collaudo deve essere eseguito su saracinesche montate e superficialmente non protette. La verniciatura deve essere eseguita successivamente con procedimento a freddo. Previo accordo può essere richiesto lo smontaggio delle saracinesche durante il collaudo.



- *Criteria di accettazione*

La verifica dei requisiti dimensionali e di finitura deve essere effettuata sul numero di pezzi pari almeno al 50% del totale. Qualora nel corso delle verifiche una saracinesca non corrisponda a quanto stabilito in precedenza essa deve essere scartata e si devono prelevare altre due saracinesche della partita in esame. Nel caso in cui la verifica risulti nuovamente negativa il collaudo deve essere sospeso ed il fabbricante può provvedere, previo accordo col committente, a una sistemazione della partita per ripresentarla al collaudo.

- *Prove*

La prova di pressione del corpo e la prova di tenuta delle sedi devono essere eseguite secondo le indicazioni precedenti e sul numero di pezzi concordato con il collaudatore.

La saracinesca che alla prova di pressione del corpo presentino perdite per difetti di porosità o di altri difetti devono essere scartate. Per ogni saracinesca difettosa ne vanno prelevate altre due della stessa partita per eseguire nuovamente la prova di pressione. Nel caso che la prova risulti nuovamente negativa, il collaudo deve essere sospeso e la partita in esame deve essere scartata. Le saracinesche che alla prova di tenuta delle sedi presentino perdite, potranno, previo accordo con il committente, essere riparate e ripristinate al collaudo.

- *Verbale di collaudo*

A collaudo eseguito deve essere compilato dal costruttore un certificato che dovrà essere controfirmato sia dal collaudatore del committente sia dal collaudatore del fornitore.

- *Tolleranze*

Le tolleranze sulla massa, sullo spessore, sul diametro esterno dovranno essere quelle ammesse nelle norme UNI EN 10224:2006 e UNI EN 10217-1:2005 e saranno controllate secondo quanto previsto nelle norme UNI vigenti.

Il rappresentante della Stazione Appaltante potrà non accettare il materiale non rispondente alle prescritte tolleranze.

▪ **RINTERRO TUBAZIONI**

Prima di procedere al riempimento totale dello scavo si dovranno ripristinare o riallacciare a regola d'arte tutte le canalizzazioni di ogni genere incontrate nello scavo stesso.

Il riempimento dovrà essere eseguito per strati di circa cm 30, ognuno dei quali dovrà essere bagnato e costipato secondo i più moderni procedimenti di stabilizzazione dei terreni, adottando macchine vibrocostipatrici adeguate alle circostanze (del tipo "a ranocchia" o di altri tipi), che consentano di far raggiungere la massima densità agli inerti posti come riempimento.

Su strade pubbliche e private il riempimento verrà eseguito esclusivamente con sabbia comune, ghiaia di cava scevra da materiali terrosi, inerti ricavati dalla lavorazione di materiali recuperabili, misto cementato, o malta cementizia aerata, a seconda di quanto previsto negli elaborati progettuali o stabilito dagli Enti proprietari delle strade o da ordini specifici della Direzione Lavori.

L'impiego per il rinterro di materiali di risulta ovvero dei materiali accatastati nell'ambito del cantiere e provenienti dallo scavo medesimo, dovrà essere limitato ai terreni di campagna, oppure espressamente ordinato dal Direttore Lavori.

In presenza di terreni coltivati l'Appaltatore dovrà usare particolare cura nello scavo, in modo da conservare a parte il terreno vegetale di superficie, per ricollocarlo poi nella parte superiore del riempimento; comunque l'Appaltatore dovrà in questo caso accordarsi preventivamente con la proprietà, onde soddisfare le giuste esigenze di questa; dei suddetti maggiori oneri è stato tenuto debito conto nel quantificare i relativi prezzi di Elenco.

Il rinterro di scavi attorno a manufatti sotterranei quali camerette di manovra, pozzetti ecc., dovrà essere eseguito con procedimenti analoghi a quelli usati per le condotte; nel caso in cui venga espressamente richiesto, l'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire un drenaggio sulle pareti esterne, mediante la posa in opera di ghiaia in natura o di altro materiale nella quantità e nei modi richiesti dal Direttore Lavori.

Nel periodo intercorrente fra il rinterro degli scavi e il ripristino della pavimentazione stradale, l'Appaltatore dovrà provvedere alla tempestiva ricolmatura di eventuali avvallamenti del livello dei piani viabili, mediante riporto e sistemazione di materiali inerti di cava di idonea pezzatura, fintanto che il piano stradale si sia definitivamente stabilizzato. Con i prezzi di elenco relativi ai riempimenti sono previsti e compensati tali oneri, senza che per questo motivo l'Appaltatore possa pretendere alcuna rivalsa.

## ART. 32. AGGOTTAMENTI

Gli aggottamenti di cantiere, a totale cura dell'Impresa, verranno eseguiti mediante apposite motopompe in numero sufficiente a garantire lo smaltimento delle acque, sia meteoriche che reflue, che possano interferire con la esecuzione dei lavori.

L'Impresa avrà cura di realizzare apposite protezioni in corrispondenza degli scarichi delle motopompe stesse in modo da prevenire eventuali fenomeni erosivi sulle sponde o sugli argini dei canali recettori.

Per gli aggottamenti del fondo degli scavi e di tutte le altre lavorazioni previste nel presente progetto non verrà riconosciuto alcun onere in quanto gli oneri per tali aggottamenti sono già compensati nei relativi prezzi di elenco.

## ART. 33. WELL POINT

Per l'aggottamento delle acque di falda, negli scavi di fondazione, o nelle zone dove dovranno essere eseguiti i cavi, saranno impiegati sistemi tipo *well-point* o similari.

Il sistema *well-point* comprende l'utilizzo di una serie di punti aspiranti di altezza tale da garantire il prosciugamento dello scavo da eseguire collegati da un collettore munito di pompa autoadescante.

Le tubazioni, di diametro e lunghezza adeguate, dovranno scaricare e smaltire le acque di aggottamento con accorgimenti atti ad evitare interramenti od ostruzioni dei condotti.

L'Impresa potrà utilizzare caditoie esistenti, ove possibile, senza creare ad immissione ultimata, intasamenti alla naturale linea di smaltimento meteorica.

L'aggottamento delle acque di falda col sistema *well-point*, sarà pagata come indicato nell'elenco prezzi con il relativo prezzo di elenco, comprensivo delle punte aspiranti, pompe, mano d'opera, trasporto, messa in opera tubi, fornitura di energia, manutenzione, guardiania, controllo ed assistenza h24.

## ART. 34. SCOGLIERE IN MASSI CICLOPICI PER SISTEMAZIONI DI DIFESA RADENTI

Per la realizzazione della scogliera i massi saranno forniti a cura e spese dell'Impresa. I massi dovranno essere posti in opera mediante l'impiego di idonei mezzi meccanici al di sotto o superiormente rispetto al pelo dell'acqua, sulle sponde e sul fondo dei corsi d'acqua, secondo gli allineamenti e le livellette di progetto, in modo ordinato e profilato sulla sagoma esterna ed in maniera comunque conforme alle prescrizioni contenute negli appositi particolari costruttivi ed a quelle impartite all'atto esecutivo dal Direttore dei Lavori.

L'Appaltatore dovrà impiegare per il sollevamento, trasporto e collocamento in opera dei massi, quegli attrezzi, meccanismi e mezzi d'opera che saranno riconosciuti più adatti per la buona esecuzione del lavoro e per evitare che i massi abbiano a subire avarie.

I massi da impiegare dovranno essere approvvigionati a piè d'opera lungo il fronte del lavoro; la ripresa ed il trasporto del materiale al luogo di impiego dovranno essere fatti senza arrecare alcun danno alle sponde. Il materiale dovrà essere accostato con l'utilizzo di tavoloni o scivoloni, in grado di proteggere le opere idrauliche: è tassativamente vietato il rotolamento dei massi lungo le sponde.

La scogliera di difesa radente verrà posta in opera previa la realizzazione dello scavo d'imposta da realizzarsi secondo le dimensioni e con le pendenze di progetto. Successivamente si procederà alla posa in opera della scogliera.

Per lavori eseguiti in assenza di acqua, in corsi d'acqua soggetti ad asciutta, oppure, in condizioni di magra, con livelli d'acqua inferiori a 0,50 m, la berma sarà realizzata entro uno scavo di fondazione di forma prossima a quella trapezia.

I massi dovranno essere collocati in opera uno alla volta, in maniera che risultino stabili e non oscillanti e in modo che la tenuta della berma nella posizione più lontana dalla sponda sia assicurata da un masso di grosse dimensioni.

Se i lavori andranno eseguiti sotto il pelo dell'acqua, i massi saranno collocati alla rinfusa in uno scavo di fondazione delle dimensioni prescritte, verificando comunque la stabilità dell'opera.

Utilizzando massi artificiali, durante la posa, l'Impresa avrà cura di assicurare un adeguato concatenamento fra i vari elementi e dovrà assolutamente evitare danneggiamenti per urti. Gli elementi che si dovessero rompere durante le operazioni di posa andranno rimossi e sostituiti a cura e spese dell'Impresa.

La mantellata andrà realizzata a partire dal piede e procedendo verso l'alto. Le scarpate dovranno essere previamente sagomate e rifilate alla pendenza e alle quote prescritte per il necessario spessore al di sotto del profilo da realizzare a rivestimento eseguito.

Gli elementi costituenti i cigli di banchine saranno accuratamente scelti ed opportunamente lavorati, al fine di ottenere una esatta profilatura dei cigli.

Dovrà essere particolarmente curata la sistemazione faccia a vista del paramento lato fiume, in modo da fargli assumere l'aspetto di un mosaico grezzo, con assenza di grandi vuoti o soluzioni di continuità.

Le scogliere saranno formate incastrando con ogni diligenza i massi del peso minimo compreso tra 1.0 e 3.0 t, gli uni con gli altri, in modo da costituire un tutto compatto e regolare, di quelle forme e dimensioni stabilite in progetto o indicate dalla DL. Nell'esecuzione dei lavori i massi di maggiore dimensione dovranno essere posti verso l'esterno e quelli di minore dimensione verso l'interno, cosicché risulti graduale il passaggio dei massi di peso maggiore a quelli di peso minore. I vuoti verranno intasati con materiali lapidei di pezzatura più piccola. Questo ultimo sarà in ragione generalmente non superiore al 15% del peso complessivo della scogliera stessa.

Successivamente alla realizzazione della scogliera si procederà al parziale rinterro della stessa utilizzando parte delle materie di risulta dallo scavo d'imposta delle stesse. Gli interstizi tra i massi dovranno essere adeguatamente intasati utilizzando materiale arido di idonea pezzatura, in misura non superiore al 15% del peso complessivo ovvero, ove previsto il rinverdimento della scogliera mediante posa in opera di talee o piantine, con terreno vegetale.

Per il rivestimento di scarpate con scogliera si seguiranno le modalità sopra descritte. Lo spessore del rivestimento non dovrà essere in ogni caso inferiore a 0.5 m. e seguirà il naturale declivio della scarpata da proteggere.

Qualora sia previsto l'impiego di appositi geotessili nontessuti con funzione di filtro da interporre tra la sponda in terreno naturale e la scogliera in massi ciclopici si dovrà porre particolare attenzione alla posa in opera dei blocchi lapidei sopra i geotessili in modo tale da non danneggiare gli stessi. I geotessili contessuti da impiegare dovranno essere del tipo agugliato.

Nei tratti ove previsto, i massi dovranno essere intasati con conglomerato cementizio C12/15 avendo cura, per la formazione del paramento faccia a vista, di arretrare l'intasamento in calcestruzzo di circa 5 cm rispetto al piano del paramento stesso.

Nel caso di scogliera debolmente cementata l'uso del calcestruzzo sarà limitato alla sola base di appoggio dei massi.

Per le scogliere intasate si procederà al parziale intasamento della stessa utilizzando calcestruzzo C16/20 per riempire gli interstizi tra i massi in misura non superiore al 15% del peso complessivo.

## **ART. 35. COSTRUZIONE DI GABBIONATE METALLICHE**

Ove sono previsti rivestimenti di sponda con gabbionate queste saranno realizzate con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 in accordo con le UNI EN 10223-3:2014, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218-2:2012 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 350 e 550 N/mm<sup>2</sup> e allungamento minimo pari al 10%, avente un diametro pari a 3,0 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) - Cerio - Lantanio conforme alla EN 10244 – Classe A e ASTM 856-98 con un quantitativo non inferiore a 265 g/m<sup>2</sup>.

L'adesione della galvanizzazione al filo dovrà essere tale da garantire che avvolgendo il filo attorno ad un mandrino avente diametro quattro volte maggiore, il rivestimento non si crepa e non si sfalda sfregandolo con le dita. La galvanizzazione inoltre dovrà superare un test d'invecchiamento accelerato in ambiente contenente anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) secondo la normativa DIN 50010 (KESTERNICH TEST) per un minimo di 28 cicli. La rete metallica costituente il manufatto dovrà avere una resistenza nominale a trazione longitudinale nominale pari a kN/m 58 ricavata con modalità di prova conformi alla normativa ASTM A-975-97.

Gli scatolari metallici saranno assemblati utilizzando sia per le cuciture sia per i tiranti un filo con le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete ed avente diametro pari a 2,40 mm, l'operazione sarà compiuta in modo da realizzare una struttura monolitica e continua. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi saranno del diametro 3,0 mm e carico di rottura minimo pari a 170 Kg/mm<sup>2</sup>. Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'Appaltatore dovrà consegnare alla D.L. il relativo certificato di collaudo e garanzia rilasciato in originale, in cui specifica il nome del prodotto, la Ditta produttrice, le quantità fornite e la destinazione. Tale Ditta produttrice dovrà inoltre essere in certificazione di sistema qualità in conformità alle normative in vigore, ISO EN 9002; in assenza di ciò, la D.L. darà disposizioni circa il

prelievo di campioni per verificare il rispetto delle normative enunciate. Terminato l'assemblaggio degli scatolari si procederà alla sistemazione meccanica e manuale del ciottolame, che dovrà essere fornito di idonea pezzatura, né friabile né gelivo di dimensioni tali da non fuoriuscire dalla maglia della rete e da consentire il maggior costipamento possibile.

Il riempimento dei gabbioni potrà essere effettuato con mezzi meccanici o a mano prestando attenzione ad ottenere la migliore sistemazione dello stesso in modo da ridurre la porosità complessiva. In particolare si provvederà a miscelare il pietrisco in modo da avere un riempimento omogeneo. In ogni caso la dimensione del materiale inserito all'interno del gabbione non potrà essere inferiore alla dimensione massima della maglia adottata e da consentire il maggior costipamento possibile. La pezzatura più adatta per il riempimento è quella variabile tra 1,5 - 2 volte la dimensione della maglia delle rete.

Il collocamento in opera dei gabbioni avverrà disponendoli in file contigue e parallele, a contatto l'una con l'altra, in modo che le connessioni di una fila non corrispondano con quelle delle file adiacenti.

Tra la gabbionata e il terreno sarà interposto un apposito filtro in geotessile tessuto non tessuto in poliestere a filo continuo di idonea porosità e grammatura non inferiore a 350 g/mq. Saranno realizzate sovrapposizioni longitudinali e trasversali non inferiori a 30 cm e graffiatura con graffe di tondino di ferro. Si porrà la massima attenzione durante la fase di posa in opera e di riempimento a non sollecitare il geotessile in modo da lesionarlo.

I gabbioni dovranno essere posti in opera nei periodi di più accentuata magra del corso d'acqua, eventualmente provvedendo alla preventiva, parziale deviazione del corso d'acqua.

Nel caso di abbinamento con le piante è previsto l'inserimento di talee di specie arbustive dotate di capacità di riproduzione vegetativa, poste all'interno del gabbione o nella prima serie di maglie del gabbione soprastante in fase di costruzione. Le talee dovranno attraversare completamente il gabbione ed essere inserite nel terreno dietro il gabbione stesso per una profondità che dia garanzia di crescita. Tale operazione potrà avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo

## ART. 36. GEOSINTETICI E GEOCOMPOSITI

### ***Geotessili in tessuto non tessuto***

I geotessili in tessuto non tessuto potranno essere usati con funzione di filtro per evitare il passaggio della componente fine del materiale esistente in posto, con funzione di drenaggio, o per migliorare le caratteristiche di portanza dei terreni di fondazione.

I geotessili andranno posati dove espressamente indicato dai disegni di progetto o dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Il terreno di posa dovrà essere il più possibile pulito da oggetti appuntiti o sporgenti, come arbusti, rocce od altri materiali in grado di produrre lacerazioni.

I teli srotolati sul terreno verranno posti in opera mediante cucitura sul bordo fra telo e telo, o con sovrapposizione non inferiore a 30 cm. Il fissaggio sul piano di posa sarà effettuato in corrispondenza dei bordi longitudinali e trasversali con infissione di picchetti di legno della lunghezza di 1,50 metri, a distanza di 1 metro.

Per i tappeti da porre in opera in acqua, L'Impresa dovrà impiegare apposito mezzo natante e saranno a suo carico gli oneri per il materiale di zavoratura.

### ***Georeti tridimensionali antierosione***

Le georeti tridimensionali antierosione verranno utilizzate sulle scarpate arginali a fiume con lo scopo di favorire l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione erbacea, consentendo così di ridurre l'effetto dell'azione erosiva della corrente.

Le georeti andranno posate dove espressamente indicato dai disegni di progetto o dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Il terreno di posa dovrà essere livellato e liberato da vegetazione, radici, pietre e in generale oggetti appuntiti o sporgenti.

Prima di procedere alla posa sarà necessario creare al piede e in testa al pendio delle trincee di ancoraggio, di profondità non inferiore a 30 cm. La georete dovrà poi essere fissata in una delle due trincee con almeno 1 picchetto per metro e successiva copertura del solco con terreno. La georete potrà essere stesa indifferentemente dall'alto verso il basso o viceversa e dovrà essere posata nel senso del deflusso con una sovrapposizione minima dei teli di monte su quelli di valle di 15 cm. La fascia di sovrapposizione dovrà essere fissata con almeno 1 picchetto per metro. Al centro dovranno essere previsti dei picchetti intermedi in media 1 per metro quadrato di superficie. Il numero di picchetti intermedi dovrà essere portato ad una densità di 3 o 4 per metro quadrato in condizioni

particolarmente sfavorevoli (pendenza della sponda o della scarpata >30° o pessima consistenza del substrato). I bordi liberi dovranno essere fissati con 1 picchetto per metro e ricoperti con terreno. La parte terminale della georete dovrà essere fissata con 1 picchetto per metro nel solco precedentemente preparato all'estremità opposta, che verrà anch'esso ricoperto. Infine la georete dovrà essere intasata con inerte terroso.

#### **Geomembrane impermeabili**

Le geomembrane impermeabili saranno utilizzate laddove risulti necessario impedire un moto di filtrazione all'interno dei rilevati arginali.

Le geomembrane andranno posate dove espressamente indicato dai disegni di progetto o dall'Ufficio di Direzione Lavori.

Il terreno di posa dovrà essere il più possibile pulito da oggetti appuntiti o sporgenti, come arbusti, rocce od altri materiali in grado di produrre lacerazioni e dovrà essere rivestito con uno strato in tessuto non tessuto di peso unitario non inferiore a 0,7 N/m<sup>2</sup> (70 g/m<sup>2</sup>).

I teli andranno fissati al terreno in testa e al piede della scarpata mediante picchetti di ancoraggio infissi entro apposite trincee di spessore non inferiore a 50 cm. I teli, se non previsto diversamente dall'Ufficio di Direzione Lavori, andranno collegati mediante saldatura meccanica sul posto. Il telo da saldare andrà steso sopra il telo già posato e i due lembi andranno giuntati mediante cucitrice manuale; terminata questa operazione, il telo superiore verrà ribaltato in modo da risultare nella corretta posizione e la giunzione verrà sigillata con mastice bituminoso.

### **ART. 37. RILEVATO PER ARGINI E RICONFORMAZIONE DELLE SPONDE DEI CANALI**

La formazione di rinterri per argini e/o delle sponde dei canali, saranno attuati mediante il reimpiego delle materie derivanti dagli scavi, se ritenute idonee dalla Direzione Lavori o l'impiego di terre provenienti da cave di prestito all'uopo reperite a cura e spese dell'Impresa o di terre fornite dall'Appaltatore.

Per i rinterri di canalizzazioni esistenti l'Impresa avrà cura di preparare il piano di rinterro eseguendo l'espurgo e l'allontanamento delle materie sedimentate sul fondo e lo scotico superficiale delle sponde allo scopo di allontanare le materie vegetali presenti sulla superficie del rinterro.

Tali opere preliminari al rinterro, da effettuarsi compattando il materiale con le modalità descritte nel seguito, si intendono compensate nei prezzi di elenco per cui nulla è dovuto all'Impresa per tali lavorazioni.

Il piano d'imposta dovrà essere accuratamente preparato adottando idonei interventi atti ad assicurare l'ammorsamento delle terre.

Nel caso di argini fluviali ciascun strato sarà realizzato in contropendenza rispetto all'alveo del canale.

L'Impresa dovrà sagomare gli argini, le scarpate ed i rinterri secondo le sezioni geometriche del progetto, senza pretesa di alcun compenso supplementare e con maggiori dimensioni per tenere conto dell'assestamento delle materie, affinché le sponde e la sommità abbiano, all'atto del collaudo, le giuste sagome e le quote prescritte dal progetto.

Particolare cura dovrà essere adottata nelle fasi attinenti la formazione del piano di sommità del coronamento dell'argine e della profilatura delle scarpate.

Prima dell'inizio dei lavori di costruzione del rilevato l'Impresa dovrà aver eseguito diligentemente il tracciamento e la picchettatura dell'opera. L'Impresa dovrà realizzare l'argine attenendosi alle prescrizioni del presente Capitolato Speciale di Appalto ed ordinate dal Direttore dei Lavori volta per volta.

Il prezzo compensa la preparazione del piano di posa per nuove arginature o per ringrosso o rialzo di arginature esistenti, eseguita mediante scavo di cassonetto o di gradonature, secondo le geometrie e le dimensioni previste dagli elaborati progettuali.

Il prezzo comprende l'onere dell'accumulo a piè d'opera, della separazione del materiale vegetale per la successiva ripresa e la posa lungo le scarpate arginali, il riutilizzo del materiale terroso idoneo integrato con altro proveniente dall'area golenale per il reintegro del cassonetto o dei gradoni e la posa a regola d'arte del detto materiale a riempimento del cassonetto e delle gradonature.

#### **Preparazione del piano di posa dell'argine**

L'Impresa dovrà realizzare l'argine secondo le fasi di seguito riportate:

Taglio di rovi, arbusti, piante, alberi ed estirpazione completa delle relative ceppaie e radici, allontanamento a discarica del materiale di risulta.

Scotico di 20 cm della superficie di appoggio del nuovo rilevato arginale, onde togliere la coltre vegetale per lo spessore necessario.

Scavo di ammorsamento del nuovo rilevato nello strato di terreno relativamente più resistente di altri 30 cm, compreso rimozione di trovanti di qualsiasi genere e dimensione, ciottoli, pietrame, materie vegetali, ecc. e riempimento delle buche createsi con terra limosa argillosa adeguatamente compattata.

Compattazione del piano di posa dell'argine, eseguita mediante ripetuti passaggi di rulli compattatori semoventi a segmenti o trainati a piede di capra, comunque idonei alla natura del terreno da compattare fino a raggiungere una densità in sito almeno pari al 90% della massa volumica massima determinata con la suddetta prova di compattazione.

#### ***Prove di controllo sul piano di posa dell'argine***

Prelievo ogni 4000 m<sup>2</sup> di un campione del terreno di posa dell'argine da sottoporre ad una prova di compattazione Proctor modificata (ASTM D1557 e AASHTO T180).

Verifica di compattazione da eseguirsi ogni 1000 m<sup>2</sup> mediante le seguenti prove geotecniche in sito:

- contenuto d'acqua;
- densità secca;
- prova scissometrica (FVT).

L'Impresa provvederà a rendere il piano di posa dei rilevati il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane.

Il piano di posa dei rilevati, prima dell'inizio della loro costruzione, dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori, che potrà richiedere ulteriori scavi di bonifica per rimuovere eventuali strati di terreno non idonei.

Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dell'argine potrà, se ritenuto idoneo dalla Direzione dei Lavori, essere reimpiegato per gli ulteriori lavori da eseguire e, quindi, sarà depositato in aree occupate temporaneamente a cura e spese dell'Appaltatore. Le materie di risulta che non dovranno essere reimpiegate saranno portate a discarica.

#### ***Costruzione del rilevato arginale***

Completata la preparazione del piano di posa, come sopra indicato, e dopo che la Direzione dei Lavori ne abbia verificato la corretta esecuzione, l'Impresa procederà alla costruzione del nuovo rilevato secondo le seguenti operazioni.

Nella costruzione dell'argine andranno seguite le indicazioni progettuali riportate nei disegni esecutivi, sia per quanto riguarda le dimensioni del rilevato e la pendenza delle scarpate, sia per quanto riguarda lo spessore degli strati.

Applicazione sul terreno di picchetti di legno, dotati di sagoma, al fine di determinare sul posto le unghie ed i cigli di tutte le sezioni trasversali dell'argine previste in progetto.

Ammorsamento del nuovo rilevato in costruzione con il piano di posa o l'eventuale argine esistente, eseguito sia sulle superfici di appoggio inclinate che su quelle orizzontali. Nel primo caso l'ammorsamento verrà seguito mediante la creazione di gradoni aventi una profondità fino a cm 80 ed una altezza fino a cm 100 circa ed una inclinazione del piano del gradone nel senso inverso al declivio del terreno. Nel secondo caso (piano di posa, sommità dell'argine, ecc.), l'ammorsamento sarà garantito mediante la creazione di solchi di profondità di circa cm 30.

Stesa della terra idonea alla costruzione dell'argine ed accettata dalla Direzione dei Lavori, a strati di spessore costante non superiori a 30 cm, curando l'ammorsamento con lo strato già compatto mediante l'erpatura e la creazione di solchi prima della stesa dello strato successivo.

Compattazione di ogni strato di terra steso, eseguita mediante ripetuti passaggi di rulli compattatori semoventi a segmenti, oppure trainati a piede di capra, come specificato di seguito.

Profilatura delle scarpate e della sommità del rilevato secondo la sagoma e le pendenze di progetto. Particolare cura dovrà essere adottata nelle fasi attinenti la formazione del piano di sommità del coronamento dell'argine e della profilatura delle scarpate.

Inerbimento del rilevato arginale mediante semina di idoneo miscuglio di semi, scelte in base alle caratteristiche chimico-granulometriche del terreno ed alle condizioni ambientali del luogo.

#### ***Compattazione del materiale***

La compattazione delle terre potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo (1-1,5% circa) a quello ottimo determinato mediante la prova Proctor modificata. Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione, se inferiore l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato. Il tipo, le caratteristiche, il numero dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza), dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione dei Lavori; nelle fasi iniziali del lavoro l'Impresa dovrà adeguare le proprie modalità esecutive in funzione delle terre da impiegarsi e dei mezzi disponibili.

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme, a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo. Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

Il materiale deve essere disposto in opera a strati dello spessore massimo di 30 cm, debitamente umidificati e compattati meccanicamente, a mezzo di piastre vibranti e/o rullo compattatore.

#### ***Prescrizioni ulteriori sulla costruzione dell'argine***

La terra da impiegare nella costruzione di argini dovrà provenire da cave di prestito oppure dal recupero del materiale di risulta di scavi, tagli e riprofilature di rilevati arginali esistenti; in entrambi i casi la terra dovrà sempre essere stata ritenuta idonea dalla Direzione dei Lavori. Inoltre, la terra dovrà essere priva di ceppaie, radici, pietre, detriti, e dovrà essere del tutto esente da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo.

L'Impresa dovrà impiegare nella costruzione dell'argine esclusivamente quella terra accettata dalla Direzione dei Lavori e possedente i requisiti richiesti.

L'Appaltatore dovrà consegnare al Direttore dei Lavori, per ogni mezzo di trasporto in arrivo sul cantiere, la bolla di provenienza del materiale effettuata presso la cava di prestito o altro cantiere. Il campione di 5m<sup>3</sup> di terra, depositato in cantiere prima dell'inizio dei lavori ed accettato dalla Direzione dei Lavori, sarà utilizzato per la verifica immediata della terra fornita dall'Appaltatore. Saranno rifiutate tutte le terre che si presentano difformi dal campione depositato sul cantiere, ed aventi caratteristiche diverse dei certificati delle prove di laboratorio eseguiti preliminarmente per l'accettazione.

L'Appaltatore dovrà, a totale sue spese, allontanare immediatamente dal cantiere tutte le terre non accettate dal Direttore dei Lavori, anche se queste sono già state posate in rilevato, rimanendo a totale suo carico e spese anche la demolizione di quanto già eseguito con tali terre.

La terra, per la costruzione dei rilevati, dovrà essere sminuzzata e qualora si presentasse in panconi o zolle eccessivamente grosse, queste dovranno essere ridotte mediante la benna dell'escavatore o con vanghe ed apposite mazze, in piccoli pezzi della grossezza massima di una noce.

Il contenuto d'acqua della terra da posare in rilevato dovrà essere prossimo a quello ottimo determinato mediante la prova di compattazione. Se tale contenuto dovesse risultare superiore, la terra dovrà essere essiccata per aerazione, se inferiore l'aumento sarà conseguito per umidificazione.

La costruzione dell'argine in presenza di gelo o di piogge persistente non sarà consentita in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della Direzione dei Lavori.

L'Impresa non potrà sospendere la costruzione del rilevato, qualunque ne sia la causa, senza prima avergli dato una configurazione tale da assicurare lo scolo delle acque piovane. Nella ripresa del lavoro a discrezione della D.L. il rilevato già eseguito dovrà essere espurgato dalle erbe e cespugli che vi fossero nati, nonché dovrà essere rimosso lo strato superficiale dello spessore di almeno 10 cm praticandovi anche dei solchi per garantire il collegamento del nuovo strato.

L'Impresa dovrà consegnare i rilevati con le scarpate regolari, ben compattate, spianate e con la pendenza di progetto. Anche le sommità dell'argine e delle banche dovranno avere la pendenza prevista in progetto al fine di agevolare lo sgrondo delle acque piovane.

È obbligo dell'Impresa, escluso qualsiasi ulteriore compenso, di dare ai rilevati durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento dei materiali costituenti affinché, al momento del collaudo, i rilevati stessi abbiano dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

### **Prescrizioni sui mezzi d'opera**

Il tipo e le caratteristiche dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione dei Lavori.

L'Appaltatore sarà libero di adottare tutti quei mezzi d'opera che riterrà più opportuno, purché dalla Direzione dei Lavori siano riconosciuti rispondenti allo scopo e non pregiudizievoli per i rilevati esistenti oppure per la buona riuscita ed il regolare andamento dei lavori.

Allorché, in corso d'opera, tali mezzi d'opera e/o le modalità di compattazione della terra risultassero praticamente difettosi e/o comunque non rispondenti alle esigenze dei lavori, l'Appaltatore dovrà ampliarli, modificarli e dove occorra anche cambiarli totalmente, e ciò a totali sue spese, senza che egli possa né invocare, a scampo di responsabilità, l'approvazione data e le modifiche suggerite dal Direttore dei Lavori, né pretendere compensi o indennità oltre i prezzi stabiliti in contratto.

Il trasporto lungo l'argine delle terre dovrà avvenire mediante mezzi meccanici adatti alla natura del terreno in loco e adeguati alle caratteristiche di compressibilità del terreno di fondazione.

In particolare il peso a pieno carico dei mezzi di trasporto dovrà essere tale da non essere pregiudizievole alla stabilità dei rilevati in costruzione.

L'Impresa dovrà, dunque, attrezzarsi al meglio in quanto non saranno accettate formazioni di piste, anche provvisorie, sui rilevati arginali, oppure quant'altro necessario per favorire l'utilizzo di mezzi che hanno impiego esclusivamente stradale.

Così dicasi anche per i mezzi d'opera necessari per gli scavi e la compattazione della terra, i quali dovranno essere adatti rispettivamente all'impiego su terreni paludosi, poco consistenti, ed alla compattazione di terre limose argillose impiegate per la formazione dell'argine.

A lavori ultimati, l'Appaltatore, a totale sue spese e carico, dovrà ripristinare lo stato dei luoghi interessati al transito dei mezzi di trasporto e d'opera, colmando i solchi, le buche ed il calo del terreno provocato dai mezzi con terra dello stesso genere di quella presente.

### **Prove di controllo costruzione argini**

L'Impresa è obbligata in ogni momento a prestarsi alle prove di controllo della qualità e della posa in opera della terra impiegata nella costruzione degli argini, previste nel presente Capitolato o prescritte a insindacabile giudizio dalla Direzione dei Lavori.

Rimane inteso che il Direttore dei Lavori potrà richiedere l'esecuzione anche solamente di alcune delle prove di controllo elencate nel presente articolo, ogni qualvolta lo riterrà opportuno.

### **Prove di controllo della posa in opera della terra**

La corretta posa in opera della terra impiegata per la costruzione degli argini sarà accertata mediante le seguenti prove geotecniche condotte in sito:

- contenuto d'acqua;
- densità secca;
- prova scissometrica (FVT).

A rullatura eseguita, la densità in sito dovrà avere una densità non minore dell'85% della Proctor modificata determinata sui campioni di terra. Le suddette prove di controllo verranno eseguite almeno una ogni m<sup>3</sup> 1000 di materiale messo in opera e in generale ogni qualvolta vari la natura o la provenienza della terra stessa.

Inoltre, il Direttore dei Lavori potrà richiedere l'esecuzione delle prove di controllo ogni qualvolta lo riterrà opportuno. In caso di esito negativo delle prove, l'Impresa dovrà provvedere immediatamente a totale sua cura e spese al raggiungimento dei parametri minimi previsti. Ogni prova di controllo sarà a totale cura e spesa dell'Appaltatore.

## **ART. 38. GIUNTI**

La ripresa dei giunti di impermeabilizzazione (tipo water stop) nel rivestimento in calcestruzzo del canale, o la realizzazione dei giunti di dilatazione, dovrà essere effettuata mediante la messa in opera di un cordolo bentonitico sigillante a sezione rettangolare delle dimensioni minime di mm 20×25 composto da una miscela di gomma butilica e bentonite sodica delle seguenti caratteristiche tecniche e fisiche:

- Composizione miscela: gomma butilica 25%, bentonite sodica 75%



- Peso specifico:  $> 157 \text{ gr/cm}^3$
- Espansione a contatto acqua: 6 volte il volume iniziale
- Spinta di rigonfiamento:  $6 \text{ Kg/cm}^2$
- Cessione di sostanze tossiche all'acqua: negativa

Prima dell'applicazione del cordolo il piano di appoggio dovrà essere ripulito da polvere o materiale incoerente.

Il cordolo sarà inchiodato alla superficie avendo cura di posizionarlo ad una distanza non inferiore a 5-8 cm dalla superficie esterna. La continuità del cordolo avverrà per semplice accostamento dei capi terminali con una sovrapposizione pari a 5 volte la sua larghezza maggiore.

Qualora accettato dalla Direzione dei Lavori potrà essere disposta anche l'esecuzione di giunti con diverse caratteristiche tecniche, ferma restando l'invariabilità del prezzo in Elenco.

#### ART. 39. PANNELLI RIVESTITI CON PIETRA DI VARIO GENERE

Pannelli prefabbricati in c.a.v. con Rck 37 Mpa classe di esposizione XC4 con funzione di cassero esterno per muro di sponda. I pannelli saranno realizzati con una lastra dello spessore finito di cm 13 più traliccio sporgente.

L'armatura sarà costituita da una rete elettrosaldata e dai tralici sporgenti opportunamente dimensionati per il collegamento al getto eseguito in opera e da due ganci in testa per la posa della lastra.

Il rivestimento dei pannelli sarà eseguito con metodo "OPUS INCERTUM" mediante annegamento nella malta di pietre di vario genere (Pietra di Trani, Porfido, ecc.) con fuga grezza rientrante e con la predisposizione di nicchie per il mascheramento del giunto verticale tra i pannelli.

#### ART. 40. VALVOLA A CLAPÈT A DOPPIO BRACCIO BILANCIATA

Le valvole a *clapèt* sono costituite da paratoie mobili antiriflusso in acciaio inox AISI 304, guarnizioni in EPDM fissata al battente mediante piatti e rivetti in AISI 304, cerniere autocentranti con perni in AISI 304 e bronzine autolubrificanti.

Il telaio di contro tenuta delle paratoie mobili antiriflusso a doppio braccio bilanciate sarà in acciaio inox AISI 304 lavorato alle macchine utensili con flangia posteriore per l'installazione su opere in c.a.. Il telaio così realizzato avrà il lato a contatto con l'opera civile perpendicolare ed il lato di tenuta con inclinazione maggiore di 3°. Centralmente verrà realizzata una colonna in grado di ottenere il riscontro delle guarnizioni laterali dei *clapèt*, posteriormente, per agevolare il deflusso dell'acqua, verrà realizzato un carter a profilo idrodinamico.

Ciascuna ventola sarà dotata di n. 2 articolazioni per ogni diaframma, con perni in acciaio zincato su boccole autolubrificanti.

Le paratoie saranno dotate di bracci di supporto, con doppio aggancio inferiore e possibilità di autoposizionarsi in acciaio inox AISI 304, sugli stessi dovranno essere applicati idonei contrappesi in acciaio regolabili per sensibilizzare l'apertura del *clapèt*.

La paratoia dovrà essere in acciaio inox AISI 304 opportunamente rinforzata per non deformarsi con un carico idraulico fino a m 5. Gli irrigidimenti dovranno essere ottenuti con profilati di adeguata sezione elettrosaldati.

La superficie dovrà essere trattata mediante decapaggio e pulizia delle saldature.

#### ART. 41. VALVOLE AUTOMATICHE ANTIRIFLUSSO (CLAPÈT)

Le valvole a *clapèt* antiriflusso fine linea sono costruite in acciaio inox AISI 304 con tenuta su tutta la circonferenza mediante guarnizione di battuta delle dimensioni idonee per la chiusura di tubazioni circolari con diametri variabili, idonea per sopportare carico idrostatico massimo di almeno 5 m di colonna d'acqua.

Esse sono formate da un telaio con struttura autoportante per fissaggio a muro con tasselli chimici o zanche per inghisaggio a muro.

#### ART. 42. PARATOIE A STRISCIAMENTO

Le paratoie alloggiate nei manufatti di controllo saranno realizzate in acciaio inox AISI 304. L'apparecchiatura dovrà avere una ghigliottina con tenuta idraulica su tutto il perimetro nei due sensi di flusso per utilizzo in acque di superficie, scarichi e ambienti aggressivi secondo UNI EN 12266-1:2012, idonea per sopportare un carico idrostatico massimo di almeno 5 m di colonna d'acqua. Il telaio e il piatto saranno in acciaio inox AISI 304 con tenute in EPDM.

Posizionamento centrale della vite non saliente in acciaio inox, asta di trasmissione, volantino per uso esterno con colonna di supporto.

#### **ART. 43. BARRIERE DI SICUREZZA E PARAPETTI PER MANUFATTI STRADALI IN ELEMENTI PREFABBRICATI IN LAMIERA D'ACCIAIO ZINCATO**

Le barriere ed i parapetti metallici debbono avere caratteristiche tali da resistere ad urti di veicoli, qualunque sia l'angolo di incidenza, e da presentare una deformabilità pressoché costante in qualsiasi punto della barriera.

##### Caratteristiche delle barriere e dei parapetti

La barriera sarà costituita da una serie di sostegni in profilato metallico e da una fascia orizzontale, pure metallica, con l'interposizione di opportuni elementi distanziatori. Le fasce dovranno essere fissate ai sostegni in modo che l'altezza del loro asse risulti a cm 45 circa dal piano della pavimentazione finita e che il loro filo esterno abbia aggetto non inferiore a cm 15 dalla faccia del sostegno lato strada.

I sostegni della barriera saranno costituiti da profilati metallici.

L'interasse dei sostegni sarà compreso fra m 3 e m 4 ed essi dovranno essere infissi nel terreno con battipalo per una profondità non minore di m 0,90.

Si dovranno prevedere senza oneri aggiuntivi una maggiore profondità, od altri accorgimenti esecutivi, per assicurare un adeguato ancoraggio del sostegno in terreni di scarsa consistenza. Nel caso di barriere ricadenti su opere d'arte, i sostegni, ferma restando l'altezza della fascia rispetto al piano viabile, saranno alloggiati, per la occorrente profondità, in fori predisposti o da praticare, a cura e spesa dell'Impresa, sulle opere d'arte e fissati con malta cementizia. I fori dovranno essere eseguiti con ogni cautela onde non compromettere la stabilità delle opere murarie.

Qualora i sostegni non potessero essere infissi sull'opera d'arte, si provvederà, sempre a cura e spesa dell'Impresa, al loro fissaggio mediante una piastra metallica opportunamente imbullonata al calcestruzzo.

Le fasce saranno costituite da un nastro metallico a doppia onda ed avranno altezza non inferiore a cm 30. Le giunzioni, che dovranno avere il loro asse in corrispondenza dei sostegni, devono essere ottenute con sovrapposizione di due nastri per non meno di cm 25. Le giunzioni saranno effettuate in modo da presentare le sovrapposizioni rivolte in senso contrario alla marcia dei veicoli.

Il collegamento delle fasce fra loro ed ai sostegni deve assicurare, per quanto possibile, il funzionamento della barriera a trave continua ed i bulloni ed i sistemi di attacco debbono impedire che, per effetto dell'allargamento dei fori da parte dei bulloni, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce.

Si precisa che in corrispondenza di ogni paletto dovrà esservi una giunzione, non essendo assolutamente ammesso che uno stesso tratto di fascia abbracci più paletti insieme.

La barriera dovrà rispondere alla più recente normativa in base al nuovo codice della strada.

I sistemi di collegamento delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento, sia durante la posa in opera, sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo un movimento verticale di più o meno cm 2 ed orizzontale di più o meno cm 1.

I parapetti da installare in corrispondenza dei manufatti saranno costituiti in maniera del tutto analoga alle barriere avanti descritte, e cioè da una serie di sostegni in profilato metallico posto ad altezza non inferiore a m 1 dal piano di pavimentazione finita. I sostegni per parapetti saranno in profilato di acciaio in un solo pezzo opportunamente sagomato ed avranno, per la parte inferiore reggente la fascia, caratteristiche di resistenza pari a quelle richieste per i sostegni delle barriere.

Il corrimano, in tubolare metallico delle dimensioni esterne non inferiori a mm 45 e spessore non inferiore a mm 2.4, sarà fissato allo stesso sostegno della fascia. Tutte le parti metalliche, sia delle barriere che dei parapetti, dovranno essere assoggettate alla zincatura mediante procedimento a bagno.

I quantitativi minimi di zinco saranno di grammi 305 per metro quadrato e per ciascuna faccia; i controlli dei quantitativi di zinco saranno effettuati secondo i procedimenti previsti dalle norme ASTM n. A 90/53.

Ad interasse non superiore a quello corrispondente a tre elementi (in media ogni quattro sostegni) dovranno essere installati dispositivi rifrangenti, i quali avranno area non inferiore a centimetri quadrati 50, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

#### ART. 44. RECINZIONI

Le recinzioni saranno costituite come da disegno e ove non specificato da rete metallica zincata e plastificata alta 2.0 m. e del peso non inferiore a 2 kg/mq, montata su pali metallici zincati a T (sezione mm 35x35x5,5) aventi interasse di m. 2.5 e dotati di saette di controvento zincate ad U (sez. mm 25x12x4) ad interasse di 25 m. e in corrispondenza di angoli o cambiamenti di direzione.

I montanti verranno alloggiati in appositi blocchi di base delle dimensioni minime di m 0,3x0,3x0,5 realizzati in conglomerato cementizio, lo stesso dicasi per l'alloggiamento delle saette di controvento.

#### ART. 45. CANCELLI METALLICI

I cancelli metallici hanno larghezza utile minima di m. 4 ed altezza di m. 2 e saranno realizzati in profilati metallici saldati e poi zincati a caldo, a doppia anta e del peso non inferiore a 300 kg cadauno cancello.

Il materiale avrà caratteristiche minime tipo Feb 360 e sarà trattato, oltre la zincatura, con una mano di aggrappante e due mani di colore verde RAL 6003.

Il peso di ogni singolo cancello, compresi i montanti, non dovrà essere inferiore a 300 kg, l'apertura sarà del tipo a doppia anta con serratura tipo yale.

I disegni con la proposta realizzativa dei cancelli e le specifiche del materiale utilizzato dovranno essere sottoposte alla DL per la preventiva approvazione prima della realizzazione dei medesimi.

Il cancello verrà sorretto da due montanti metallici laterali fondati su apposita trave di collegamento in cls delle dimensioni minime di cm. 50x50 della lunghezza di m. 5 armata con 4 Ø16 correnti e staffe Ø8/30 posata su magrone di cls dello spessore non inferiore a cm. 10.

I montanti saranno ancorati con tirafondi in modo da poter procedere al loro smontaggio senza dover demolire la trave di fondazione.

La battuta inferiore del cancello, realizzata con profilato ad L, verrà appoggiata su detta trave.

#### ART. 46. FORMAZIONE TAPPETO VERDE

##### ***Movimento e sistemazione delle terre***

Secondo quanto ordinato in fase esecutiva dalla Direzione Lavori, l'intera area e parti di essa potranno essere ricaricate con terreno vegetale che dovrà provenire da un primo scoticamento di terreno agrario in coltivazione per uno spessore di circa 30 cm., privo di sostanze inerti, pietre e radici; tale terreno sarà steso secondo le quote indicate dalla Direzione Lavori e non dovrà essere compresso da ruote o cingoli di mezzi semoventi. Il primo spianamento e gli eventuali movimenti di terra dovranno essere completati dallo spostamento, anche a mezzo di carriole, di quelle quantità di terra indispensabili per dare al terreno le quote e le sagome desiderate, curando una certa uniformità nelle pendenze, in modo da non permettere ristagni d'acqua.

Tali operazioni devono intendersi tutte comprese nell'articolo dell'elenco prezzi relativo alla "Stesa e modellazione di terra di coltura". A impianto ultimato si livella e si dissoda il terreno. Sono inoltre da eliminare i sassi e i rifiuti vari sopra i 3 cm. Di diametro, le parti di piante difficilmente degradabili e le infestanti perenni. Le conche di irrigazione devono rimanere intatte

##### ***Aratura, fresatura e formazione di tappeto verde***

Qualora le condizioni del terreno lo richiedano e se ordinato dalla DL, in primo luogo si procederà all'eventuale spargimento di stallatico, torba o altro materiale adatto, onde migliorare la struttura e la qualità del terreno (materiali forniti a parte e disposti a piccoli mucchi ben distribuiti nell'area interessata dai lavori) allo scasso in profondità, cioè il terreno dovrà essere lavorato fino ad una profondità di almeno 30 cm. mediante aratura; si provvederà quindi, sempre se ritenuto necessario dalla DL, ad uno spietramento grossolano che può essere eseguito a mano o a macchina: (tali operazioni devono intendersi tutte comprese negli articoli dell'elenco prezzi relativi alla "Aratura o vangatura meccanica del terreno").

Si procederà quindi alla fornitura e spargimento, nella quantità di 100 g/mq di concime organico- minerale e ad un'accurata fresatura effettuata con almeno due passaggi incrociati, spinta fino ad una profondità di almeno cm. 15, che avrà la funzione di sminuzzare finemente le zolle e di mescolare il concime allo strato superficiale di terra.

Dopo la fresatura si completerà l'operazione colturale con una minuziosa rastrellatura per perfezionare il livellamento del terreno, sbriciolando le zolle ed eliminando al massimo anche le piccole pietre e gli altri elementi

estranei.

La semina per la formazione del tappeto verde, deve essere effettuata con un buon miscuglio di graminacee, studiato nelle specie e percentuali con la DL, in relazione al luogo e all'esposizione del terreno.

La quantità di seme occorrente sarà di g. 25÷35 per metro quadrato di superficie per i prati di parchi, giardini ed aree verdi, aiuole stradali; l'operazione di semina deve essere eseguita a spaglio, a mano o con seminatrice, in condizioni di bel tempo e con grande accuratezza, per avere una distribuzione il più possibile uniforme, ma con intensità maggiore sui bordi.

Effettuata la semina, bisogna procedere ad una leggera copertura del seme, che può essere ottenuta a mano con il rastrello, o a macchina con erpici molto leggeri; seguirà poi una leggera rullatura o battitura a rovescio di badile; onde accostare la terra al seme e favorire la risalita dell'umidità dagli strati sottostanti; necessita, infine, praticare un'innaffiatura con getto polverizzato, onde eviterà il formarsi della crosta superficiale che potrebbe compromettere l'uniformità della germinazione. Non appena l'erba avrà raggiunto l'altezza di 8-12 cm. deve essere effettuato il primo taglio con una tosatrice meccanica a lame rotanti ben affilate, ad un'altezza non inferiore a 4-5 cm; l'erba così tagliata va raccolta con una semplice rastrellatura ed asportata; tali operazioni termineranno con una leggera rullatura, che favorirà con il taglio l'accestimento delle graminacee (tali operazioni sono tutte comprese negli articoli dell'elenco prezzi relativi alla "Formazione di tappeto erboso, compresi fresatura o lavorazione similare del terreno.....".

Localizzazioni di progetto, quantità, esecuzioni speciali e verifiche: come nel disciplinare tecnico-prestazionale e negli elaborati grafici e descrittivi, analisi e prezziari contrattuali e ulteriori disposizioni della DL.

#### ART. 47. SEMINA

A parziale modifica di quanto prescritto in precedenza per le concimazioni, all'atto della semina l'Impresa dovrà effettuare la somministrazione dei concimi fosfatici o potassici, nei quantitativi sopra indicati.

I concimi azotati invece dovranno venire somministrati a germinazione già avvenuta.

Prima della semina, e dopo lo spandimento dei concimi, il terreno dovrà venire erpicato con rastrello a mano per favorire l'interramento del concime.

Il quantitativo di seme da impiegarsi per ettaro di superficie di scarpate è prescritto in 0,12 N (120 kgf). I miscugli di sementi, da impiegarsi nei vari tratti da inerbire, risultano dalla tabella alla pagina seguente.

Prima dell'esecuzione dei lavori di inerbimento, da parte dell'Ufficio di Direzione Lavori sarà consegnato all'Impresa un ordine di servizio, nel quale sarà indicato il tipo di miscuglio da impiegarsi nei singoli tratti da inerbire.

Ogni variazione nella composizione dei miscugli dovrà essere ordinata per iscritto dalla Direzione Lavori.

Prima dello spandimento del seme, l'Impresa è tenuta a darne tempestivo avviso all'Ufficio di Direzione Lavori, affinché questa possa effettuare l'eventuale prelevamento di campioni e possa controllare la quantità e i metodi di lavoro.

L'Impresa è libera di effettuare le operazioni di semina in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare ed uniforme. La semina dovrà venire effettuata a spaglio a più passate per gruppi di semi di volume e peso quasi uguali, mescolati fra loro, e ciascun miscuglio dovrà risultare il più possibile omogeneo.

Lo spandimento del seme dovrà effettuarsi sempre in giornate senza vento.

La ricopertura del seme dovrà essere fatta mediante rastrelli a mano e con erpice a sacco. Dopo la semina il terreno dovrà venire battuto col rovescio della pala, in sostituzione della normale operazione di rullatura. Analoga operazione sarà effettuata a germinazione avvenuta.

Le scarpate in rilievo o in scavo potranno venire sistemate mediante una semina eseguita con particolare attrezzatura a spruzzo, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori e dove questa, a suo giudizio insindacabile, lo riterrà opportuno. La miscela da irrorare mediante idroseminatrici sarà composta da un miscuglio di sementi, concime organico, collanti e sostanze miglioratrici del terreno. Saranno impiegati gli stessi quantitativi di sementi e di concime sopra riportati, mentre i collanti dovranno essere in quantità sufficiente per ottenere l'aderenza dei semi e del concime alle pendici delle scarpate.

Dopo eseguito l'impianto, e fino ad intervenuto favorevole collaudo definitivo delle opere, l'Impresa è tenuta ad effettuare tutte le cure colturali che di volta in volta si renderanno necessarie, come sostituzione di fallanze,

potature, diserbi, sarchiature, concimazioni in copertura, sfalci, trattamenti antiparassitari, ecc., nel numero e con le modalità richiesti per ottenere le scarpate completamente rivestite dal manto vegetale.

Dal momento della consegna l'Impresa dovrà effettuare gli sfalci periodici dell'erba esistente sulle aree da impiantare e sulle aree rivestite con zolle di prato. L'operazione dovrà essere fatta ogni qual volta l'erba stessa abbia raggiunto un'altezza media di cm 35.

L'erba sfalciata dovrà venire prontamente raccolta da parte dell'Impresa e allontanata entro 24 ore dallo sfalcio, con divieto di formazione di cumuli da caricare.

La raccolta ed il trasporto dell'erba e del fieno dovranno essere eseguiti con la massima cura, evitando la dispersione e pertanto ogni automezzo dovrà avere il carico ben sistemato e dovrà essere munito di reti di protezione del carico stesso.

È compreso nelle cure colturali anche l'eventuale annacquamento di soccorso delle piantine in fase di attecchimento, e pertanto nessun compenso speciale, anche per provvista e trasporto di acqua, potrà per tale operazione essere richiesto dall'Impresa, oltre quanto previsto nei prezzi di Elenco.

#### *Prove di accettazione e controllo*

Prima dell'esecuzione dei lavori l'Ufficio di Direzione Lavori controllerà la corrispondenza dei materiali a quanto prescritto in precedenza mediante prelievo di campioni. Durante l'esecuzione dei lavori controllerà altresì la correttezza dei metodi di lavoro.

L'Impresa, peraltro, deve garantire, indipendentemente dai materiali forniti e dal periodo delle lavorazioni, il completo attecchimento delle coltri erbose, che dovranno risultare prive di alcun tipo di vegetazione infestante o comunque diverso da quanto seminato. Qualora, in sede di collaudo, tali condizioni non dovesse verificarsi, l'Impresa, a sua cura e spese, è obbligata a ripetere tutte le operazioni necessarie per ottenere le prescrizioni di cui sopra.

### CAPO 3. NORME PER ATTIVITÀ DI CONFERIMENTO TERRE E RIFIUTI

#### ART. 48. DESCRIZIONE SOMMARIA DELLE LAVORAZIONI

Il presente appalto comprende conferimenti a discarica di terre e rifiuti secondo le necessità derivanti dalle lavorazioni previste per realizzare le opere appaltate.

Dalle indagini eseguite all'interno dell'area oggetto di intervento, ove verranno eseguiti gli scavi, risulta la presenza di materiali assimilabili ai codici CER 17.05.04 rientranti in tab. A del D.lgs.152/2006, e CER 17.05.04 rientranti in tab. B del D.lgs.152/2006. *L'attribuzione del codice CER è meramente indicativa, essendo stimate sulla base di quantitativi rilevati dall'attività di caratterizzazione e non vincolanti per Publiacqua S.p.A, e nonostante la caratterizzazione eseguita rimane un'imprevedibilità connessa all'entità degli scavi e connessa all'ampiezza dell'area interessata.* L'appaltatore, indipendentemente dalle quantità, si obbliga ed assume il conseguente rischio economico ad eseguire l'appalto per tutti i rifiuti che saranno effettivamente rinvenuti e che deriveranno effettivamente dalle operazioni di recupero, sia che siano pari, inferiori o superiori a quelli sopra stimati, senza pretendere oneri aggiuntivi ai prezzi sotto stabiliti.

Inoltre, nel corso delle lavorazioni è prevista la produzione di materiali assimilabili a CER 17.09.04, CER 17.03.02, e che dovranno essere conferiti a discarica nel rispetto delle norme vigenti. Le voci di prezzo di conferimento a discarica sono meglio descritte nell'allegato elenco prezzi unitari: esse comprendono anche gli oneri per la ecotassa, in funzione del tipo di rifiuto, nella misura stabilita per legge, alla data della redazione del presente capitolato speciale di appalto.

*L'Appaltatore indipendentemente dalle quantità si obbliga ed assume il conseguente rischio economico ad eseguire l'appalto per tutti i rifiuti che saranno effettivamente rinvenuti, sia che siano pari, inferiori o superiori a quelli sopra stimati, ai prezzi offerti in sede di gara senza pretendere oneri aggiuntivi ai prezzi sotto stabiliti.*

*Parimenti l'Appaltatore, per i motivi speciali di cui sopra, si impegna ad eseguire il lavoro anche per la parte di rifiuti che fossero rinvenuti e fossero classificati con codice CER diverso da quello ipotizzato.* In tal caso potranno essere stabiliti Nuovi Prezzi, solo nel caso di sostanziali diverse attribuzioni di codici CER non similari, seguendo le procedure stabilite per l'esecuzione LL.PP. con raffronto alle analisi prezzi contrattuali, con analisi prezzi, ed acquisendo notizie circa costi effettivi praticati correntemente sul mercato per tali rifiuti. La durata dell'attività di smaltimento terre e rifiuti è strettamente correlata ai lavori inerenti il progetto principale e l'Appaltatore è edotto di questa circostanza speciale e se ne assume i relativi oneri e le relative obbligazioni. L'Appaltatore con l'accettazione del contratto d'appalto dichiara, assumendosi ogni consequenziale responsabilità, di aver preso visione dei luoghi e zone interessate dai lavori e di aver verificato scrupolosamente la congruità dei prezzi per l'esecuzione degli stessi nell'intero territorio.

Le operazioni di carico, trasporto e smaltimento terre e rifiuti devono essere eseguite nei tempi compatibili con le opere di esecuzione e di ripristino dei luoghi, facenti parte dell'appalto. *Non può essere motivo di richiesta maggiori compensi da parte dell'Appaltatore la chiusura di discariche, il conseguente conferimento a maggior distanza, od i maggiori oneri (spese generali, mancato utile, ritardo nella percezione dell'utile) che potrebbero derivare per interruzione lavori principali per difficoltà nel conferimento terre e/o rifiuti a maggior distanza o per rallentamenti conseguenti a conferimenti a nuove e diverse discariche poste a qualsiasi distanza.* Tali operazioni dovranno poi essere eseguite nel rispetto della normativa ambientale (dal D.lgs. 152/2006 e s.m.i. al D.P.R. 120 del 13/6/2017, agli altri atti di natura locale e regolamentare).

#### ART. 49. ONERI DELL'APPALTATORE

##### ▪ ADEMPIMENTI PRELIMINARI

L'Appaltatore ha l'obbligo di nominare il proprio Rappresentante.

L'Impresa dovrà inoltre nominare un Responsabile con conoscenza della legislazione sulla sicurezza, della normativa ambientale sul trattamento dei rifiuti, contabilità dei lavori pubblici e uso corrente di strumentazioni informatiche, i quali dovranno, in modo continuativo, sovrintendere ai lavori ed assicurare il costante collegamento con i Tecnici della Stazione Appaltante.

Ogni qual volta i rappresentanti della Direzione Lavori, oppure lo stesso Coordinatore per la Sicurezza dell'Esecuzione, verificano la presenza sul cantiere di personale estraneo, ordinano l'immediato allontanamento di detto personale e, qualora incontrino resistenza all'allontanamento, dispongono la sospensione dei lavori finché

non sia ripristinata la presenza unicamente di personale autorizzato, senza che l'Appaltatore possa pretendere alcun compenso per l'eventuale fermo del cantiere.

Il ripetersi dei fatti di cui sopra potrà essere motivo di risoluzione contrattuale per grave inadempienza da parte dell'Appaltatore.

Publiacqua S.p.A. dovrà avere la possibilità di mettersi in comunicazione in qualsiasi momento con l'Appaltatore il quale, a tale scopo, dovrà stabilire un luogo di sicuro recapito provvisto di telefono o di idonei mezzi di comunicazione (telefono cellulare, fax, ecc.) per dare immediato adempimento alle disposizioni impartite da Publiacqua.

Prima dell'inizio dei lavori ed a seguito di ogni variazione, la Ditta Aggiudicataria deve fornire al Responsabile del Servizio, al Responsabile Tecnico e all'Ufficio Appalti una copia dei provvedimenti di autorizzazione al trasporto ed allo smaltimento relativi a tutti i mezzi di trasporto ed i siti di conferimento utilizzati.

L'utilizzo di mezzi di trasporto o di siti di conferimento diversi da quelli indicati in offerta devono essere comunicati, previo invio di una copia del provvedimento di autorizzazione al Responsabile del Servizio, al Responsabile Tecnico ed all'Ufficio Appalti con preavviso di almeno 7 gg, unitamente alla dichiarazione di accettazione.

I veicoli addetti al trasporto dovranno percorrere gli itinerari più brevi e veloci non oltre i tempi massimi di percorrenza, essendo fatto preciso obbligo, all'appaltatore, di effettuare il trasporto senza soluzione di continuità.

#### ▪ RESPONSABILITÀ

L'Appaltatore è responsabile, a tutti gli effetti, dell'esatto adempimento delle condizioni di contratto e della perfetta esecuzione e riuscita delle opere affidategli.

Rimane inteso esplicitamente che le prescrizioni contenute nel presente capitolato, nel Piano di Sicurezza e nell'offerta presentata, sono da esso riconosciute idonee al raggiungimento di tali scopi, la loro osservanza non limita quindi, nè riduce la sua responsabilità.

La presenza sul luogo dei lavori del personale del Committente, sia esso di direzione che di sorveglianza, l'eventuale approvazione di opere, di disegni, di calcoli e l'accettazione di materiali da parte della Direzione Lavori, non limitano né riducono la piena ed incondizionata responsabilità dell'Appaltatore.

L'Appaltatore sarà in ogni caso tenuto a rifondere i danni subiti dal Committente e da terzi, in dipendenza o in occasione dell'esecuzione dei lavori, ed a sollevare il Committente stesso da ogni corrispondente richiesta di risarcimento danni.

L'Appaltatore è parimenti tenuto a rispondere dell'operato e del comportamento di tutti i suoi dipendenti.

#### ▪ APPLICABILITÀ D. LGS. 81/08

L'Appaltatore è tenuto al puntuale e completo rispetto di tutte le condizioni riportate nel Piano di Sicurezza del Cantiere elaborato dal Coordinatore per la Progettazione e accettato dallo stesso Appaltatore, preliminarmente alla partecipazione alla gara di appalto.

L'Appaltatore, inoltre, si impegna ad adottare tutte le modifiche al piano di sicurezza per il migliore coordinamento delle misure di prevenzione e protezione che potranno essere apportate, in corso d'opera, dal Coordinatore per l'Esecuzione.

Durante l'esecuzione delle prestazioni, previste dal presente Capitolato Speciale, l'Appaltatore avrà cura di informare i propri lavoratori dell'obbligo di mantenere esposta e visibile la copia della notifica inviata all'organo di vigilanza competente e prenderà tutte le iniziative necessarie a far sì che i propri lavoratori e quelli delle ditte subappaltatrici, eventualmente autorizzate, eseguano le opere richieste nel pieno ed integrale soddisfacimento di quanto previsto dal predetto Piano di Sicurezza.

Sarà quindi cura dell'Appaltatore o del suo Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione predisporre la distribuzione ai lavoratori dei Dispositivi di Protezione individuale necessari, la verifica del rispetto di tutte le prescrizioni inerenti l'igiene e la sicurezza del lavoro previste per le singole fasi delle lavorazioni, il rispetto delle prescrizioni concernenti la presenza contemporanea di lavoratori di più imprese nello stesso luogo di esecuzione delle opere appaltate, e tutto quanto di specifico previsto nel predetto Piano di Sicurezza.

L'Appaltatore ed il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione dell'Appaltatore saranno tenuti a rapportarsi con il Coordinatore per la Sicurezza dell'Esecuzione nominato da Publiacqua S.p.A., per tutto quanto riguarda la corretta esecuzione del Piano di Sicurezza, per l'applicazione delle prescrizioni in esso contenute e per il rispetto delle norme generali di sicurezza durante le operazioni previste dall'appalto.

Il Coordinatore per la Sicurezza dell'Esecuzione avrà il potere di richiedere direttamente all'Appaltatore il pieno ed integrale rispetto del Piano di Sicurezza del Cantiere, e se, durante le normali verifiche compiute, rileva la presenza di "Non Conformità" nell'applicazione delle prescrizioni ivi contenute, ne informa immediatamente la Direzione Lavori, il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione dell'Appaltatore e l'Appaltatore stesso.

Nel caso in cui le "Non Conformità" rilevate in sede di verifica siano tanto gravi da giustificare l'immediata sospensione dei lavori del cantiere, il Coordinatore per la Sicurezza dell'Esecuzione avrà il potere di bloccare immediatamente i lavori e di allontanare dal cantiere quei lavoratori che siano causa di tali gravi Non Conformità informandone immediatamente la Direzione Lavori, il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione dell'Appaltatore e l'Appaltatore stesso.

Publiacqua S.p.A. non risponde delle modalità di esecuzione in sicurezza dei trasporti sulle viabilità esterne ai perimetri sopra indicati ed a quelle svolte negli impianti di conferimento rifiuti.

In queste fasi di lavoro, esterne ai perimetri controllati da Publiacqua S.p.A., l'Appaltatore risponde in pieno del rispetto delle norme di sicurezza. In particolare assicura di osservare e far osservare ai propri subappaltatori quelle necessarie all'interno degli impianti di conferimento rifiuti.

In sede di stipula di contratto, o comunque prima dell'inizio dell'appalto, allo scopo di cui sopra l'Appaltatore dovrà comunicare a Publiacqua S.p.A. il nominativo del tecnico che si assume la responsabilità del "Piano delle Misure per la Sicurezza Fisica dei Lavoratori" e la Direzione Tecnica delle operazioni di carico e manovra dei mezzi di trasporto all'interno degli impianti ove avviene lo scarico.

Detto Tecnico, che dovrà produrre idonea dichiarazione di accettazione dell'incarico, sarà responsabile anche nei riguardi delle imprese subappaltatrici.

Il Piano di Sicurezza forma parte integrante del contratto d'appalto. Tale Piano sarà a disposizione delle Autorità competenti, preposte alle verifiche, che ne facciano richiesta.

Tutte le multe che possono nascere da conduzione conferimenti e smaltimenti terre e rifiuti, indipendentemente dall'intestatario dei permessi, dovranno essere pagate dall'Appaltatore. Nel caso che questo non provveda entro 40 gg. ad esibire alla D.L. la ricevuta di pagamento o copia dell'inoltrato ricorso alle autorità competenti, la D.L. è autorizzata a rivalersi economicamente sul primo Stato di Avanzamento Lavori utile, defalcando dalla fattura relativa, tramite emissione di nota di addebito, l'importo pari alla sanzione. Nel caso che la sanzione sia elevata direttamente al Committente o suoi funzionari o che gli stessi siano obbligati in solido, la Committenza pagherà sempre nei tempi previsti la sanzione comminata rivalendosi sul primo stato di avanzamento dell'impresa per le somme pagate.

In caso di richiesta di risarcimento danni presentati da terzi a Publiacqua, quest'ultimo ne darà immediata comunicazione scritta, a mezzo raccomandata A.R., all'Appaltatore il quale, entro dieci giorni naturali e consecutivi, dovrà far pervenire a Publiacqua stesso o la prova dell'avvenuto risarcimento del danno con quietanza firmata dal richiedente, oppure la copia della denuncia presentata alla propria Compagnia Assicuratrice.

L'Appaltatore è tenuto ad informare mensilmente Publiacqua sull'avanzamento della pratica di liquidazione.

#### ▪ AREE DI STOCCAGGIO MATERIALI PROVENIENTI DAGLI SCAVI E DA DEMOLIZIONE

I materiali provenienti dagli scavi (e/o provenienti da demolizione) verranno stoccati in apposite aree situate all'interno dell'area di cantiere ai sensi delle normative vigenti in materia e realizzate e gestite dall'Appaltatore medesimo obbligato in ciò in forza dell'appalto principale sopra richiamato.

I tempi di ritiro dei materiali citati sono, pertanto, stabiliti dall'Appaltatore medesimo che gestisce tali aree nel rispetto delle norme e delle autorizzazioni ambientali e si tiene, quindi, completamente estranea Publiacqua S.p.A. da qualunque ritardo nel prelievo terre e rifiuti, ancorché ciò dipenda da indisponibilità temporanea di ricettività degli impianti di smaltimento o da altre cause di forza maggiore.

I cumuli di materiali presenti nelle aree di stoccaggio dovranno essere ben identificati e in particolare dovranno essere ben identificabili.

#### ▪ CARICO DEI MATERIALI PROVENIENTI DAGLI SCAVI E DA DEMOLIZIONE

Il carico dei materiali avverrà nelle aree di stoccaggio come sopra individuate. Gli oneri per il carico dalle piazzole sui mezzi di trasporto sono inclusi nel presente appalto e previsti nelle voci di elenco prezzi relative allo scavo con trasporto fino a piazzole nell'ambito del cantiere, al trasporto e conferimento a discarica, al riutilizzo con riempimento scavi. L'Appaltatore è libero di adottare i sistemi di carico a sua scelta (pala caricatrice, ragno, escavatore munito di polipo). Il carico dei rifiuti dovrà essere eseguito in modo da non creare dispersioni



nell'ambiente: a titolo di esempio, dovranno essere evitati carichi di materiali sciolti o polverulenti in condizioni di vento.

*Il carico degli automezzi non potrà avvenire, mai, oltre i limiti stabiliti dal Codice della Strada per ogni mezzo.* L'Appaltatore è tenuto a mostrare e rilasciare copia a Publiacqua S.p.A. del libretto di circolazione dei mezzi utilizzati per il trasporto terre e rifiuti.

Il carico dei rifiuti sarà possibile durante le ore di servizio del personale intendendosi con tale orario completate tutte le operazioni di emissione dei formulari.

Le operazioni eseguite dai mezzi di carico e di trasporto dei rifiuti all'interno delle aree di stoccaggio e nel transito dalle aree del cantiere principale si intendono eseguite a completo rischio e pericolo dell'Appaltatore che è oggettivamente edotto delle condizioni di esecuzione.

Publiacqua S.p.A. è completamente estranea ad eventuali danni che dovessero crearsi a causa dei mezzi e del personale dell'Appaltatore durante l'effettuazione delle operazioni suddette.

#### ▪ PROTEZIONE DEL CARICO

L'Appaltatore provvederà a posizionare le necessarie protezioni dei materiali caricati sui mezzi di trasporto, nel rispetto della normativa ambientale ed in modo da assicurare l'assoluta mancanza di dispersioni nell'ambiente circostante.

L'Appaltatore dovrà provvedere anche alla rimozione di tali protezioni, qualora già installate, al momento in cui fosse riscontrata alla pesa una eccedenza di carico oltre i limiti stabiliti dal Codice della Strada per i mezzi utilizzati.

#### ▪ TRASPORTO MATERIALI

Il trasporto dei materiali è a completo rischio e pericolo dell'Appaltatore e deve avvenire nel rispetto della normativa vigente e sue successive modificazioni e/o integrazioni.

Dovranno essere predisposti formulari con esecuzione analisi terre e rifiuti con caratterizzazione e assegnazione codici CER le prescrizioni del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. (in particolare si segnala l'obbligo di adempiere alle nuove formalità introdotte con il D.L. 78 del 1/7/2009 e con il D.M. 78 del 17/12/2009 per l'istituzione del SISTRI).

L'Appaltatore, mediante proprio personale delegato dovrà presenziare alle operazioni di "pesata" effettuate al conferimento in discarica.

#### ▪ SCARICO MATERIALI (TERRE E RIFIUTI).

Publiacqua S.p.A. non entra in merito alle condizioni di scarico dei rifiuti, non essendo suo compito il reperimento degli impianti, bensì dell'Appaltatore. Lo scarico dovrà, comunque, avvenire nel rispetto delle norme (in particolare di quelle di sicurezza e ambientali) stabilite dal Gestore dell'impianto di conferimento sopra detto e con gli orari dallo stesso stabiliti. Modifiche a tali modalità di scarico che dovessero verificarsi non possono essere adottate dall'Appaltatore a modifica degli obblighi assunti col presente appalto e ad esse è sempre estranea Publiacqua S.p.A..

#### ▪ IMPIANTI DI SMALTIMENTO RIFIUTI

I rifiuti che si originano durante lo scavo per la costruzione dell'opera devono essere conferiti ad impianti scelti dall'Appaltatore a sua scelta e responsabilità, ma regolarmente autorizzati ai sensi della normativa ambientale.

Le terre che derivano dagli scavi e che, superando i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006 o che comunque non trovassero collocazione nel sito, verranno smaltiti in discarica in conformità a norme vigenti.

Gli atti di autorizzazione degli impianti di conferimento terre e rifiuti dovranno avere validità per tutto il tempo di conferimento e dovranno essere posti a conoscenza di Publiacqua S.p.A. da parte dell'Appaltatore che se ne farà carico. L'utilizzo di tali impianti non potrà avvenire fino alla avvenuta approvazione da parte di Publiacqua S.p.A..

#### ▪ FORMULARI RIFIUTI E CONTABILITÀ

I formulari di identificazione dei rifiuti dovranno essere riconsegnati, timbrati e firmati dagli addetti degli impianti di conferimento, a Publiacqua S.p.A. (Direttore dei Lavori o Uff. D.L. e secondo le disposizioni che saranno impartite).

La mancata restituzione del formulario con pesata in discarica, completo in ogni sua parte, comporterà, oltre alla denuncia del fatto alle Autorità competenti, l'esclusione dalla contabilizzazione (e quindi dal pagamento) della porzione di lavoro svolto.

Per ogni automezzo sul quale verrà caricato il materiale scavato, sia esso terra o rifiuto, dovrà essere compilato, per il trasporto fino alle aree attrezzate, il Documento di Trasporto (DDT), all'interno del quale saranno indicati la

provenienza dei materiali, le quantità trasportate, la data e la destinazione. Alla fine di ogni giornata lavorativa i vari DDT raccolti dovranno essere utilizzati per procedere alla registrazione della movimentazione sugli appositi registri di carico/scarico vidimati secondo normativa vigente (D.M. 148 del 1/4/1998 e s.m.i.). Tutta la documentazione sarà conservata in cantiere e durante i lavori sarà possibile in continuo verificare le quantità e le qualità dei materiali scavati, le giacenze all'interno dell'area di stoccaggio, i materiali destinati al recupero e quelli inviati allo smaltimento.

▪ ONERI CONNESSI ALLA CONDUZIONE DELL'APPALTO

Sarà a totale ed esclusivo carico e spese dell'Appaltatore, dovendosi intendere interamente compensato con i prezzi di appalto, ogni altro onere sostenuto per consegnare i lavori compiuti ed eseguiti a perfetta regola d'arte.

Si ribadisce che, degli oneri e degli obblighi di cui ai commi sottostanti, si è tenuto conto nello stabilire i prezzi dell'Elenco prezzi allegato, pertanto l'impresa non potrà al riguardo sollevare eccezioni alcune o avanzare domande per compensi particolari.

▪ CONTABILITÀ MOVIMENTAZIONE TERRE RIFIUTI

Saranno inserite in contabilità esclusivamente le quantità di rifiuti trasportate a discarica risultanti dai formulari di identificazione restituiti controfirmati dai Gestori degli impianti di conferimento con pesate.

Per le scadenze della emissione degli atti contabili da parte della Direzione Lavori e del pagamento da parte della S.A. si applicano i tempi stabiliti dalle norme LL.PP..

Ai fini della emissione del Conto Finale da parte della D.L., l'Appaltatore è tenuto a presentare le Dichiarazioni di avvenuto smaltimento/presa in carico da parte dei Gestori degli impianti di conferimento rifiuti. La mancata presentazione di tale documentazione comporterà la sospensione per colpa dell'Appaltatore della emissione del Conto e la denuncia alle Autorità competenti in materia ambientale.

▪ PENALITÀ

In caso di errori su formulari e assegnazione tipologia sarà applicata una penale di cui al successivo comma e non si provvederà a pagamento del quantitativo di smaltimento per il quale si presentino difformità di assegnazione codici CER.

Oltre a quanto previsto nel Capitolato Generale ogni infrazione rispetto alle modalità di esecuzione definita nel presente capitolato comporterà l'applicazione di una penale pari ad Euro 100,00 per le infrazioni considerate di lieve entità fino ad un massimo di Euro 500,00.

Il ripetersi di tre infrazioni consecutive potrà comportare la risoluzione del contratto.

L'applicazione delle penali non pregiudica la richiesta di eventuali ulteriori danni.

Grava sull'Impresa ogni responsabilità civile, penale amministrativa derivante da errata gestione del materiale ed errato smaltimento nel rispetto delle leggi vigenti.

## ART. 50. ISTRUZIONI OPERATIVE PER LA GESTIONE ED IL MONITORAGGIO IN OPERA E POST-OPERAM DELLE ATTIVITÀ ED ESECUZIONE DI ANALISI DI LABORATORIO

L'Appalto comprende la attività di caratterizzazione ed analisi di terre e rifiuti e acque.

Le analisi dovranno essere eseguite da laboratorio specializzato in possesso di accreditamento SINAL, con analisi a firma di Dottore in Chimica abilitato.

L'attività come previsto nel computo metrico e in Elenco prezzi comprende:

- indagini caratterizzazione con analisi su terre, acque, rifiuti, test di;
- relazioni di accompagnamento su caratterizzazione dei siti con valutazione quantitativi di varie tipologie con eventuali integrazioni che venissero richieste

Tali interventi sia in campagna che con analisi di laboratorio saranno eseguiti secondo le norme indicate nelle condizioni tecniche inserite in elenco prezzi, in computo metrico estimativo e nel presente Capitolato Speciale, secondo i risultati dall'offerta presentata in sede di gara, in conformità alle leggi vigenti in materia D.Lgs. 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni, ed in assoluto rispetto di quanto indicato e che potrà essere richiesto da ASL Dipartimento Prevenzione, ARPAT, Provincia di Prato, Publiacqua S.p.A. si riserva perciò l'insindacabile facoltà di introdurre all'atto esecutivo in corso d'opera, quelle varianti che riterrà necessarie, con maggiori quantitativi di saggi e sondaggi ed analisi o quanto verrà richiesto dagli Enti o in conferenza servizi, nell'interesse della buona riuscita e dell'economia dei lavori e indagini, senza che l'Appaltatore possa trarne motivo per avanzare pretese di

compensi ed indennizzi, di qualsiasi natura e specie, non stabiliti dal presente Capitolato e nei limiti della normativa vigente.

▪ **PIANO DI MONITORAGGIO IN OPERA**

Le analisi dei materiali scavati e delle terre seguiranno le modalità di accertamento analitico attraverso un campionamento che permetta di ottenere un campione il più possibile rappresentativo proveniente dai cumuli, dai quali si procederà secondo norma UNI 10802:2013, questo materiale, successivamente verrà riunito quartato e raccolto in un due contenitori di vetro, uno sarà trasportato al laboratorio incaricato per iniziare le analisi e l'altro sarà conservato in cantiere a disposizione degli Enti di controllo. Le analisi di laboratorio svolte sui campioni verranno condotte con metodiche standardizzate e validate a livello nazionale e comunitario, come indicato nella legislazione vigente, dal laboratorio accreditato SINAL UNI.

La frequenza delle analisi sarà concordata con gli Enti preposti, ma si prevede una caratterizzazione o classificazione di ogni tipologia di materiale rinvenuto almeno ogni 5'000 m<sup>3</sup> scavati e stoccati.

Per le acque rinvenute durante gli scavi verrà effettuato un monitoraggio periodico ai fini dell'accertamento dei valori limiti come da normativa vigente.

I parametri che verranno ricercati nei vari tipi di materiali saranno i seguenti:

- terreni: pH, antimonio, arsenico, cadmio, cobalto, cromo totale, cromo VI, mercurio, nichel, piombo, rame, stagno, zinco, idrocarburi leggeri, idrocarburi pesanti, composti organici aromatici, alifatici clorurati cancerogeni e non, alifatici alogenati cancerogeni, fenoli clorurati, amianto, PCB, IPA (più o meno tossici);
- acque rinvenute durante gli scavi: pH, colore, odore, temperatura, BOD5, COD, alluminio, arsenico, bario, boro, cadmio, cromo totale, cromo VI, ferro, manganese, mercurio, nichel, piombo, rame, selenio, stagno, zinco, azoto nitroso, azoto nitrico, azoto ammoniacale, cianuri totali, aldrin, dieldrin, endrin, isodrin, cloro attivo libero, cloruri, fluoruri, fosforo totale, grassi e oli animali/vegetali, materiali grossolani, solidi sospesi totali, solfuri, solfiti, solfati, idrocarburi totali, aldeidi, fenoli, solventi organici aromatici, solventi organici azotati, solventi clorurati, tensioattivi totali (anionici, non ionici, cationici), pesticidi fosforati, pesticidi totali (non fosforati), saggio di tossicità acuta su Daphnia Magna, Escherichia Coli.

Terre e rocce CER 17.05.04

In questa voce rientra la quota parte di materiale terrigeno che dovrà essere depositato in attesa di utilizzo nel corso dei lavori e per il quale si chiede, quindi, la messa in riserva ed il successivo recupero ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

Il materiale oggetto di questa attività di recupero sarà identificato, in via preliminare, con codice CER 17.05.04 "Terre e rocce". Non risultando necessarie operazioni di frantumazione e/o vagliatura il materiale sopra descritto sarà reimpiegato tal quale senza trattamenti preliminari. Non essendo previste trasformazioni chimico-fisiche e/o meccaniche del materiale oggetto di recupero, le caratteristiche merceologiche rimarranno inalterate.

Per ogni cumulo (circa 5'000 m<sup>3</sup>) dovranno essere eseguite le seguenti determinazioni analitiche:

- classificazione completa ai sensi dell'Allegato D del D.Lgs. 205/2010 e s.m.i.;
- test di cessione ai sensi dell'Allegato 3 del D.M. 5/2/98 e s.m.i.;
- valutazione della qualità chimica del terreno secondo quanto indicato dalla normativa vigente e riferiti alle concentrazioni limite CSC della Colonna "A" della Tab.1, Allegato 5, Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06 (destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale).

L'esito delle analisi definirà la destinazione del cumulo caratterizzato. In base all'idoneità o meno al recupero/riutilizzo si presentano due alternative:

- IDONEO: il materiale sarà destinato al riutilizzo in cantiere;
- NON IDONEO: il materiale sarà depositato temporaneamente in attesa di essere smaltito come rifiuto secondo normativa vigente, previo il rispetto dei limiti dei test di cessione per smaltimento a discarica (codice CER 17.05.04) o destinato ad impianto di recupero autorizzato.

▪ **NORME GENERALI SU CAMPIONAMENTO E ANALISI SUOLI E ACQUE**

L'attività di campionamento deve porsi l'obiettivo di assicurare che i campioni prelevati consentano una adeguata caratterizzazione.

Particolare attenzione e cura andrà posta nelle operazioni di decontaminazione delle attrezzature utilizzate per il prelievo dei suoli contaminati, e precisamente:

- gli strumenti e le attrezzature impiegati nelle diverse operazioni devono essere costruiti con materiali e modalità tali che il loro impiego non modifichi le caratteristiche delle matrici ambientali e del materiale di riporto e la concentrazione delle sostanze contaminanti;
- le operazioni di prelievo dei campioni devono essere compiute evitando la migrazione della contaminazione nell'ambiente circostante e nella matrice ambientale campionata (cross contamination);
- controllare l'assenza di perdite di oli lubrificanti e altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le attrezzature utilizzate durante il campionamento; nel caso di perdite verificare che queste non producano contaminazione del terreno prelevato; riportare comunque le informazioni nel verbale di giornata;
- alla fine di ogni perforazione decontaminare tutti gli attrezzi e gli utensili che operano in superficie, mentre gli attrezzi e gli utensili che operano in profondità nel perforo devono essere decontaminati ad ogni "battuta";
- prima di operare il prelievo garantire la pulizia di strumenti, attrezzi e utensili di perforazione rimuovendo completamente, sia internamente che esternamente, i materiali potenzialmente inquinanti che potrebbero aderire alle pareti degli strumenti; tali operazioni sono compiute con acqua in pressione e getti di vapore acqueo;
- per garantire che dopo le operazioni di decontaminazione l'acqua e l'umidità presenti sulle pareti esterne ed interne delle apparecchiature evaporino naturalmente, ricorrere all'uso alternato di due carotieri; nel caso in cui le condizioni climatiche non garantiscano l'evaporazione, procedere all'asciugatura con carta da filtro esente da contaminazione;
- in caso di pioggia durante le operazioni di estrazione è necessario garantire che il campione non sia modificato dal contatto con le acque meteoriche; le operazioni di prelievo possono essere eseguite solo nel caso si garantisca una adeguata protezione delle attrezzature e delle aree su cui sono disposti i campioni;
- nel maneggiare le attrezzature utilizzare guanti puliti per prevenire il diretto contatto con il materiale estratto, usare guanti monouso;
- per la decontaminazione delle attrezzature deve essere predisposta un'area delimitata e impermeabilizzata, posta ad una distanza dall'area di campionamento sufficiente ad evitare la migrazione dell'inquinamento delle matrici campionate.

**Il responsabile delle operazioni di campionamento** deve anche descrivere eventuali evidenze visive e olfattive di inquinamento e particolarità stratigrafiche e litologiche rilevabili nella carota.

Nella formazione del campione da inviare alle analisi occorre tenere presente alcuni accorgimenti:

- identificare e scartare materiali estranei che possono alterare i risultati finali (pezzi di vetro, ciottoli, rami, foglie, ecc.), indicandoli opportunamente nel rapporto di campionamento;
- omogeneizzare il campione per avere una distribuzione uniforme dei contaminanti (tale azione va evitata per le analisi dei composti organici volatili, si veda successivi paragrafi);
- suddividere il campione in più parti omogenee, adottando metodi di quartatura riportati nella normativa (IRSA-CNR, Quaderno 64 del gennaio 1985);
- il contenitore in cui riporre il campione deve essere adeguato alle caratteristiche dell'inquinante e deve essere conservato in luogo adeguato a preservarne inalterate le caratteristiche chimico-fisiche.
- i contenitori devono essere completamente riempiti di campione, sigillati, etichettati e inoltrati subito al laboratorio di analisi, insieme con le note di prelevamento. Nel caso siano da determinare inquinanti facilmente degradabili e la consegna dei campioni ai laboratori di analisi non possa avvenire in tempi brevi, si dovrà procedere alla conservazione dei campioni stessi in ambiente refrigerato;
- le operazioni di formazione del campione devono essere effettuate con strumenti decontaminati dopo ogni operazione e con modalità adeguate ad evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale.

▪ **FORMAZIONE DEI CAMPIONI – CRITERI DA ADOTTARE PER L'ANALISI DEI COMPOSTI VOLATILI**

Ai fini del presente protocollo si definiscono, in via di prima applicazione, composti volatili i composti chimici che presentano un punto di ebollizione inferiore a 280°C ad 1 atm di pressione. Sulla base di tale criterio, ai fini dell'individuazione della corretta modalità di campionamento, in sede di redazione del piano di caratterizzazione, la lista dei parametri da ricercare dovrà essere suddivisa in composti volatili e non volatili.

Conservazione

Le fustelle devono essere sigillate individualmente e contrassegnate esternamente con un codice identificativo del punto di prelievo, l'intervallo di profondità, data e ora del sondaggio, ora del confezionamento e firma dell'addetto.

#### Preparazione

Per limitare la volatilizzazione, nella formazione del campione da predisporre per l'analisi dei composti volatili devono essere ridotti i tempi di esposizione all'aria dei materiali.

L'analisi deve essere eseguita immediatamente sul tal quale, senza eseguire la vagliatura dei materiali procedendo comunque all'allontanamento manuale dei corpi estranei e della frazione grossolana eventualmente presenti.

Su un'aliquota a parte dello stesso campione dovrà essere determinato il contenuto d'acqua, al fine di poter riferire la concentrazione dell'inquinante alla sostanza secca.

- FORMAZIONE DEL CAMPIONI – CRITERI DA ADOTTARE PER L'ANALISI DEI COMPOSTI NON VOLATILI

#### Conservazione

I campioni sono conservati in vasetti di vetro opportunamente decontaminati per la rimozione dei composti organici e inorganici, sigillati individualmente e contrassegnati esternamente con un codice identificativo del punto di prelievo, l'intervallo di profondità, data e ora del sondaggio, ora del confezionamento e firma dell'addetto. Dopo la formazione del campione lo stesso va immediatamente trasferito in un contenitore e inviato, entro 24 h, al laboratorio.

#### Essiccazione

Per garantire la completa essiccazione, il campione deve essere disposto su appositi contenitori e conservato in locali a temperatura ambiente e adeguata ventilazione per almeno una settimana, garantendo l'assenza di contaminazione dovuta all'ambiente e tra i campioni stessi. Previo accordo con le Autorità di controllo è possibile eseguire l'essiccazione in stufa ventilata a temperatura maggiore (max. 40° C).

#### Vagliatura

Successivamente il campione deve essere macinato con rullo di gomma al fine di frantumare gli aggregati di dimensioni maggiori, evitando di macinare o frantumare le frazioni a granulometria superiore ai 2 mm (vedi norma UNI 10802:2013). Il campione deve essere setacciato al fine di ottenere la frazione passante al vaglio dei 2 mm, pulendo adeguatamente tutti gli strumenti impiegati nelle varie operazioni. Conservare la frazione granulometrica superiori ai 2 mm in adeguati contenitori, per permettere lo svolgimento di eventuali analisi di approfondimento, salvo diverse indicazioni da concordarsi con le Autorità di controllo.

#### Preparazione campione e analisi

La frazione sulla quale condurre le analisi di laboratorio per tutte le sostanze indicate è quella passante al vaglio dei 2 mm. I risultati per questa frazione sono rappresentativi di tutta la matrice solida e sono quelli da utilizzare (senza alcuna ulteriore operazione di calcolo e, quindi, indipendentemente dalla percentuale con cui la frazione inferiore ai 2 mm è presente nel materiale solido) nel confronto con i valori di concentrazione limite previsti dalla norma.

Pertanto, i valori di concentrazione determinati andranno riferiti esclusivamente al peso del suolo secco passante al vaglio dei 2 mm.

Laddove si sospetti che la contaminazione sia presente, anche nella frazione granulometrica di suolo avente particelle con diametro >2 mm, si dovrà sottoporre ad un test di eluizione tale frazione granulometrica di suolo. Il test di eluizione da adottare è quello che utilizza come soluzione eluente acqua deionizzata satura di CO<sub>2</sub> (si veda "Premessa" Tabella 1 dell'Allegato 1 del D.M. 471/99). Le concentrazioni limite di riferimento in questo caso sono quelle riportate nella Tabella 2 dell'Allegato 1 del D.M. 471/99.

- CRITERI DA ADOTTARE PER L'ANALISI DELLE ACQUE SOTTERRANEE

#### Criteri generali

Il campionamento delle acque sotterranee deve fornire informazioni sullo stato di contaminazione delle falde in relazione alla qualità delle stesse immediatamente all'interno del sito in esame.

I piezometri dovranno essere realizzati in materiali compatibili con gli inquinanti presenti nel sito e dovranno essere installati in numero sufficiente a caratterizzare gli acquiferi indagati sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

- la georeferenziazione dei pozzetti di monitoraggio delle acque sotterranee deve essere effettuata con la precisione di un metro per le coordinate x e y e di un centimetro per la quota e per ogni piezometro dovrà essere esplicitamente indicato l'intervallo di profondità della porzione filtrante;

- apporre sul coperchio del chiusino una targhetta riportante la quota della testa del tubo piezometrico espressa in m s.l.m. con precisione centimetrica;
- marcare in modo indelebile sulle tubazioni, sul pozzetto e su un segnale fissato in vicinanza il numero identificativo del piezometro e la quota della testa tubo espressa in m s.l.m. con precisione centimetrica;
- procedere allo spurgo del piezometro;
- compilazione scheda monografica che descriva le caratteristiche dei piezometri.

#### Definizioni

- *campionamento statico*: campione prelevato con pozzo non in emungimento, mediante metodo manuale (bailer), previo eventuale spurgo e ripristino delle condizioni originali; il campionamento statico sarà utilizzato in corrispondenza di pozzi di monitoraggio estremamente poco produttivi, per verificare la presenza in fase separata di sostanze non miscibili e/o per prelevare campioni a diverse profondità del tratto filtrato;
- *campionamento dinamico*: campione prelevato per mezzo di pompa sommersa, subito dopo l'effettuazione dello spurgo; il campionamento dinamico sarà utilizzato per ottenere un campione composito con acque provenienti da differenti profondità e, quindi, approssimativamente rappresentativo della composizione media dell'acquifero indagato.

#### Procedure di campionamento

- prima di procedere alla fase di campionamento dovranno essere condotte le misure del livello piezometrico con precisione almeno centimetrica;
- nel caso si sospetti la presenza di una fase surnatante, si dovrà procedere alla misurazione dello spessore di tale fase mediante sonda ad interfaccia ed il campionamento dovrà essere condotto attraverso l'utilizzo di strumentazione che eviti il trascinarsi dell'inquinante in profondità;
- il campionamento statico può essere utilizzato per campionare sostanze a densità diversa dall'acqua: nel caso si intenda determinare sostanze o liquidi a densità minore eseguire il prelievo all'interfaccia acqua/aria e nelle porzioni superficiali dell'acquifero; per sostanze o liquidi a densità maggiore eseguire il prelievo con strumentazione adatta a prelevare solo acqua sotterranea corrispondente allo strato inferiore in contatto con il substrato impermeabile;
- procedere al campionamento statico quando la presenza di contaminanti o le condizioni del pozzetto non rendano praticabile il campionamento dinamico;
- il campionamento può essere eseguito mediante campionatori manuali (bailer), monouso e corde di manovra pulite e monouso;
- a seconda della presenza di liquidi di densità maggiore dell'acqua o minore dell'acqua saranno utilizzati rispettivamente campionatori di profondità o di superficie;
- in tutte le altre occasioni si farà ricorso a campionatori per il prelievo a profondità definite. Dovrà essere registrata la profondità di campionamento;
- nel caso di utilizzo di bailer occorrerà evitare fenomeni di turbolenza e di aerazione sia durante la discesa del campionatore, sia durante il travaso del campione d'acqua nel contenitore specifico;
- in ogni caso sui campioni d'acqua prelevati dovranno essere eseguite misurazioni in situ dei seguenti parametri fisici: temperatura, conducibilità elettrica, pH, potenziale redox ed ossigeno disciolto;
- nel caso di utilizzo di campionatori muniti di pompe, (campionamento dinamico) il prelievo deve avvenire con portate ridotte, al fine di ridurre i fenomeni di modificazione chimico-fisica delle acque sotterranee, quali trascinarsi dei colloidali presenti nell'acquifero o reazioni di ossidoriduzione;
- in casi particolari, al fine di conservare la rappresentatività del campione, potrà essere utilizzata la procedura "Low Flow Purging" (isocinetico).

#### Operazioni di spurgo del pozzo di monitoraggio

Procedere prima del campionamento allo spurgo dell'acqua presente nel pozzo di monitoraggio, che non costituisce una matrice rappresentativa della qualità delle acque sotterranee per la quale si procede al campionamento stesso. Per lo spurgo è possibile utilizzare, pompe peristaltiche, pompe sommerse o manuali; nel caso di utilizzo di pompa sommersa, posizionata ad una profondità intermedia tra il livello della falda ed il fondo del pozzo di monitoraggio, la portata di spurgo deve essere inferiore a quella utilizzata per lo sviluppo del pozzo di monitoraggio al fine di evitare, da un lato, il trascinarsi di materiale fine con rischio di intorbidimento dell'acqua, dall'altro, l'abbassamento

eccessivo del livello di falda con possibile volatilizzazione dei gas disciolti, nonché di taluni composti organici. Continuare nelle operazioni di spurgo fino al conseguimento di una almeno delle seguenti condizioni:

- eliminazione di 4-6 volumi di acqua contenuta nel pozzo (calcolare preventivamente il volume di acqua contenuta nel pozzo di monitoraggio)
- venuta d'acqua chiarificata e stabilizzazione dei valori relativi a pH, temperatura, conducibilità elettrica, misurati in continuo durante lo spurgo ( $\pm 10\%$ );
- sia trascorso il tempo di emungimento determinato preventivamente in funzione delle caratteristiche idrauliche dell'acquifero.

Nel caso di pozzi poco produttivi utilizzare portate inferiori ed evitare di spurgare fino al prosciugamento del pozzo. Riportare negli appunti di campagna la procedura utilizzata per il campionamento.

#### Identificazione e conservazione dei campioni

- si deve prevedere il trasporto in giornata dei campioni al laboratorio di analisi;
- procedere all'etichettatura del campione raccolto nell'idoneo contenitore (secondo i metodi IRSA - CNR, Volume 64/85) riportando il pozzo di monitoraggio, data e ora del prelievo;
- stabilizzare il campione per le analisi secondo quanto previsto dal metodo analitico prescelto;
- a seguito del prelievo, durante il trasporto e in attesa dello svolgimento delle analisi, conservare il campione al buio alla temperatura di 4 °C.

#### ▪ REQUISITI DEI LABORATORI DI ANALISI E VALIDAZIONE DEI DATI

##### Requisiti dei laboratori

I laboratori, che eseguono le analisi sia dei suoli che delle acque, devono essere certificati da un organismo di controllo che agisca secondo lo standard UNI EN 45.000.

**È opportuno avvalersi di laboratori accreditati dal SINAL.**

##### Sistema di validazione

Le controanalisi necessarie alla validazione dei dati analitici, anche eseguite in strutture pubbliche (ARPA) sono a carico dell'Impresa Appaltatrice.

Le controanalisi riguarderanno una quota variabile dei campioni totali che dovrà essere definita nell'approvazione del piano di caratterizzazione (indicativamente circa fino al 10%).

L'esecuzione delle analisi deve essere sempre preceduta da un incontro tecnico fra il laboratorio di analisi e l'autorità di controllo ARPAT - ASL che procederà alle controanalisi. Ciò al fine di concordare le metodiche analitiche, l'utilizzo di campioni standard di riferimento a composizione nota e, più in generale, per una intercalibrazione che consenta il successivo confronto e validazione dei dati.

I risultati delle attività di campo e di laboratorio devono essere RACCOLTI IN UNA BANCA DATI DA CONSEGNARE A PUBLIACQUA S.p.A.. I dati raccolti verranno consegnati anche in un formato GIS compatibile (Formato DXF, DWG, MIF, TAB).

I risultati delle attività di campo e di laboratorio devono essere espressi sotto forma di tabelle di sintesi e di rappresentazioni cartografiche.

## CAPO 4. NORME IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI

### ART. 51. OSSERVANZA DELLE LEGGI, REGOLAMENTI E NORME IN MATERIA DI APPALTO E CONOSCENZA DELLE NORME DELL'APPALTO

L'impianto elettrico, nel suo complesso e nelle sue singole componenti deve rispettare la conformità alle attuali norme di legge e norme CEI vigenti, in particolare, a titolo esemplificativo ma non esaustivo si indicano le seguenti norme e prescrizioni ove applicabili:

#### ▪ **NORME GENERALI**

- a) D.Lgs. 81/08 e D.Lgs. 37/08 che sostituiscono e/o modificano molte delle disposizioni legislative precedenti tra cui: la Legge n. 46 del 5/3/1990, e successive modifiche – Norme per la sicurezza degli impianti; il D.P.R. n. 547 del 25/4/1955 e successive modifiche – Norme per la prevenzione degli infortuni; il D.P.R. n. 447 del 6/12/1991 e successive modifiche – Regolamento di attuazione della Legge n. 46 del 5/3/1990, in materia di sicurezza degli impianti; il D.Lgs. n. 626 del 19/9/1994 e successive modifiche – attuazione della Direttiva CEE riguardante il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro e successive modifiche ed integrazioni.
- b) Norme CEI o progetti di norme CEI (in fase di inchiesta pubblica, in vigore alla data odierna);
- c) Prescrizioni degli Enti preposti al controllo degli impianti nella zona in cui sono realizzati gli impianti ed in particolare: Ispettorato del Lavoro, Vigili del Fuoco, USL, ISPELS;
- d) Legge n. 186 del 1/3/1968 – Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione di impianti elettrici ed elettronici.
- e) Legge n. 791 del 18/10/1977 – Attuazione della Direttiva CEE 73/23 relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione.
- f) D.P.R. n. 303 del 19/3/1956 – Norme generali per l'igiene del lavoro.
- g) Disposizioni del locale comando dei VVFF.
- h) Disposizioni della Società Telefonica.
- i) Disposizioni dell'Ente fornitore dell'Energia Elettrica.
- j) Leggi, decreti e regolamenti governativi, prefettizi, comunali o di ogni altra autorità riconosciuta nonché disposizioni che direttamente o indirettamente avessero attinenza con gli impianti in oggetto.

#### ▪ **NORME SPECIFICHE PER IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI**

In particolare le apparecchiature elettriche dovranno risultare provviste di Marchio Italiano di Qualità (IMQ) e/o di altro marchio equivalente di livello europeo e gli impianti dovranno risultare eseguiti secondo le norme seguenti:

- **Norme CEI 11.28** (Prima Edizione) 1993 e succ. varianti e ampliamenti. Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti radiali a bassa tensione.
- **Norme CEI 14.6** fasc. n. 735 (1985) e succ. varianti e ampliamenti. Trasformatori di isolamento e trasformatori di sicurezza.
- **Norma CEI 17.52** (Prima Edizione) 1994 e succ. varianti ed ampliamenti. Metodo per la determinazione della tenuta al corto circuito delle apparecchiature assiemate non di serie (ANS).
- **Norma CEI 16-7** fascicolo 3087R 1997 e succ. varianti ed ampliamenti. Elementi per identificare i morsetti e le terminazioni dei cavi.
- **Norme CEIEN 61439** Nuova norma quadri.
- **Norme CEI 17.13/3** (Prima Edizione) 1992 e succ. varianti ed ampliamenti. Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (Quadri elettrici di bassa tensione). Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso. Quadri di distribuzione (ASD).
- **Norme CEI 23.32** fasc. n. 1287 (1990) e succ. varianti ed ampliamenti. Sistemi di canali di materiale plastico isolante e loro accessori ad uso porta cavi e porta apparecchi per soffitto e parete.



- **Norme CEI 34.21** fasc. n. 1348 (1990) e succ. varianti ed ampliamenti. Apparecchi di illuminazione.
- **Norme CEI 23.31** fasc. n. 1286 (1990) canali metallici porta cavi e porta apparecchi. Apparecchiature costruite in fabbrica - ACF - (quadri elettrici).
- **Norme CEI 64.2** fasc. n. 1431 (1990) e succ. varianti e ampliamenti. Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione o incendio.
- **Norme CEI 64.8** (Terza Parte). Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- **Norme CEI 70.1** (Seconda Edizione) 1992 e succ. varianti ed ampliamenti. Gradi di protezione degli involucri (Codice IP).

Per tutto quanto non è diversamente disposto dal presente atto, dovranno essere osservate tutte le disposizioni contenute nelle leggi, decreti e norme dell'Amministrazione non espressamente richiamate ma concernenti l'oggetto dell'appalto, di cui l'Appaltatore dichiara di avere perfetta e particolareggiata conoscenza.

Resta stabilito che per leggi, norme e prescrizioni citate nel presente atto, nel caso di diversità per quanto riguarda uno stesso oggetto, vale l'ordine prioritario di elencazione così come sopra riportato.

L'Appaltatore dichiara con la sottoscrizione dell'atto di conoscere perfettamente tutte le norme che disciplinano il presente appalto, e di non sollevare obiezioni di alcun genere alle prescrizioni contenute nel presente capitolato, e che il progetto è perfettamente idoneo alla realizzazione dell'opera di cui trattasi e che i premi sono remunerativi permettendo l'offerta complessiva eseguita in gara.

La forma, le dimensioni e gli elementi costruttivi degli ambienti risultano dai disegni specificati negli elaborati di progetto.

Gli impianti devono essere eseguiti a perfetta regola d'arte.

L'Impresa si impegna di osservare nella realizzazione degli stessi le Norme più aggiornate. L'Impresa assuntrice dei lavori prende a suo carico e sotto la sua completa responsabilità la perfetta esecuzione degli impianti elettrici ed elettronici, secondo quanto previsto e si impegna ad adeguare ogni elemento di impianto che dalla verifica di collaudo non risultasse conforme alle norme in esso contenute, senza che alcun addebito derivi alla Stazione Appaltante.

Lo stesso dicasi per tutti gli atti tecnici e burocratici occorrenti e relativi loro oneri che si intendono compensati con gli importi dell'elenco prezzi unitari.

## ART. 52. DESIGNAZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE E SPECIALI DA ESEGUIRE E DEFINIZIONI RELATIVE AGLI IMPIANTI

Per l'appalto sono designati gli impianti da eseguire alle condizioni del presente capitolato, che contempla l'installazione di:

- linee di alimentazione (in B.T.) provvisorie e definitive per il funzionamento degli impianti;
- quadri elettrici con relative apparecchiature elettromeccaniche;
- cabina elettrica di trasformazione MT/BT.

## ART. 53. PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI

### ■ CAVI E CONDUTTORI

#### a) *Isolamento dei cavi:*

I cavi utilizzati nei sistemi di prima categoria devono essere adatti a tensione nominale verso terra e tensione nominale (U<sub>o</sub>/U) non inferiori a 600/1000 V, simbolo di designazione 1. Quelli utilizzati nei circuiti di segnalazione e comando devono essere adatti a tensioni nominali pari a 600/1000 V, simbolo di designazione 1.

- tipo G16 con guaina U<sub>o</sub>/U 0,6/1kV per le linee interrato di alimentazione;
- tipo G16 con guaina U<sub>o</sub>/U 0,6/1kV per le linee principali B.T..

#### b) *Colori distintivi dei cavi:*

I conduttori impiegati nella esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722-74 e 00712. In particolare i conduttori di neutro e protezione devono essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il

bicolore giallo-verde. Per quanto riguarda i conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto dai colori: nero, grigio (cenere) e marrone;

c) *Sezioni minime e cadute di tensione massime ammesse:*

Le sezioni dei conduttori, calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione a vuoto), devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL.

Indipendentemente dai valori ricavati con le precedenti indicazioni, le sezioni minime dei conduttori di rame ammesse sono:

- 1,5 mm<sup>2</sup> per circuiti di segnalazione e telecomando, per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per altri apparecchi di illuminazione e per apparecchi con potenza apparente unitaria inferiore o uguale a 1 kVA;
- 4 mm<sup>2</sup> per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con potenza apparente unitaria superiore a 1 kVA e inferiore o uguale a 3,6 kVA.

d) *Sezione minima dei conduttori neutri:*

La sezione dei conduttori neutri non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase. Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mm<sup>2</sup>, la sezione dei conduttori neutri può essere ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, col minimo tuttavia di 16 mm<sup>2</sup> (per conduttori in rame), purché siano soddisfatte le condizioni degli articoli: 522, 524.1-2-3, 543.1.4. della norma CEI 64-8.

e) *Sezione dei conduttori di terra e protezione:*

La sezione dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano all'impianto di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non deve essere inferiore a quella calcolata per il guasto più pericoloso verso terra.

f) *Problemi connessi allo sviluppo di gas tossici e corrosivi:*

Qualora cavi in quantità rilevanti siano installati in ambienti chiusi frequentati dal pubblico, oppure si trovino a coesistere in ambiente chiuso, con apparecchiature particolarmente vulnerabili da agenti corrosivi, deve essere tenuto presente il pericolo che i cavi stessi bruciando sviluppino gas tossici o corrosivi. Ove tale pericolo sussista occorre fare ricorso all'impiego di cavi aventi la caratteristica di non sviluppare gas tossici e corrosivi ad alte temperature secondo le norme CEI 20-37 e 20-38.

Installazione

Per quanto concerne il tipo di posa, raggi di curvatura, temperatura di posa, ecc., si seguiranno scrupolosamente le prescrizioni imposte dalle normative che ne regolano la materia, nonché le raccomandazioni da parte delle Case Costruttrici.

L'attestazione ai poli delle apparecchiature di sezionamento o interruzione sarà effettuata a mezzo capicorda a pinzare con pinzatrice meccanica per sezioni fino a 10 mm<sup>2</sup>, per sezioni superiori a 10 mm<sup>2</sup> i capocorda saranno bloccati al cavo con l'ausilio di pinza idraulica in modo che il contatto tra conduttore e capicorda sia il più sicuro possibile.

Inoltre, la posa dei cavi sarà da effettuarsi attenendosi scrupolosamente a quanto specificato negli elaborati tecnici per quanto riguarda la segregazione delle diverse linee di servizio.

Dovranno garantire la conformità con le norme EMC. Cavi conformi ai requisiti EMC: la capacità di un cavo di ridurre la radiazione in entrata e in uscita di disturbi elettrici dipende dall'impedenza di commutazione (Zt). La schermatura di un cavo è di norma realizzata per ridurre la trasmissione di disturbi elettrici. Il valore Zt viene raramente indicato dai produttori dei cavi, ma è possibile ricavarne il valore guardando il cavo e verificando la sua struttura fisica come di seguito indicato.

La sezione del conduttore di terra deve essere non inferiore a quella del conduttore di protezione suddetto con i minimi di indicati nella Tabella 6 (norma CEI 64-8, IV edizione, tabella 54A).

Protetto contro la corrosione ma non meccanicamente	16 (Cu)	16 (Fe) zincato
Non protetto contro la corrosione	25 (Cu)	50 (Fe)
Protetto meccanicamente	in accordo con l'art. 543.1	

Tabella 6: Sezione minima mm<sup>2</sup> del conduttore di terra.

In alternativa ai criteri sopra indicati è ammesso il calcolo della sezione minima del conduttore di protezione mediante il metodo analitico indicato al paragrafo a) dell'art. 543.1.1 delle norme CEI 64-8.

▪ QUADRI DI BASSA TENSIONE A NORMA CEI-EN61439

La sbarra di terra dovrà estendersi attraverso l'intera struttura e dovrà essere imbullonata all'intelaiatura di ciascun gruppo e a ciascuna derivazione della messa a terra, con l'esclusione della PG quadro isolato a monte del differenziale generale.

Su ciascuna estremità della sbarra di messa a terra si dovranno prevedere morsetti adatti al collegamento con il cavo di messa a terra dell'impianto.

La sezione minima impiegabile dovrà essere quella prevista dai calcoli.

I conduttori dei circuiti ausiliari devono essere contrassegnati a ciascuna estremità con anellini elastici a scrittura indelebile.

Ogni quadro dovrà essere corredato di apposita tasca porta-schemi dove saranno contenuti, in apposito involucro protettivo trasparente, i disegni degli schemi di potenza funzionali, ausiliari e topografici rigorosamente aggiornati e rappresentanti lo stato di fatto

Collegamenti:

Tutti gli accessori occorrenti alla realizzazione dei collegamenti come sotto descritto sono di fornitura dell'Impresa.

L'esecuzione delle connessioni elettriche comprende le seguenti operazioni:

- rimuovere eventuali coperchi di protezione morsettiere e lamiera passacavi;
- asportare alle estremità le guaine protettive e, se presenti, armatura e schermo del cavo;
- confezionare le terminazioni seguendo le istruzioni del fabbricante;
- ripristinare l'isolamento a mezzo di quanto prescritto;
- battere i conduttori mediante apparecchio prova-circuito;
- contrassegnare i cavi ed i singoli conduttori come richiesto dagli schemi utilizzando il sistema di siglatura bilaterale secondo la UNEL 00612;
- applicare i capi corda ai conduttori (di tipo a compressione e di ottima qualità);
- fissare i conduttori ai morsetti corrispondenti;
- ammarrare il cavo alle estremità affinché il suo peso non abbia a gravare sui morsetti;
- mettere a terra lo schermo e l'armatura se presente;
- rimontare le lamiera passa cavi e dopo il controllo dell'isolamento, i coperchi di protezione morsettiere.

L'Impresa ha l'obbligo di verificare le potenze di targa delle apparecchiature meccaniche e non e verificarle con i dati indicati sugli schemi, in modo da modificarne preventivamente gli elaborati che devono essere comunque approvati dalla D.L.

**L'Impresa dovrà, prima dell'inizio dei lavori, fornire per i quadri elettrici il progetto strutturale (dimensioni di ingombro) e lo schema funzionale ausiliario rispondente alla logica di funzionamento richiesta.**

**L'onere suddetto dovrà quindi intendersi essere economicamente compreso nei prezzi unitari delle voci di capitolato.**

▪ QUADRO MCC

Generalità

La presente specifica tecnica si applica alla fornitura di apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (BT), definendo i requisiti fondamentali per il progetto, la costruzione ed il collaudo in fabbrica, per quadri elettrici destinati al comando e al controllo dei motori.

I quadri dovranno essere completi e pronti al funzionamento.

Dovranno essere forniti:

- piastra di base per fissaggio a pavimento e tasselli ad espansione compresi;
- lamiera di chiusura laterali e per chiusura passaggio cavi;
- attacchi per collegamento e cavi di potenza compresi;

- morsettiera per collegamento cavi ausiliari esterni compresa.

Dati tecnici di riferimento

- tensione d'esercizio 400 V
- tensione di isolamento del quadro 690 V
- frequenza 50 Hz
- stato del neutro e delle masse (sistema TN-S)
- corrente nominale sbarre 800 A
- corrente di breve durata per 1s 15 kA
- potere di interruzione degli interruttori  $\geq 25$  kA a 400 V

tensione circuiti ausiliari:

- segnalazioni 24 Vca
- comandi, relè di protezione e aux. 24 Vca
- forma di segregazione tipo4
- accessibilità dal fronte.

**a) Caratteristiche costruttive**

Caratteristiche generali

I quadri saranno di tipo chiuso, protetti contro l'ingresso della polvere e dei corpi estranei, con i seguenti gradi di protezione meccanica:

- IP - 54, installato all'interno di locale quadri (quadro cabina di trasformazione "QCA");
- IP - 65, installato all'esterno (quadro generale automazione "QGE").

Gli sportelli saranno muniti di guarnizioni di materiale anti-invecchiante e resistente alla corrosione.

Il quadro sarà del tipo prefabbricato, costituito da un insieme di colonne modulari, autoportanti, in profilato e lamiera d'acciaio. Ciascuna colonna sarà suddivisa in cubicoli completamente segregati tra loro. Le varie colonne saranno accoppiate mediante bulloni.

Il quadro avrà accessibilità unicamente dal fronte, per installazione contro parete e dovrà essere facilmente ampliabile alle due estremità.

Lo spessore delle lamiere non sarà inferiore a 2 mm ad eccezione delle portelle e dei setti separatori interni che comunque non saranno inferiori a 1,5 mm.

Il quadro dovrà essere previsto per fissaggio a pavimento, provvisto di aperture in basso per consentire l'ingresso e l'uscita dei cavi, di telaio di base e golfari di sollevamento.

Accessibilità e segregazione delle apparecchiature

Le celle contenenti le apparecchiature arrivo/uscita, i vani cavi, i vani sbarre omnibus/derivate, dovranno essere tra loro segregate per mezzo di setti in lamiera.

Il grado di segregazione dovrà corrispondere almeno alla forma 4 per i quadri di distribuzione e forma 2 per i quadri comando motori, secondo le norme CEI EN 61439.

La segregazione delle zone su indicate dovrà essere tale da:

- impedire la trasmissione di archi originatisi in qualsiasi vano al vano adiacente;
- consentire l'accesso, in condizioni di sicurezza, all'unità funzionale con le restanti apparecchiature in regolare servizio;
- consentire la posa, il collegamento, lo scollegamento dei cavi di un'unità funzionale, in condizioni di sicurezza, con le restanti unità funzionali in regolare servizio.

Le sbarre verticali ed orizzontali saranno normalmente accessibili dal fronte del quadro previo rimozione di pannelli fissati con bulloni o viti a brugola.

La derivazione dalle sbarre per l'alimentazione delle singole unità funzionali dovrà sempre essere realizzata in bandella di rame o in cavo con corrente di impiego corrispondente alla corrente nominale dell'interruttore.

L'interruttore, i contattori, i termici e i componenti ausiliari, dovranno essere montati in cella accessibile frontalmente mediante portella dotata di serratura. Dovrà comunque essere garantito con portella aperta ed

interruttore estratto un grado di protezione minima IP - 20 nei confronti della parte fissa in tensione dell'interruttore.

#### Requisiti di sicurezza ed interblocchi

Tutte le normali operazioni di esercizio saranno eseguibili dall'esterno.

Non dovrà essere possibile l'apertura delle portelle con l'interruttore in posizione di chiuso; solo personale qualificato, con l'ausilio di specifici dispositivi, potrà aggirare l'interblocco.

Tutte le porte saranno messe a terra con connessione in treccia di rame flessibile.

Quando sia prevista una specifica sequenza di manovre per la messa in/fuori servizio delle varie unità funzionali, le istruzioni relative, verranno indicate su apposita targa fissata con viti.

#### Trattamento e verniciatura

Tutte le parti metalliche dovranno essere opportunamente trattate per prevenire la corrosione e il decadimento della verniciatura. Il trattamento consiste in:

- sgrassatura;
- decappaggio;
- zincatura elettrolitica;
- passivazione;
- essiccazione;
- verniciatura a polvere epossidica polimerizzata a forno;
- l'aspetto delle superfici dovrà essere semilucido, satinato;
- lo spessore minimo della finitura dovrà essere di 50 µm;
- cerniere, viteria e bulloneria saranno in acciaio inox o cadmiato;
- le parti metalliche mobili e soggette ad attrito saranno protette con grasso antiruggine.

#### Materiali isolanti

Tutti i materiali isolanti, in particolare i setti delle reggi sbarre, dovranno essere del tipo ad elevate caratteristiche meccaniche di resistenza alla fiamma, che assicurino una perfetta tenuta agli sforzi elettrodinamici.

#### Targhe

Per ogni quadro dovrà essere prevista una targa da fissare sul fronte, recante il contrassegno del quadro.

Per ogni cassetto dovrà essere prevista una targhetta con incisione del servizio cui è preposto.

Le targhe saranno in laminato plastico con caratteri bianchi su fondo nero e saranno fissate con viti e non con adesivi.

Dovranno essere infine previste le targhe monitorie indicanti pericoli ed i valori di tensione presenti nel quadro e la targa indicante il marchio, il nome del costruttore, il tipo e il numero di serie o altro mezzo di identificazione del quadro, come richiesto dalla normativa vigente.

### **b) Caratteristiche funzionali**

#### Sbarre

Le sbarre principali e quelle di derivazione devono essere dimensionate in base alle norme DIN 43671, con riferimento alla temperatura ambiente di 35°C, ed una temperatura alle sbarre massima di 70°C alla corrente nominale delle sbarre.

La sbarra di neutro quando è prevista, sarà distinta dalla sbarra di terra, dimensionata per la corrente indicata e comunque non inferiore al 50% della portata nominale delle sbarre di fase. Le sbarre saranno realizzate in rame elettrolitico nudo a spigoli arrotondati e a sezione costante.

Le giunzioni e le derivazioni saranno realizzate con bulloni passanti muniti di rondelle elastiche.

Le sbarre principali Omnibus saranno dimensionate per la corrente nominale dell'intero quadro e comunque per un valore non inferiore a 400A.

Le sbarre verticali o derivate saranno dimensionate per una corrente nominale di impiego pari alla somma delle correnti nominali di impiego delle utenze alimentate, nelle condizioni di installazione specificate, con coefficiente di contemporaneità uguale a 1 e comunque per un valore non inferiore a 250A.

### Impianto di terra del quadro

Sarà prevista una sbarra continua di terra di sezione minima  $150 \text{ mm}^2$  in rame per tutta la lunghezza del quadro e per tutta l'altezza delle colonne verticali.

Alle due estremità la sbarra orizzontale sarà predisposta per il collegamento all'impianto di terra con corde da  $50 \text{ mm}^2$ .

Le sbarre verticali saranno predisposte per il collegamento del conduttore di protezione e schermo dei cavi.

### Alimentazione e disposizione del quadro

I quadri saranno sempre forniti di scomparti atti a ricevere i cavi di alimentazione. Tali scomparti saranno di dimensioni tali da consentire l'agevole collegamento e scollegamento delle alimentazioni.

L'arrivo dei cavi di alimentazione e l'uscita verso le utenze sarà dal basso con l'applicazione di appositi pressacavo (uno per ogni cavo) al fine di impedire l'accesso al quadro di roditori ed insetti.

Per consentire l'ingresso dei cavi al quadro, questo dovrà essere posato o su cunicolo in cls ricavato nel pavimento, in modo da ricavare un vano per il passaggio cavi di almeno  $250 \text{ mm}$  di altezza.

### Vano cavi

A fianco della prima colonna deve essere previsto un vano risalita cavi, segregato dalla zona sbarre, provvisto di portella apribile solo con attrezzo opportuno.

Il vano cavi non dovrà presentare spigoli vivi o punti che possano danneggiare i cavi durante l'infilaggio.

Dovranno essere previsti opportuni profilati per il fissaggio dei cavi in modo che non si eserciti alcuno sforzo di trazione sui morsetti.

### Circuiti di potenza

Le connessioni tra le sbarre verticali e le apparecchiature sono realizzate normalmente con sbarre di rame, le connessioni con cavi isolati saranno accettate solo con interruttori aventi correnti nominali minori o uguali a 100A.

Le connessioni interne saranno dimensionate per la portata dell'interruttore di protezione, comunque la sezione minima sarà di  $4 \text{ mm}^2$ , dovranno resistere alle sollecitazioni termiche e dinamiche derivanti dal c.to c.to, e per le unità alimentazioni motori, dovranno superare una corrente di spunto pari a 6 volte la corrente nominale del contattore per 20 sec.

### Circuiti ausiliari

La protezione mediante fusibili è accettata sul primario qualora, per l'elevato potere di interruzione richiesto, non possano essere utilizzati interruttori. Un polo del secondario di ciascun trasformatore dovrà essere messo a terra. I trasformatori di cui sopra saranno alloggiati in apposito scomparto dedicato.

I circuiti relativi alle singole unità funzionali dovranno essere singolarmente protetti mediante interruttori automatici.

I circuiti ausiliari saranno realizzati mediante conduttori flessibili di rame isolati in materiale termoplastico rispondente alle norme CEI 20-22.

La sezione minima dovrà essere di  $1,5 \text{ mm}^2$  in generale e  $2,5 \text{ mm}^2$  per i circuiti amperometrici. Ciascun conduttore sarà identificabile alle due estremità mediante anelli di plastica riportante la numerazione indicata sugli schemi funzionali.

I conduttori ausiliari saranno alloggiati in canaline dimensionate per consentire aggiunte future di almeno il 50%.

Quando siano previsti collegamenti tra unità diverse, sarà prevista una canalina nella parte superiore del quadro.

I circuiti faranno capo a morsettiere del tipo ad elementi componibili fissate su profilato. I conduttori saranno muniti di capi corda o puntalini rigidi. Ciascuna morsettiere sarà munita di targhetta riportante la dicitura degli schemi. I morsetti saranno di materiale incombustibile e non igroscopico, contrassegnati in uniformità con gli schemi.

Per ogni conduttore sarà previsto generalmente un singolo morsetto; le morsettiere avranno un numero di morsetti non inferiori al 130% di quelli occupati.

Per facilitare i collegamenti le morsettiere saranno disposte a 45 gradi.

### **c) Caratteristiche delle partenze tipiche**

I quadri potranno essere composti dalle seguenti partenze tipiche.

- unità alimentazione motori;
- unità alimentazione carichi vari.

Le unità di alimentazione motori dovranno essere realizzate come indicato negli schemi di progetto.

Le unità di alimentazione carichi vari dovranno essere realizzate con interruttore automatico con protezione magnetotermica o magnetotermica differenziale secondo quanto previsto negli schemi di progetto.

#### Unità alimentazione motori

Ogni unità sarà composta da:

- interruttore;
- contattore/i;
- relè termico;
- riduttori di corrente (eventuale);
- selettore per Aut. /0/ Man.;
- lampade di segnalazione;
- relè ausiliari;
- morsettiere.

Per il telecomando dal sistema di controllo a PLC verranno cablati i seguenti contatti (come meglio indicato negli schemi di progetto):

- stato selettore aut/man;
- cumulativo di tutte le cause di indisponibilità (mancanza ausiliari, interruttore di potenza aperto, selettore non in automatico, selettore locale di sezionamento in posizione di disinserito);
- cumulativo di tutte le protezioni elettriche intervenute (scatti interruttori di potenza e ausiliari, intervento termico);
- stato di marcia/arresto.

#### **d) Caratteristiche delle apparecchiature**

##### Interruttori

Tutti gli interruttori di portata superiore a 63 Ampere, saranno del tipo scatolato in esecuzione fissa in base alla grandezza dell'interruttore.

Gli interruttori dovranno avere un potere di interruzione nominale di servizio ( $I_{cs}$ ) non inferiore al valore della corrente efficace simmetrica di c.to c.to specificata; potere di chiusura non inferiore al valore di picco della corrente di c.to c.to e corrente di breve durata non inferiore al valore della corrente simmetrica di c.to c.to.

Il fornitore dovrà sempre indicare la corrente nominale e la portata effettiva all'interno del quadro nelle condizioni di installazione specificate.

##### Interruttori magnetotermici di protezione motori

Gli elementi termici saranno tripolari del tipo compensato nel campo tra  $-10\text{ °C}$  e  $+50\text{ °C}$ . Il riarmo sarà manuale. I relè saranno alimentati direttamente o tramite TA a seconda delle caratteristiche richieste come segue:

- per motori ad avviamento normale, un tempo di 3-4 sec. sulla curva a caldo in corrispondenza di 5 volte la corrente di taratura;
- per motori ad avviamento pesante, un tempo di 6-8 sec. sulla curva a caldo in corrispondenza di 5 volte la corrente di taratura e contemporaneamente sulla curva a freddo in corrispondenza di 6 volte la corrente di taratura.

I relè termici dovranno essere in grado di resistere alle sollecitazioni dinamiche e termiche in funzione della taratura dell'interruttore automatico. Il campo di taratura sarà scelto in modo da situare la corrente nominale del motore all'interno ed in vicinanza del limite superiore del campo stesso.

##### Contattori

Saranno del tipo in aria in esecuzione compatta e montati in maniera da essere insensibili ad urti e vibrazioni.

I contattori dovranno essere adatti per servizio continuo in categoria AC 3 e per un numero di manovre orarie non inferiore a 150.

La corrente nominale di impiego ( $I_e$ ) in categoria AC 3 non dovrà essere inferiore al 130% della corrente nominale del motore.

Il contattore dovrà essere coordinato con l'interruttore di protezione e il relè termico in modo tale che, sotto corrente di guasto, sino al valore specificato di c.to c.to, siano evitati al contattore danni permanenti e irreparabili (coordinamento "Tipo 2") norme CEI EN 60947-4-1.

Ciascun contattore dovrà avere sempre almeno 2 contatti ausiliari (1 N.A. + 1 N.C.).

#### Strumenti di misura

Gli strumenti indicatori saranno del tipo da barra DIN, montati a fronte del quadro e protetti da portella tipo Mennex per mantenerne il grado di protezione.

Subito a valle dell'interruttore generale dovrà essere previsto un multimetro di tipo digitale per la misura amperometrica, voltmetrica, di potenza e cos fi.

I voltmetri e gli amperometri avranno rispettivamente un valore di fondo scala pari al 130% e al 200% dei valori nominali. La classe di precisione non sarà inferiore a 1,5.

Gli amperometri per motori avranno una scala ristretta al fondo in modo da permettere la lettura della corrente nominale a circa 2/3 della scala e la lettura della corrente di spunto pari a 5-6 volte la nominale. Gli altri strumenti avranno scala lineare.

I convertitori di misura di corrente, tensione e di energia se previsti avranno segnale di uscita 0-20 mA oppure 4-20 mA.

I misuratori di energia (se previsti) saranno muniti di contatto impulsivo e avranno classe 1 per energia attiva e classe 1 per quella reattiva.

#### Circuiti di comando

La tensione di comando potrà subire variazioni del +/- 10%, pertanto tutte le apparecchiature dovranno essere previste per funzionare normalmente con tali variazioni di tensione.

I relè ausiliari saranno del tipo estraibile su zoccolo, con morsetti a vite, completi di custodia di tipo standardizzato. Essi devono avere almeno 1 contatto NA e 1 contatto NC di scorta.

Gli interruttori automatici per la protezione dei circuiti ausiliari saranno del tipo per montaggio sporgente con morsetti anteriori a vite e calotta di protezione.

I fusibili (dove previsti) saranno del tipo da inserire su portafusibili sezionabili, estraibili sotto tensione con parti in tensione protette contro i contatti accidentali.

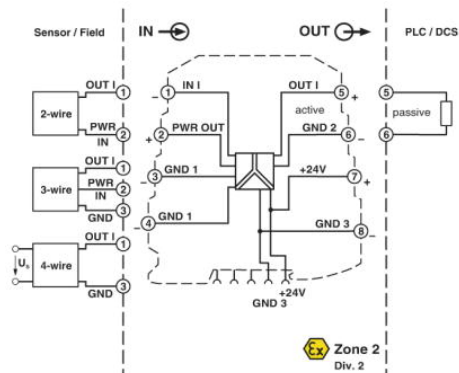
Ciascun componente sarà provvisto di targhetta di identificazione in accordo con quanto previsto sugli schemi.

#### **e) Installazione di PLC all'interno del quadro elettrico**

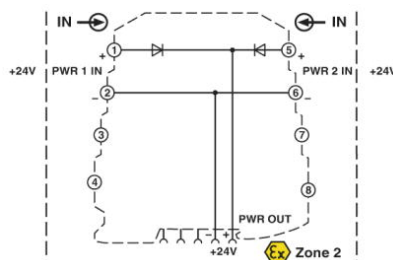
1. Tutti i segnali delle schede dovranno essere cablati a morsettiere *di/do/ai/ao* (anche le riserve non utilizzate).
2. I segnali *di* (digitali di ingresso) vanno tutti interfacciati con relè di ingresso digitali Phoenix (vedi modelli indicati) salvo diversa direttiva da analizzare caso per caso.
3. Tutti i segnali *ai* (analogici di ingresso) vanno interfacciati su morsettiera specifica Phoenix (vedi modelli).
4. Salvo diversa e specifica indicazione, nel quadro non dovranno essere utilizzati fusibili.
5. L'alimentatore generale singolo o doppio (sistema con alimentazione in backup caldo) deve essere un Siemens 10 ampere (fornito da Publicacqua).
6. Ogni alimentatore deve essere protetto con interruttore MT tipo K da 6 ampere.
7. Nei sistemi con più di un alimentatore dovrà essere installato un modulo di parallelo di adeguata taglia; dovrà inoltre essere realizzato con un circuito a relè per il controllo dello stato di ciascun alimentatore: un segnale verrà portato in ingresso al PLC e un altro verrà portato nelle segnalazioni a fronte quadro.
8. Dovranno essere sempre riportate a fronte quadro le segnalazioni delle tensioni presenti (segnalazioni con protezione di fusibile) stato alimentazione primaria (220v/380v), alimentazione secondaria o ausiliaria (24vac), alimentazione ausiliaria PLC (24vdc). Nel caso in cui siano presenti più alimentatori dovrà essere riportata una segnalazione di effettivo funzionamento alimentatore (riferimento al punto precedente).
9. Dovrà sempre essere riportato a fronte quadro 1 pulsante luminoso di colore rosso con comando a PLC di reset allarmi.
10. Dovrà sempre essere riportato a fronte quadro 1 pulsante luminoso di colore giallo con comando a PLC di tacitazione segnalatore allarmi.



11. Dovrà sempre essere riportato a fronte quadro 1 segnalatore sonoro.
12. Le alimentazioni a 24vdc per gli apparati dovranno essere almeno divise con la modalità indicata utilizzando interruttori magnetotermici adeguati per corrente continua tipo z da 6 ampere o di paritaria caratteristica di curva.
  - a) 1 interruttore per alimentazione cpu (o modulo primario di comunicazione);
  - b) \*1 interruttore per alimentazione schede ingressi e uscite digitali;
  - c) \*1 interruttore per alimentazione schede ingressi e uscite analogiche (se previsto);
  - d) \*1 interruttore per gruppo alimentazione relè segnali digitali di ingresso lato campo, divisi a gruppo per scheda (max 32 per interruttore);
  - e) \*1 interruttore per gruppo alimentazione relè segnali digitali di uscita 24vdc lato campo, divisi a gruppo per scheda (max 16 per interruttore);
  - f) \*1 interruttore per gruppo alimentazione segnali analogici di ingresso come alimentazione strumenti in tecnica 2 fili, divisi a gruppo per scheda (max 8 per interruttore);
  - g) \*1 interruttore per alimentazione apparati HMI (uno per apparato);
  - h) \*1 interruttore per alimentazione apparati di rete;
  - i) dovrà essere presente almeno 1 interruttore sulle alimentazioni a 24vdc come riserva.
13. Eventuali interruttori all'interno del quadro PLC previsti per alimentazioni strumentazione (in tecnica 4 fili a 220v/24vdc ) o altri apparati non previsti sopra, dovranno essere provvisti di contatto di inserito cablato a PLC.
14. Se presente un UPS o un sistema di tampone a batteria dovrà essere presente anche un contatto di identificazione alimentazione primaria presente prima del sistema UPS/batteria.
15. Se presente un IPS dovrà essere dotato di scheda a relè per i segnali di stato che dovranno essere cablati a PLC (inserito, bypass, batterie guaste, fault, generico, etc.). Se presente un modulo per le batterie tampone dovranno essere cablati almeno i segnali di indicazione batterie difettose in arrivo dai moduli caricabatterie.
16. Le morsettiere a relè di ingresso dovranno avere il contatto BB collegato utilizzando gli appositi ponticelli prendendo l'alimentazione dall'interruttore dedicato indicato sopra (punto 12d).
17. Le morsettiere di ingresso analogico (su morsetti Ai/Ao Viok1,5 D/Tg/D/Pe 3011067) dovranno essere cablate nel seguente modo:
  - lato quadro morsetto più basso (ai-) da mettere pettine comune blu e connesso a -24vdc;
  - lato quadro morsetto intermedio protetto da fusibile a pettine (+24vdc);
  - lato quadro morsetto più alto (Ai+);
  - lato campo morsetto più basso (giallo verde calza cavo);
  - lato campo morsetto 1 altezza (Ai-);
  - lato campo morsetto 2 altezza (+24vdc);
  - lato campo morsetto più alto (Ai+).In caso di connessioni strumenti in tecnica 4 fili utilizzare (Ai+ \_\_ Ai+ e Ai- \_\_ Ai-); in caso di connessioni strumenti in tecnica 2 fili utilizzare (Ai+ \_\_ Ai- e Ai- \_\_ +24vdc).
18. Le morsettiere di ingresso analogico (su moduli separazione galvanica MINI MCR-SL-RPS-I-I (SP)) dovranno essere cablate nel seguente modo:
  - lato quadro morsetto 6 da mettere pettine comune 0vdc e collegare a morsetto -i canale scheda;
  - lato quadro morsetto 5 collegare a morsetto +i canale scheda lato campo.In caso di connessioni strumenti in tecnica 4 fili utilizzare (1 \_\_ Ai+ E 3 \_\_ Ai-); in caso di connessioni strumenti in tecnica 2 fili utilizzare (1 \_\_ Ai- E 2 \_\_ +24vdc).



È necessario utilizzare il modulo di alimentazione e le apposite spinette per dividere a gruppi di 8 l'alimentazione dei separatori connessi all'interruttore dedicato 24vdc.



19. In caso di quadri con sistema di telecontrollo dovrà essere riservato uno spazio su barra din per contenere il modem/router di connessione e le schede di interfaccia ad essi (FPWEB) per il collegamento al sistema TLC. Per tali apparati dovrà essere prevista un'alimentazione separata con interruttore e relè di comando. L'alimentazione dovrà essere comandata da un relè di comando azionato da PLC con collegamento di potenza *nc* in modo da gestirne il reset dell'apparato anche via software.
20. Nel quadro se gli apparati hanno connessione di tipo ethernet è necessario l'installazione di uno switch con almeno 2 porte libere con tutti gli apparati connessi.

#### f) Accessori

Il quadro verrà fornito completo di tutti gli accessori necessari per l'installazione, l'esercizio, la manutenzione.

Saranno sempre installate lampade di tipo a led altrimenti dovranno essere fornite lampade di scorta in quantità non inferiore al 50% di quelle installate e comunque non inferiore a 4 per tipo.

#### g) Documentazione

Al termine dei lavori dovrà essere consegnata tutta la documentazione finale rispondente allo stato di costruzione degli impianti e dei quadri elettrici.

I disegni e gli schemi di progetto dovranno essere aggiornati e contenenti tutte le informazioni atte a rendere esauriente il funzionamento e le modalità costruttive dei quadri.

Devono essere emessi i seguenti elaborati (in senso indicativo, ma non limitativo):

- disegno di insieme del quadro in pianta e prospetto indicante tutte le dimensioni significative, i pesi, la posizione delle varie unità e i dettagli necessari per realizzare le opere civili di fondazione;
- disegno del fronte indicante la disposizione delle varie unità, gli apparecchi di comando, segnalazione, misura ecc.;
- schemi funzionali di ciascuna unità riportanti tutti i componenti. Gli schemi riporteranno la numerazione di tutti i fili e di tutti i morsetti e la legenda delle sigle di identificazione dei componenti;
- schemi unifilari di potenza completi di dati caratteristici del quadro (tensione, frequenza, correnti nominali sbarre, corrente di c.to c.to, dimensioni sbarre), tipo e caratteristiche apparecchiature con indicazione delle tarature e dei cavi utilizzati per il cablaggio;
- tabelle di coordinamento avviamento motori;
- certificato relativo alle prove di tipo rilasciato da ente riconosciuto (CESI o equivalente);
- certificato relativo alle prove di sovratemperatura;
- dichiarazione di conformità del quadro;
- lista dei componenti con indicate le quantità, il tipo e le caratteristiche di ciascuno;

- bollettini e cataloghi illustrativi dei componenti indicanti le caratteristiche tecniche dei componenti quali curve di intervento delle protezioni, dati tecnici degli interruttori ecc..

Con la documentazione finale il fornitore invierà le istruzioni di montaggio esercizio e manutenzione per i singoli dispositivi e per il quadro oltre ai certificati delle prove e all'elenco delle parti di ricambio.

- IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA ED INTERNO AI SITI

Caratteristiche apparecchi illuminanti

Gli apparecchi illuminanti saranno completamente rispondenti alle Norme CEI ovvero ad altre Norme CEI 34.21/23/27/28/29/31/32/34/36/37/38/45 e disposizioni di legge che dovessero successivamente essere emanate, ad integrazione o sostituzione di quelle citate.

Ciascun apparecchio sarà completo e funzionante in ogni sua parte, caratterizzato da robustezza, precisione di lavorazione e accuratezza di finitura, esente da vibrazioni e rumori dovuti a reattori.

Ogni apparecchio illuminante sarà equipaggiato con tubi fluorescenti ed integralmente cablato, provvisto di morsettiera sia per i collegamenti interni, sia per il collegamento ai punti luce predisposti, sarà dotato di reattori mono lampada con starter e condensatore di rifasamento separato. La tensione nominale di alimentazione sarà 220V alla frequenza di 50 Hz.

I tubi fluorescenti lineari saranno ad accensione normale, avranno diam. di 26 mm, saranno caratterizzati da alta efficienza luminosa (non inferiore a 1400 lm/18W, 3400 lm/36W, 5400 lm/58W) e da elevata resa cromatica, con temperatura di colore 4000v4200xK. Gli involucri metallici e le parti metalliche internamente accessibili per manutenzione saranno collegati in modo permanente e sicuro al collettore di terra.

Il conduttore di protezione avrà la stessa sezione del conduttore di fase e sarà contraddistinto da rivestimento isolante giallo verde.

Tutte le apparecchiature accessorie contenute nell'apparecchio illuminante, quali starter, condensatore, reattore, zoccoli, e relativi elementi per l'innesto e l'interconnessione, risulteranno facilmente smontabili e sostituibili: l'uso di rivettature o "pinzature" è esplicitamente vietato.

I cablaggi interni saranno realizzati con conduttori in rame, aventi sezione non inferiore a 1 mm<sup>2</sup>, aventi isolamento e rivestimento resistenti al calore, o conduttori in rame isolati con gomma siliconica resistente al calore e rivestiti con treccia di fibra di vetro trattata, in conformità alle Norme 20.19.

Il cassetto metallico o in resina, costituente il corpo dell'apparecchio illuminante, deve essere corredato di guarnizione elastica, di materiale anti-invecchiante, posta in adeguata sede, coerentemente al grado di protezione IP prescritto per ciascun tipo di apparecchio. Anche l'entrata del cavo di alimentazione corrisponderà al grado di protezione IP prescritto.

I cassettei metallici devono essere realizzati con lamiera di acciaio, trattata e preparata, verniciata a fuoco o con altro procedimento di pari efficacia, con tinta grigia o nera o altra da definirsi in sede contrattuale.

I cassettei in resina devono essere realizzati con l'impiego di resina poliestere rinforzata da fibre di vetro autoestinguente. L'alimentatore (reattore), convenzionale o elettronico, sarà costruito in conformità alle Norme Vigenti e porterà, fra l'altro, l'indicazione della massima temperatura raggiungibile e in condizioni normali e della sovratemperatura che può verificarsi in condizioni anormali di esercizio (corto circuito sullo starter, mancanza del tubo fluorescente, interruzione di un elettrodo, mancato innesco della scarica). Saranno indicati i dati inerenti le temperature suddette, le tecniche costruttive per la non rumorosità, quelli riguardanti l'impiego di resine ad alta temperatura di infiammabilità ed autoestinguenti e la potenza perduta in corrispondenza delle diverse potenze nominali di 9-11-18-36-58 W.

I condensatori di rifasamento devono essere a bassissime perdite, adatti alla elevata temperatura presente nell'apparecchio e devono realizzare alla tensione nominale di 220 V, il rifasamento a fattore di potenza non inferiore a 0,95.

Tutti gli apparecchi devono soddisfare alle norme o leggi riguardanti il livello di disturbo elettromagnetico ammissibile.

Fusibili di protezione agevolmente sostituibili, montati su portafusibili fissi. Nei corpi illuminanti privi di schermo diffusore è richiesta la diretta accessibilità dei fusibili.

Morsettiera in materiale termoidurente e viti o levette inossidabili per il fissaggio dei componenti e degli eventuali schermi.

Accessori, tasselli, staffe, supporti e quant'altro necessario per l'ancoraggio del corpo illuminante a soffitto, controsoffitto, pareti e strutture di qualsiasi natura.

In particolare i componenti risponderanno costruttivamente alle seguenti normative di seguito riportate:

- lampade ad incandescenza a filamento di tungsteno: Norme CEI 34.16/20;34.1/V1/V2/V3;34.12/V1/13.V1;
- lampade fluorescenti tubolari: Norme CEI 34.3/V1/V2;
- lampade a vapori di Hg-Na-Ioduri metallici, ecc.: Norme CEI 34.6/15/V1/24/25/40;
- alimentatori per lampade: Norme CEI 34.4/7/18;
- Starter: Norme CEI 34.5;
- trasformatori: Norme CEI 34.39;
- portalampade: Norme CEI 34.11/V1/14/V1/44;
- condensatori: Norme CEI 34.26.

Accessori vari di montaggio, per rendere il lavoro con grado di protezione min IP 55, completo di siglatura dei conduttori.

I conduttori di alimentazione saranno del tipo non propaganti l'incendio tipo FG7OR sez. 1,5 mm<sup>2</sup> nei colori previsti dalle norme, installati entro le tubazioni sopra indicate, in derivazione diretta dal quadro elettrico generale.

La parte del tubo in PVC rigido serie pesante, interna al locale impianto e a protezione del cavo elettrico avrà solamente una funzione di protezione meccanica, le estremità del tubo, nei punti di curvatura e a fine linea saranno "aperte" in modo da far defluire l'acqua e l'eventuale condensa formatasi al suo interno.

#### ▪ IMPIANTO FM - PRESE A SPINA PER USI INDUSTRIALI

Saranno costruttivamente conformi e rispondenti a quanto prescritto dalle Norme CEI 23.12/71 EC/75 - V1/83 e successive varianti.

Caratteristiche generali:

- tipo CEE 17;
- tensione nominale max 1000 V;
- frequenza nominale 50/60 Hz;
- corrente nominale max 200 A;
- esecuzione IP67;
- involucro in alluminio verniciato.

#### PRESA 2P+T+I/6A

Presa industriale 2x16/32/63+T - 220 V in esecuzione IP54 con coperchio a molla. Alveoli Ø 4,8 mm ad una sola parte attiva con polo di terra in posizione 6h. In materiale termoplastico isolante autoestinguento composta da due elementi.

- 1) Cassetta in materiale s.d. con recante sulla parte inferiore e superiore i fori per l'innesto delle tubazioni e presa tubi.
- 2) Elemento presa in materiale s.d. con guarnizione per il montaggio sulla cassetta descritta al punto 1 e viti di fissaggio.
- 3) Colorazione blu di identificazione.
- 4) Blocco meccanico (I) in accordo con le prescrizioni di sicurezza del D.P.R. n. 547 art. 311 che consentirà l'azionamento dell'interruttore solo a spina inserita ed impedirà la sua estrazione ad interruttore chiuso.  
Interruttore e presa saranno solidali cioè montati entrambi sul coperchio che potrà essere asportato solo ad interruttore aperto.

#### PRESA 3P+N+T+16A

Presa industriale 3x16/32/63+N+T - 220/380V in esecuzione IP67 con coperchio a molla. Alveoli Ø 4,8 mm con polo di terra in posizione 6h. In materiale termoplastico isolante autoestinguento composta da due elementi.

- 1) Cassetta in materiale s.d. con recante sulla parte inferiore e superiore i fori per l'innesto delle tubazioni e presa tubi.
- 2) Elemento presa in materiale s.d. con guarnizione per il montaggio sulla cassetta descritta al punto 1 e viti di fissaggio.
- 3) Colorazione rosso di identificazione.

- 4) Blocco meccanico (I) in accordo con le prescrizioni di sicurezza del D.P.R. n. 547 art. 311 che consentirà l'azionamento dell'interruttore solo a spina inserita ed impedirà la sua estrazione ad interruttore chiuso.  
Interruttore e presa saranno solidali cioè montati entrambi sul coperchio che potrà essere asportato solo ad interruttore aperto.

#### PRESA 2P+I+F/12A

Presa industriale 2x16A+T - 24 V in esecuzione IP67 con coperchio a molla. Alveoli  $\varnothing$  4,8 mm ad una sola parte attiva con polo di terra in posizione 6h. In materiale termoplastico isolante autoestinguente composta da due elementi.

- 1) Cassetta in materiale s.d. con recante sulla parte inferiore e superiore i fori per l'innesto delle tubazioni e presa tubi, completo di trasformatore di sicurezza da 100VA 220/24V (CEI 14.6/85).
- 2) Elemento presa in materiale s.d. con guarnizione per il montaggio sulla cassetta descritta al punto 1 e viti di fissaggio.
- 3) Colorazione viola di identificazione.
- 4) Blocco meccanico (I) in accordo con le prescrizioni di sicurezza del D.P.R. n. 547 art. 311 che consentirà l'azionamento dell'interruttore solo a spina inserita ed impedirà la sua estrazione ad interruttore chiuso.  
Interruttore e presa saranno montati entrambi sullo stesso contenitore il cui coperchio potrà essere aperto solo ad interruttore aperto. Tale operazione consentirà l'accesso ai fusibili.
- 5) Base per fusibili completa con tappi a vite di tipo ceramico. Sarà montata all'interno del contenitore e l'accessibilità avverrà secondo le modalità descritte al punto 4 (a valle del trasformatore).
- 6) Sarà completa di fusibili con valore di corrente pari al valore nominale della portata della presa di corrente.
- 7) Trasformatore monofase in aria montato anch'esso all'interno del contenitore con le seguenti caratteristiche:
  - potenza nominale 200 VA;
  - tensione primario 220 Vca,
  - tensione secondario 24 Vca;
  - frequenza nominale 50 Hz;
  - classe di isolamento E;
  - classe di protezione I;
  - tensione di isolamento min 4 KV.

#### ▪ CANALIZZAZIONE

I conduttori, anche se si tratti di installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente.

Dette protezioni possono essere: tubazioni, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile ecc..

Negli impianti industriali, il tipo di installazione deve essere concordato di volta in volta con la Stazione Appaltante.

Negli impianti in edifici civili e similari si devono rispettare le seguenti prescrizioni per tubi protettivi, cassette di derivazione:

- nell'impianto previsto per la realizzazione sotto traccia, i tubi protettivi devono essere in materiale termoplastico serie leggera per i percorsi sotto intonaco, in acciaio smaltato a bordi saldati oppure in materiale termoplastico serie pesante per gli attraversamenti a pavimento;
- il diametro interno dei tubi deve essere pari ad almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuti.  
Tale coefficiente di maggiorazione deve essere aumentato a 1,5 quando i cavi siano del tipo sotto piombo o sotto guaina metallica; il diametro del tubo deve essere sufficientemente grande da permettere di sfilare e reinfilare i cavi in esso contenuti con facilità e senza che ne risultino danneggiati i cavi stessi o i tubi.  
Comunque il diametro interno non deve essere inferiore a 16 mm;
- il tracciato dei tubi protettivi deve consentire un andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi;
- ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla struttura muraria dei locali, ad ogni derivazione da linea principale a secondaria e in ogni locale servito, la tubazione deve essere interrotta con cassette di derivazione;
- le giunzioni dei conduttori devono essere eseguite nelle cassette di derivazione impiegando opportuni morsetti o morsettiere. Dette cassette devono essere costruite in modo che nelle condizioni ordinarie di installazione non sia possibile introdurre corpi estranei, deve inoltre risultare agevole la dispersione di calore in esse prodotta.

- Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo;
- i tubi protettivi dei montanti di impianti utilizzatori alimentati attraverso organi di misura centralizzati e le relative cassette di derivazione devono essere distinti per ogni montante;
  - qualora si preveda l'esistenza, nello stesso locale, di circuiti appartenenti a sistemi elettrici diversi, questi devono essere protetti da tubi diversi e far capo a cassette separate;
  - deve essere mantenuta la separazione ATEX con i giunti di bloccaggio.

#### ART. 54. CAVI ELETTRICI

I cavi saranno posati avendo cura di non sottoporli a sollecitazioni meccaniche e termiche diverse da quelle normali previste in funzione del tipo di posa usato.

I cavi non reggeranno pesi, neppure di organi elettrici ad essi collegati e saranno adeguatamente sostenuti in funzione della loro resistenza meccanica.

I cavi non saranno posati in prossimità di corpi ad elevata temperatura a meno che essi siano del tipo speciale resistente al calore e non soggetti allo stillicidio o al getto di liquidi caldi o corrosivi.

Qualora non fosse possibile allontanare i cavi dai pericoli sopra indicati, saranno adeguatamente schermate le sorgenti del pericolo e non i cavi per non diminuire la portata.

I conduttori unipolari dei circuiti di potenza in corrente alternata saranno disposti e supportati in modo da evitare pericolosi riscaldamenti delle parti metalliche adiacenti per effetto induttivo, ad esempio impiegando materiale amagnetico.

Eventuali cavi collegati in parallelo per la trasmissione di correnti elevate, saranno installati come segue:

- dello stesso tipo e sezione seguiranno percorsi paralleli eventualmente con trasposizioni, in modo che la lunghezza risulti uguale;
- avranno organi di giunzione e terminazioni uguali ed installati in modo analogo e saranno convenientemente amarrati per resistere alle sollecitazioni derivanti dai corto circuiti.

I tipi di cavi e la loro installazione saranno in conformità con le Norme assunte e con i documenti di progetto.

Nei luoghi con pericolo di esplosione o di incendio per la presenza di sostanze pericolose se miscelate con aria (Luoghi di classe 1 secondo Norme CEI 64-2), sarà considerato "luogo pericoloso" anche il terreno fino ad una profondità di 0,60 m, pertanto:

- a) i cavi direttamente interrati saranno posati ad una profondità superiore a 0,60 m;
- b) i cunicoli, i pozzetti, ecc. saranno riempiti di sabbia per evitare accumuli di sostanze pericolose;
- c) i cavi in vista, quando ammessi dalle Norme assunte, saranno protetti dai danneggiamenti meccanici fino a 2,50 m sui piani di lavoro;
- d) i tubi e i loro accessori, saranno in materiale non combustibile, stabile ed inerte nelle condizioni di utilizzazione.

##### ▪ SFORZI DI TIRO APPLICABILI AI CAVI PER LA POSA

Gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi, quando applicati ai conduttori di rame o di alluminio, non supereranno i valori prescritti dai costruttori ed in mancanza di questi non supereranno una sollecitazione di 6 Kg/mm<sup>2</sup> di sezione totale.

A tale scopo si impiegheranno calze metalliche, anelli o ganci di tiro adeguatamente fissati alle estremità dei conduttori, evitando fra l'altro che l'umidità abbia a penetrare nel cavo.

Se il cavo è provvisto di un'armatura a fili o piattine di acciaio, la forza di tiro sarà applicata all'armatura e non sarà superiore ai valori prescritti dai costruttori; in mancanza di questo dato non si supererà una sollecitazione di 10 Kg/mm<sup>2</sup> di sezione dell'armatura.

Durante la posa sarà evitato che il cavo giri sul proprio asse.

Sarà preferito il tiro con l'impiego della sola manodopera, però sarà consentito il tiro con paranco a mano oppure a motore, purché munito di un dispositivo che impedisca di superare lo sforzo di tiro massimo ammesso per il cavo. Nei tratti di percorso molto lunghi, per evitare di superare lo sforzo di tiro massimo ammesso, sarà consentito l'impiego di rulli motorizzati intercalati a quelli folli, in questo caso però il loro azionamento sarà controllato da paranco provvisto di controllo dello sforzo di tiro massimo.

Nel caso di più cavi da tirare contemporaneamente, ad esempio in tubo, il tiro non sarà superiore a quello consentito dal cavo di caratteristiche più limitate.

#### ▪ TEMPERATURA DI POSA

Durante le operazioni di posa dei cavi, la temperatura dei cavi stessi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui possono essere manipolati, sarà non inferiore a:

- 0° C per i cavi comunque isolati, muniti di guaina esterna in PVC;
- 15° C per i cavi isolati in gomma e con guaina esterna in gomma o policloroprene.

#### ▪ RAGGI DI CURVATURA

Durante le operazioni di posa saranno evitate le piegature che non siano assolutamente necessarie.

I raggi di curvatura (R) nei cambiamenti di direzione dei percorsi e nelle operazioni di posa non saranno inferiori ai valori seguenti, salvo accordi speciali con la D.L. e/o con il Costruttore:

- R 8 (D+d)        - cavi unipolari non schermati;  
                     - cavi multipolari non armati e non provvisti di guaina metallica  
                     - cavi multipolari armati con nastri ma provvisti di guaina metallica  
                     - cavi multipolari armati con nastri ma non provvisti di guaina metallica
- R 10 (D+d)      - cavi unipolari armati;  
                     - cavi armati con fili o piattine;  
                     - cavi con guaina in piombo;  
                     - cavi con guaina in alluminio ondulata;  
                     - cavi con conduttori concentrici;
- R 15 D            - cavi con guaina di alluminio non ondulata;
- R 20 D            - conduttori in terra, nudi e isolati;
- R 5 D             - cavi con isolamento minerale;

Durante le operazioni di manipolazione del cavo si eviterà di piegarlo sotto il valore di R 20 D.

Nelle formule sopra elencate, "D" indica il diametro esterno del cavo e "d" indica il diametro di un conduttore, il maggiore, se i conduttori sono disuguali; quando non si può misurarlo, sarà calcolato con la seguente espressione:  $d=1,3 A$  (in mm), dove A (in mm<sup>2</sup>) è la sezione del conduttore.

#### ▪ MANIPOLAZIONE DEI CAVI

I cavi saranno manipolati e posati con molta cura.

Il trasporto dal deposito al luogo di posa non sarà fatto rotolando o strisciando la bobina, ma impiegando mezzi adeguati quali carrelli o autocarri appositamente attrezzati.

Il rotolamento delle bobine sarà consentito solo per i piccoli spostamenti necessari alla sistemazione delle stesse sui cavalletti o sui carrelli.

Già al momento del prelievo dal deposito, si accerterà che i cavi siano muniti di cappellotti di chiusura delle testate atti ad impedire la penetrazione dell'umidità nell'isolante. La posa sarà fatta con cavi muniti di detti cappellotti.

#### ▪ SEPARAZIONE DI CAVI ADIACENTI APPARTENENTI A SISTEMI ELETTRICI E TENSIONI DIVERSE

Si considerano tre livelli di tensione (U):

- fino a 1000 V c.a. e c.c.;
- oltre 1000 V fino a 10 kV;
- oltre 10 kV fino a 30 kV.

I cavi appartenenti a livelli di tensione diversi saranno tenuti separati ed installati in modo da risultare distinguibili gli uni dagli altri. I cavi saranno posati su passerelle diverse oppure munite di apposito separatore metallico; i cavi interrati saranno posati inserendo tra loro un setto separatore (es. mattoni posati a coltello) oppure saranno tenuti distanti almeno 0,30 m.

In ogni caso saranno prese precauzioni per evitare che eventuali guasti ad un cavo o ai suoi accessori possano danneggiare altri cavi.

#### ▪ GIUNZIONI E TERMINAZIONI

In generale non sono ammesse giunzioni sui cavi.

Qualora si verificassero particolari necessità impiantistiche che richiedessero giunzioni nei cavi, queste si potranno eseguire previa autorizzazione e rispettando le prescrizioni di seguito elencate.

#### ▪ REQUISITI GENERALI

Le giunzioni e le terminazioni saranno eseguite secondo le istruzioni dei costruttori, dovranno comunque essere rispettate le indicazioni seguenti:

- a) saranno eseguite in modo da ripristinare il grado di isolamento del cavo al suo valore nominale;
- b) per l'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi schermati con un nastro o una treccia sull'isolante (gomma butilica, PVC, ecc.) sarà asportato lo strato semiconduttore eventualmente presente per tutta la lunghezza di anima della quale si asporta lo schermo metallico. L'asportazione sarà accurata in modo da non lasciare la minima traccia;
- c) i materiali impiegati saranno equivalenti e compatibili agli effetti delle sollecitazioni dell'ambiente di installazione e a quelle dei cavi a cui sono associate.

#### ▪ TERMINAZIONI

Per l'esecuzione delle terminazioni, i cavi saranno tagliati in misura tale da consentire agevolmente l'esecuzione dei lavori senza inutili sfridi. Le teste degli spezzoni di cavo rimanenti da una pezzatura e le teste dei cavi che non vengono subito collegati, saranno munite di cappellotti di chiusura atti ad impedire la penetrazione dell'umidità nell'isolante.

Tutti i rivestimenti metallici (schermi, armature, ecc.) saranno connessi in parallelo tra loro e messi a terra alle estremità di ogni linea in cavo, salvo per i cavi unipolari per i quali la messa a terra dovrà essere fatta ad una estremità sola. In questo caso, all'estremità dove gli schermi non sono messi a terra, occorre tenere isolate le muffole con supporti isolanti e prendere precauzioni per evitare il contatto accidentale con dette muffole e con gli schermi, a causa delle tensioni che si vengono a creare durante i guasti.

I corpi metallici (contenitori) delle terminazioni saranno messi a terra assieme ai rivestimenti metallici dei cavi.

Se più terminazioni si troveranno vicine esse saranno collegate tra loro e la messa a terra sarà comune.

Le terminazioni di cavi entranti in scatole di derivazione o di terminazione, saranno eseguite impiegando "pressa cavi" o "coni terminali" aventi i collari di serraggio di qualità tale da garantire una buona compressione sul cavo ed una buona tenuta all'acqua.

Terminazione e giunzione dei singoli conduttori

Le terminazioni e le giunzioni dei singoli conduttori saranno sicure contro l'allentamento, proporzionate alla corrente nominale e alle sollecitazioni sia termiche che dinamiche dovute al cortocircuito e saranno resistenti alla corrosione. I criteri esecutivi saranno secondo le istruzioni del costruttore dei cavi; in mancanza di dette istruzioni, saranno eseguite come segue:

- a) conduttori flessibili fino a 6 mm<sup>2</sup>: usando un canotto a compressione se l'allacciamento deve essere eseguito su morsetti componibili o simili altrimenti usando un capocorda a compressione se l'allacciamento è eseguito con vite;
- b) conduttori rigidi fino a 10 mm<sup>2</sup>: senza l'impiego di alcun accessorio se l'allacciamento deve essere eseguito su morsetti componibili o con semplice vite;
- c) conduttori flessibili oltre 6 mm<sup>2</sup> o rigidi oltre 10 mm<sup>2</sup>: mediante capicorda a compressione in ogni caso ad eccezione degli allacciamenti ad apparecchiature o terminali muniti di morsetti adatti al serraggio di conduttori cordati;
- d) conduttori di terra a filo o cordati: mediante capicorda a compressione o mediante connettori a compressione nelle giunzioni;
- e) conduttori di terra a piattina: mediante sovrapposizione delle parti e connessioni imbullonate con almeno due bulloni. Le connessioni direttamente interrato saranno anche protette dai contatti col terreno per evitare corrosioni elettrochimiche e ossidazioni.

#### ▪ IDENTIFICAZIONE DEI CAVI E DEI SINGOLI CONDUTTORI

##### Identificazione dei cavi direttamente interrati

I cavi direttamente interrati saranno identificati dal "numero del cavo" di cui ai documenti di progettazione. I numeri dei cavi saranno stampigliati su fascette in metallo resistente alla corrosione; potranno essere accettate fascette in plastica appositamente studiate, purché preventivamente approvate e sulle quali i numeri siano stampigliati in rilievo.

Le fascette saranno applicate ai cavi ad intervalli non superiori a 8 m, in corrispondenza di ogni giunzione, nei punti di entrata e uscita dei percorsi principali, nonché all'inizio e alla fine del percorso.



#### Identificazione dei cavi posati aerei

- a) I cavi aerei quando posati singolarmente, come ad esempio su fune, in vista su parete, ecc. saranno identificati c.s..  
Le fascette saranno applicate ai cavi ad intervalli non superiori ai 20 m, nonché all'inizio e alla fine del percorso.
- b) I cavi aerei, quando posati in raggruppamenti, come ad esempio su passerella, su fune, ecc., saranno identificati c.s..  
Le fascette saranno applicate ai cavi ad intervalli non superiori a 20 m, in corrispondenza di ogni giunzione, nei punti di entrata e di uscita dei percorsi principali nonché all'inizio e alla fine del percorso.

#### Identificazione dei cavi posati in tubi

- a) I cavi quando posati in tubi interrati e quando posati in tubi singolarmente installati aerei o su parete, saranno identificati c.s..  
Le fascette di identificazione dei cavi saranno applicate ai tubi o alle condotte all'inizio e alla fine del percorso o negli eventuali pozzetti rompi tratta. Le fascette saranno applicate anche ai cavi entranti e uscenti dai tubi e dalle condotte.
- b) I cavi, quando posati in condotte e in tubi aerei che si trovano raggruppati in fasci o rastrelliere per cui risulta difficile l'individuazione di ogni singolo tubo o condotta, saranno identificati c.s..  
Le fascette saranno applicate alle condotte e ai tubi ad intervalli non superiori a 20 m, nei punti di entrata da eventuali scatole di giunzione, nei punti di entrata e di uscita dei percorsi principali, nonché all'inizio e alla fine del percorso; le fascette saranno anche applicate, ai cavi entranti ed uscenti dai tubi e dalle condotte.

### **ART. 55. VERIFICHE QUADRI ELETTRICI – MOTORI – IMPIANTO TERRA**

I quadri di media/bassa tensione e automazione saranno sottoposti a collaudi presso l'officina del costruttore, nonché visite e verifiche durante la costruzione per un esame dei componenti costituenti i quadri stessi.

I collaudi saranno quelli previsti dalle rispettive specifiche e norme CEI in vigore per i singoli materiali.

Per quanto riguarda la messa in servizio dei quadri questa avverrà attraverso le seguenti operazioni:

- controllo dell'intervento delle protezioni M.T. ai valori di taratura, possibilmente verificando il complesso riduttore/relè al valore di scatto prefissato;
- controllo dell'esatto valore di taratura dei relè di bassa tensione, verificandone i valori prefissati e l'intervento meccanico;
- verifica dell'intervento dei blocchi meccanici ed elettrici disposti sui quadri, come da schema, provandone l'intervento in sequenza di manovra errata;
- controllo del funzionamento delle unità di allarme, provandone il funzionamento prima della inserzione dei segnali esterni;
- controllo del funzionamento di tutti gli interruttori, sia con comando elettrico che con comando meccanico, con ulteriore verifica della sfilabilità per gli interruttori su carrello estraibile;
- controllo dell'inaccessibilità delle parti sotto tensione;
- controllo del funzionamento di tutti i circuiti ausiliari, misura della resistenza d'isolamento di ogni sbarra o collettore tra fase e fase e terra prima di dare tensione prova, regolazione e taratura di tutti i relè di protezione in accordo con i valori stabiliti in progetto.

Saranno eseguite le seguenti prove su tutti gli interruttori o sezionatori prima di essere messi in esercizio:

- controllo dell'allineamento e dell'esistenza di umidità sui contatti e ove è necessario intervenire in aderenza alle istruzioni del Costruttore;
- misura della resistenza di isolamento tra fase e fase e terra ad interruttore sezionato dal suo cubicolo o chiuso a mano.

Inoltre, si procederà ad eseguire le seguenti prove su ogni interruttore inserito nella sua posizione di prova:

- chiusura ed apertura dell'interruttore dal quadro o da eventuale punto esterno;
- apertura manuale di ogni interruttore provvisto di comando elettrico;
- apertura degli interruttori tramite relè di protezione;
- prova dell'esatto intervento del dispositivo di blocco, sul circuito di chiusura, se esiste, simulando le condizioni che possono provocarlo;
- controllo di tutti i circuiti ausiliari e loro automatismi (schemi funzionali);

A completamento della loro installazione i motori elettrici di tutte le apparecchiature, prima del loro avviamento saranno sottoposti alle seguenti prove:

- misura della resistenza di isolamento di tutti gli avvolgimenti di ogni singolo motore prima del collegamento del cavo di potenza. Tale misura sarà ripetuta con il cavo collegato;
- verifica del senso di rotazione dei motori;

Saranno effettuate misure della resistenza di terra con particolare attenzione alle tensioni di passo e contatto:

- su ogni dispersore di terra;
- su un punto di ciascun impianto di terra di protezione per custodie apparecchi elettrici (compressore, carcasse, motori, trasformatori, ecc.);
- verifiche delle sezioni minime dei conduttori di terra.

Le misure devono essere eseguite prima di effettuare le connessioni alle apparecchiature o alle strutture da proteggere.

#### Impianti luce e forza motrice

Saranno effettuate le seguenti verifiche:

- verifica caduta di tensione per gli impianti in progetto realizzati dall'Installatore con controllo delle sezioni e dei cavi previsti;
- allineamento tra loro e con le strutture adiacenti, distanza minima consentita dalle sorgenti calde dei cavi e dei loro tubi di protezione;
- controllo grado di isolamento dei cavi infilati in relazione al tubo conduit;
- sfilabilità dei cavi entro i rispettivi tubi e verifica delle loro sezioni minime;
- verifica della buona esecuzione dei giunti e delle derivazioni dei conduttori elettrici ed esame delle connessioni terminali alle apparecchiature in genere;
- verifica della corrispondenza dei livelli di illuminamento richiesti tramite luxometro.

#### Materiali Elettrici

Si effettueranno le seguenti verifiche sui materiali elettrici

- qualità e quantità di tutte le apparecchiature con particolare attenzione per tutte le raccorderie e cassette che non dovranno risultare danneggiate o mancanti di coperchi, viti e bulloni di serraggio;
- verifica in genere della corrispondenza degli impianti elettrici alle norme e specifiche degli Enti Ufficiali e della Stazione Appaltante.

### **ART. 56.      PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI**

Devono essere protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse).

Per la protezione contro i contatti indiretti ogni impianto elettrico utilizzatore, deve avere un proprio impianto di terra.

A tale impianto di terra devono essere collegati tutti i sistemi di tubazioni metalliche accessibili destinati ad adduzione, distribuzione e scarico delle acque, nonché tutte le masse metalliche accessibili di notevole estensione esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore stesso.

- IMPIANTO DI MESSA A TERRA E SISTEMI DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

#### Elementi di un impianto di terra

Per ogni edificio contenente impianti elettrici deve essere opportunamente previsto, in sede di costruzione, un proprio impianto di messa a terra (impianto di terra locale) che deve soddisfare le prescrizioni delle vigenti norme CEI.

Tale impianto deve essere realizzato in modo da poter effettuare le verifiche periodiche di efficienza e comprende:

- a) il dispersore (o i dispersori) di terra, costituito da uno o più elementi metallici posti in intimo contatto con il terreno e che realizza il collegamento elettrico con la terra;
- b) il conduttore di terra, non in intimo contatto con il terreno, destinato a collegare i dispersori fra di loro e al collettore (o nodo) principale di terra. I conduttori parzialmente interrati e non isolati dal terreno debbono essere considerati, a tutti gli effetti, dispersori per la parte interrata e conduttori di terra per la parte non interrata (o comunque isolata dal terreno);

- c) il conduttore di protezione parte dal collettore di terra, arriva in ogni impianto e deve essere collegato a tutte le prese a spina (destinate ad alimentare utilizzatori per i quali è prevista la protezione contro i contatti indiretti mediante messa a terra); o direttamente alle masse di tutti gli apparecchi da proteggere, compresi gli apparecchi di illuminazione con parti metalliche comunque accessibili. È vietato l'impiego di conduttori di protezione non protetti meccanicamente con sezione inferiore a  $6 \text{ mm}^2$ . Nei sistemi TT (cioè nei sistemi in cui le masse sono collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema elettrico) il conduttore di neutro non può essere utilizzato come conduttore di protezione;
- d) il collettore (o nodo) principale di terra nel quale confluiscono i conduttori di terra, di protezione, di equipotenzialità;
- e) il conduttore equipotenziale, avente lo scopo di assicurare l'equipotenzialità fra le masse e/o le masse estranee (parti conduttrici, non facenti parte dell'impianto elettrico, suscettibili di introdurre il potenziale di terra).

In posa interrata, la corda di rame verrà posta nello scavo descritto nel capitolo riguardante gli scavi, e sarà interrata ad una profondità di circa 80 cm dal piano di calpestio e distante m 1 dal lato esterno dei muri dell'impianto.

#### Picchetti dispersori

Dispersore a croce in acciaio zincato a caldo dimensioni  $50 \times 50 \text{ mm}$  con spessore min 5 mm e lunghezza non inferiore a m 3 o dispersori di tipo tondo zincato diametro 25 mm impilabili fino al raggiungimento del valore di terra voluto. Saranno infissi nel terreno, secondo quanto previsto dalle norme CEI 11.8/62 - V2/76 - V3/84 - 81.1/90 e successive varianti.

Comunque con interdistanze, tra un picchetto e l'altro, non inferiori alla somma della loro lunghezza.

Saranno muniti sulla testa di fori o apposite staffe per l'attestazione dei cavi elettrici per il collegamento all'impianto.

#### Pozzetti

Saranno realizzati in cemento vibrato con o senza fondo secondo le esigenze e le specifiche.

Saranno posizionati lungo le condutture interrate come rompi tratta onde facilitare l'infilaggio delle linee in cavo o laddove esista la necessità di cambiamento di direzione.

La distanza massima consigliata tra pozzetto e pozzetto non supererà i 20 metri.

Saranno uniformati per le dimensioni di:

- $800 \times 800 \times 800 \text{ mm}$  per linee B.T.;
- $600 \times 600 \times 600 \text{ mm}$  per linee ausiliarie e servizi.

Saranno dotati di chiusino in cemento se localizzati in aiuole o terreni non calpestabili; in ghisa se localizzati su piazzali di sosta o zone carrabili.

#### ▪ PROTEZIONE MEDIANTE DOPPIO ISOLAMENTO

In alternativa al coordinamento fra impianto di messa a terra e dispositivi di protezione attiva, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata adottando macchine e apparecchi con isolamento doppio o rinforzato per costruzione od installazione: apparecchi di Classe II.

In uno stesso impianto la protezione con apparecchi di Classe II può coesistere con la protezione mediante messa a terra; tuttavia è vietato collegare intenzionalmente a terra le parti metalliche accessibili delle macchine, degli apparecchi e delle altre parti dell'impianto di Classe II.

### ART. 57. PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE ELETTRICHE

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da corto circuiti.

La protezione contro i sovraccarichi deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle norme CEI 64-8.

In particolare, i conduttori devono essere scelti in modo che la loro portata ( $I_z$ ) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego ( $I_b$ , valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente).

Gli interruttori automatici magnetotermici da installare a loro protezione devono avere una corrente nominale ( $I_n$ ) compresa fra la corrente di impiego del conduttore ( $I_b$ ) e la sua portata nominale ( $I_z$ ) e una corrente di funzionamento ( $I_f$ ) minore o uguale a 1,45 volte la portata ( $I_z$ ).

In tutti i casi devono essere soddisfatte le seguenti relazioni:  $I_b \leq I_n \leq I_z$ ;  $I_f \leq 1,45 I_z$ .

La seconda delle due disuguaglianze sopra indicate è automaticamente soddisfatta nel caso di impiego di interruttori automatici conformi alle norme CEI 23-3 e CEI 17-5.

Gli interruttori automatici magnetotermici devono interrompere le correnti di corto circuito che possono verificarsi nell'impianto in modo tale da garantire che nel conduttore protetto non si raggiungano temperature pericolose secondo la relazione:  $I^2 \times t \leq (K \times S)^2$  (CEI 64-8).

Essi devono avere un potere di interruzione almeno uguale alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione.

#### Protezione di circuiti particolari

- a) Devono essere protette singolarmente le derivazioni all'esterno;
- b) devono essere protetti singolarmente gli utilizzatori di potenza superiore a 0,5 kW, nonché quanto previsto come da schema elettrico.

### ART. 58. ILLUMINAZIONE ESTERNA

Gli apparecchi di illuminazione destinati a illuminare zone esterne ai fabbricati devono essere alimentati dal quadro servizi generali.

I componenti impiegati nella realizzazione dell'impianto, compresi gli apparecchi di illuminazione, devono essere protetti contro la pioggia e l'umidità e la polvere; salvo prescrizioni specifiche dell'Amministrazione appaltante, si dovranno raggiungere per gli apparecchi di illuminazione almeno il grado di protezione IP 67 per i gruppi ottici contenenti le lampade.

### ART. 59. TRASFORMATORI E LORO PROTEZIONI

La potenza effettiva nominale dei trasformatori non dovrà essere inferiore alla potenza assorbita dalle segnalazioni alimentate e comunque non inferiore a quella indicata sugli elaborati ed eventualmente aumentata per sopraggiunte addizioni di carichi o altro motivo.

Tutti i trasformatori devono essere conformi alle norme CEI 14-6.

### ART. 60. STANDARD QUALITATIVO DEI MATERIALI

I principali materiali impiegati nell'elaborazione dei presenti documenti relativi alla esecuzione degli impianti elettrici sono stati assunti delle seguenti case costruttrici:

Strumenti di misura, riduttori e accessori per quadri di bassa tensione	ABB – IME – ASITA
Cavi Bassa Tensione, fibre ottiche	NEXANS – PRYSMIAN – GENERALCAVI
Interruttori differenziali	SCHNEIDER – ABB – GENERAL ELECTRIC – EATON
Interruttori modulari	SCHNEIDER – ABB – GENERAL ELECTRIC – EATON
Prese interbloccate	PALAZZOLI – SCAME – ILME
Interruttori comando luce	PALAZZOLI – ILME-GEWISS – BTICINO
Prese multipasso	PALAZZOLI – ILME – GEWISS – BTICINO
Carpenterie di Bassa Tensione IP44	SCHNEIDER – ABB – GENERAL ELECTRIC
Carpenterie di Bassa Tensione IP65	SCHNEIDER – ABB – GENERAL ELECTRIC
Apparecchi illuminanti	PHILIPS – DISANO – FILIPPI – PALAZZOLI

### ART. 61. QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### Generalità

Dovrà essere utilizzato materiale elettrico esente da difetti qualitativi e di lavorazione e costruito a regola d'arte:

- ovvero che sullo stesso materiale sia stato apposto un marchio che ne attesti la conformità (per esempio IMQ);
- ovvero che abbia ottenuto il rilascio di un attestato di conformità da parte di uno degli organismi competenti per ciascuno degli stati membri della Comunità Economica Europea;
- ovvero che sia munito di dichiarazione di conformità rilasciata dal costruttore.

L'attestato di conformità alla norma si riferisce a un campione, mentre il marchio riguarda anche la produzione. Si ricorre alla relazione di conformità ai principi generali di sicurezza quando non esistono norme relative.

La conformità di un componente elettrico alla relativa norma può essere dichiarata dal costruttore in catalogo. In caso contrario, è necessaria una copia della documentazione specifica.

Quanto sopra vale anche per i materiali ricevuti in conto lavorazione, per i quali l'installatore diventa, volente o nolente, responsabile.

Tutti i materiali e gli apparecchi impiegati negli impianti elettrici devono essere adatti all'ambiente in cui sono installati e devono avere caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali possono essere esposti durante l'esercizio.

Tutti i materiali e gli apparecchi devono essere rispondenti alle relative norme CEI e alle tabelle di unificazione CEI-UNEL, ove queste esistano.

Per i materiali la cui provenienza è prescritta dalle condizioni del presente Capitolato Speciale, potranno essere richiesti i campioni.

Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso utilizzando la simbologia del CEI e la lingua italiana.

*Attitudine al sezionamento secondo CEI-EN60947-2.*

## **ART. 62. VERIFICHE E PROVE IN CORSO D'OPERA DEGLI IMPIANTI**

Durante il corso dei lavori, la Stazione Appaltante si riserva di eseguire verifiche e prove preliminari sugli impianti o parti degli stessi, in modo da poter tempestivamente intervenire qualora non fossero rispettate le condizioni del presente Capitolato Speciale e del progetto approvato.

Le verifiche potranno consistere nell'accertamento della rispondenza dei materiali impiegati con quelli stabiliti, nel controllo delle installazioni secondo le disposizioni convenute (posizioni, percorsi ecc.), nonché in prove parziali di isolamento e di funzionamento e in tutto quello che può essere utile allo scopo sopra accennato.

Dei risultati delle verifiche e delle prove preliminari di cui sopra, si dovrà compilare regolare verbale.

Le prove saranno presenziate da personale della Stazione Appaltante anche presso le officine del costruttore delle varie apparecchiature.

## **ART. 63. VERIFICA PROVVISORIA, CONSEGNA E NORME PER IL COLLAUDO DEGLI IMPIANTI**

### **▪ VERIFICA PROVVISORIA E CONSEGNA DEGLI IMPIANTI**

Dopo l'ultimazione dei lavori e del rilascio del relativo certificato da parte della Stazione Appaltante, questa ha la facoltà di prendere in consegna gli impianti, anche se il collaudo definitivo degli stessi non abbia ancora avuto luogo.

In tal caso però, la presa in consegna degli impianti da parte della Stazione Appaltante dovrà essere preceduta da una verifica provvisoria degli stessi, che abbia avuto esito favorevole.

Anche qualora la Stazione Appaltante non intenda avvalersi della facoltà di prendere in consegna gli impianti ultimati prima del collaudo definitivo, può disporre affinché dopo il rilascio del certificato di ultimazione dei lavori si proceda alla verifica provvisoria degli impianti.

La verifica provvisoria accerterà che gli impianti siano in condizione di poter funzionare normalmente, che siano state rispettate le vigenti norme di legge per la prevenzione degli infortuni e in particolare dovrà:

- controllare lo stato di isolamento dei circuiti;
- controllare la continuità elettrica dei circuiti;
- controllare il grado di isolamento e le sezioni dei conduttori;
- controllare l'efficienza dei comandi e delle protezioni nelle condizioni del massimo carico previsto;
- controllare l'efficienza delle protezioni contro i contatti indiretti;
- controllare l'efficienza dei comandi e delle protezioni mediante prove in bianco;
- controllare la taratura delle protezioni delle sovracorrenti;
- eseguire prove sotto tensione;
- verificare il sistema ausiliare di Telecontrollo e verificare la programmazione del PLC;

- esaminare il certificato di verifica termica dei quadri;
- verificare la rispondenza alla documentazione di progetto e le sue eventuali modifiche.

La verifica provvisoria ha lo scopo di consentire, in caso di esito favorevole, l'inizio del funzionamento degli impianti a uso degli utenti a cui sono stati destinati.

A ultimazione della verifica provvisoria, la Stazione Appaltante prenderà in consegna gli impianti con regolare verbale.

#### ▪ COLLAUDO DEFINITIVO DEGLI IMPIANTI

Il collaudo definitivo dovrà accertare che gli impianti e i lavori, per quanto riguarda i materiali impiegati, l'esecuzione e la funzionalità, siano in tutto corrispondenti a quanto precisato nel Capitolato Speciale, tenuto conto di eventuali modifiche concordate con la D.L..

Ad impianto ultimato si dovrà provvedere alle seguenti verifiche di collaudo:

- rispondenza alle disposizioni di legge;
- rispondenza alle prescrizioni dei VV.FF.;
- rispondenza a prescrizioni particolari concordate in sede di offerta;
- rispondenza alle norme CEI relative al tipo di impianto, come di seguito descritto.

In particolare, nel collaudo definitivo dovranno effettuarsi le seguenti verifiche:

- rispondenza delle norme CEI;
- rispondenza della buona esecuzione delle connessioni;
- rispondenza della raccorderia e delle cassette;
- tenuta degli impianti stagni;
- efficienza delle tarature delle apparecchiature elettriche ed elettroniche;
- sfilabilità dei conduttori preferibilmente nei tratti non rettilinei e del rapporto fra diametro dei tubi e passerelle e del diametro del cerchio circoscritto dai fasci di cavi contenuti;
- resistenza di isolamento verso terra e fra conduttori appartenenti a polarità diverse;
- valore della resistenza dell'impianto di terra in relazione ai tipi di protezione adottati;
- continuità della rete di terra e dei collegamenti equipotenziali;
- taratura delle protezioni delle sovracorrenti;
- corretto funzionamento dei differenziali;
- cadute di tensione in particolare nei montanti;
- rispondenza alla documentazione di progetto e alle sue eventuali modifiche;
- rispondenza alle norme antinfortunistiche in particolare al D.P.R. 547/1955 e succ. modifiche ed integrazioni;
- esecuzione delle connessioni;
- verifica serraggio morsetti;
- prove sotto tensione;
- verifica dell'apposizione dei contrassegni di identificazione (targhe, marchi, riferimenti a schemi elettrici, ecc.);
- verifica del funzionamento dei dispositivi di allarme e di sicurezza (blocchi a chiave ecc.);
- verifica della corretta esecuzione dei circuiti di protezione contro le tensioni di contatto;
- verifica del sistema ausiliari di Telecontrollo.

Per quanto concerne tutti gli strumenti che si rendessero necessari per effettuare le verifiche suddette, l'impresa dovrà provvedere al loro reperimento in accordo con la D.L..

Le suddette verifiche saranno effettuate da personale dell'Impresa alla presenza e in contraddittorio con la D.L. e/o personale di assistenza.

Anche del collaudo definitivo verrà redatto regolare verbale.

#### a) Esame a vista

Deve essere eseguita un'ispezione viva per accertarsi che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle prescrizioni delle norme generali, delle norme degli impianti di terra e delle norme particolari riferite all'impianto installato.

Detto controllo deve accertare che il materiale elettrico, che costituisce l'impianto fisso, sia conforme alle relative norme, sia scelto correttamente e installato in modo conforme alle prescrizioni normative e non presenti danni visibili che possano compromettere la sicurezza.

Tra i controlli a vista devono essere effettuati i controlli relativi a:

- protezioni, misura di distanze nel caso di protezione con barriere;

- presenza di adeguati dispositivi di sezionamenti e interruzione, polarità, scelta del tipo di apparecchi e misure di protezione adeguate alle influenze esterne, identificazione dei conduttori di neutro e di protezione, fornitura di schemi cartelli ammonitori, identificazione di comandi e protezioni, collegamenti dei conduttori.

Inoltre è opportuno che questi esami inizino durante il corso dei lavori.

**b) Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e dell'apposizione dei contrassegni di identificazione**

Deve essere verificato che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa e alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo, o, in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.

Per cavi e conduttori deve essere controllato che il dimensionamento sia fatto in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-UNEL; inoltre deve essere verificato che i componenti siano dotati dei debiti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

**c) Verifica della sfilabilità dei cavi**

Deve essere estratto uno o più cavi dal tratto di tubo o condotto compreso tra due cassette o scatole successive e controllato che questa operazione non abbia provocato danneggiamenti agli stessi. La verifica deve essere eseguita su tratti di tubo o condotto per una lunghezza pari complessivamente a una percentuale tra l'1% ed il 5% della lunghezza totale.

A questa verifica, prescritta dalle norme CEI 11-11 (Impianti elettrici degli edifici civili), si aggiungono, per gli impianti elettrici negli edifici prefabbricati e costruzioni modulari, anche quelle relative al rapporto tra il diametro interno del tubo o condotto e quello del cerchio circoscritto al fascio di cavi in questi contenuto, e al dimensionamento dei tubi o condotti.

Quest'ultima deve essere effettuata a mezzo apposita sfera, come descritto nelle norme per gli impianti sopraddetti.

**d) Misura della resistenza di isolamento**

Deve essere eseguito con l'impiego di un ohmetro in grado di fornire una tensione continua di prova di circa 125 V nel caso di misura su parti di impianto di categoria O, oppure su parti di impianto alimentate a bassissima tensione di sicurezza; di circa 500 V in caso di misura su parti di impianto di 1a categoria.

La misura si deve effettuare tra l'impianto (collegando insieme tutti i conduttori attivi) e il circuito di terra, e fra ogni coppia di conduttori tra loro. Durante la misura gli apparecchi utilizzatori devono essere disinseriti; la misura è relativa a ogni circuito, intendendosi per tale la parte di impianto elettrico protetto dallo stesso dispositivo di protezione.

I valori minimi ammessi per costruzioni tradizionali sono:

- 400.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50V.

I valori minimi ammessi per costruzioni prefabbricate sono:

- 250.000 ohm per sistemi a tensione nominale superiore a 50 V;
- 150.000 ohm per sistemi a tensione nominale inferiore o uguale a 50V.

**e) Misura delle cadute di tensione**

La misura delle cadute di tensione deve essere eseguita tra il punto di inizio dell'impianto e il punto scelto per la prova; si inseriscono un voltmetro nel punto iniziale e un altro nel secondo punto (i due strumenti devono avere la stessa classe di precisione).

Devono essere alimentati tutti gli apparecchi utilizzatori che possono funzionare contemporaneamente. Nel caso di apparecchiature con assorbimento di corrente istantaneo si fa riferimento al carico convenzionale scelto come base per la determinazione della sezione delle condutture.

Le letture dei due voltmetri si devono eseguire contemporaneamente e si deve procedere poi alla determinazione della caduta di tensione percentuale.

**f) Verifica delle protezioni contro i corto circuiti e i sovraccarichi**

Si deve controllare che:

- il potere di interruzione degli apparecchi di protezione contro i corto circuiti sia adeguato alle condizioni dell'impianto e della sua alimentazione;

- la taratura degli apparecchi di protezione contro i sovraccarichi sia correlata alla portata dei conduttori protetti dagli stessi.

**g) Verifica delle protezioni contro i contatti indiretti**

Devono essere eseguite le verifiche dell'impianto di terra descritte nelle norme per gli impianti di messa a terra (norme CEI 64-8).

Si ricorda che per gli impianti soggetti alla disciplina del D.P.R. 462/01 va effettuata la denuncia degli stessi alle Unità sanitarie locali (USL) a mezzo dell'apposito modulo, fornendo gli elementi richiesti e cioè i risultati delle misure della resistenza di terra.

Si devono effettuare le seguenti verifiche:

- a. esame a vista dei conduttori di terra e di protezione. Si intende che andranno controllate sezioni, materiali e modalità di posa nonché lo stato di conservazione sia dei conduttori stessi che delle giunzioni. Si deve inoltre controllare che i conduttori di protezione assicurino il collegamento tra i conduttori di terra e il morsetto di terra degli utilizzatori fissi e il contatto di terra delle prese a spina;
- b. si deve eseguire la misura del valore di resistenza di terra dell'impianto, utilizzando un dispersore ausiliario e una sonda di tensione con appositi strumenti di misura o con il metodo voltamperometrico. La sonda di tensione e il dispersore ausiliario vanno posti a una sufficiente distanza dall'impianto di terra e tra loro; si possono ritenere ubicati in modo corretto quando sono sistemati a una distanza del suo contorno pari a 5 volte la dimensione massima dell'impianto stesso; quest'ultima nel caso di semplice dispersore a picchetto può assumersi pari alla sua lunghezza. Una pari distanza va mantenuta tra la sonda di tensione e il dispersore ausiliario;
- c. deve essere controllato in base ai valori misurati il coordinamento degli stessi con l'intervento nei tempi previsti dei dispositivi di massima corrente o differenziale; per gli impianti con fornitura in media tensione, detto valore va controllato in base a quello della corrente convenzionale di terra, da richiedersi al distributore di energia elettrica;
- d. quando occorre, sono da effettuare le misure delle tensioni di contatto e di passo. Queste sono di regola eseguite da professionisti, ditte o enti specializzati. Le norme CEI 64-8 forniscono le istruzioni per le suddette misure;

#### **ART. 64. NORME GENERALI COMUNI PER LE VERIFICHE IN CORSO D'OPERA, PER LA VERIFICA PROVVISORIA E PER IL COLLAUDO DEFINITIVO DEGLI IMPIANTI**

- a) Per le prove di funzionamento e rendimento delle apparecchiature e degli impianti, prima di iniziarle, il collaudatore dovrà verificare che le caratteristiche della corrente di alimentazione, disponibile al punto di consegna (specialmente tensione, frequenza e potenza disponibile) siano conformi a quelle previste nel Capitolato Speciale e cioè quelle in base alle quali sono stati progettati ed eseguiti gli impianti.
- b) Per le verifiche in corso d'opera, per quella provvisoria a ultimazione dei lavori e per il collaudo definitivo, l'Impresa è tenuta, a richiesta della Stazione Appaltante, a mettere a disposizione le normali apparecchiature e gli strumenti adatti per le misure necessarie, senza potere per ciò accampare diritti a maggiori compensi.

#### **ART. 65. GARANZIA DEGLI IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI**

Se non diversamente disposto nel Capitolato Speciale, la garanzia è fissata entro 24 mesi dalla data di approvazione del certificato di collaudo.

Si intende, per garanzia degli impianti entro il termine precisato, l'obbligo che incombe all'Impresa di riparare tempestivamente, a sue spese, tutti i guasti e le imperfezioni che si manifestano negli impianti per effetto della non buona qualità dei materiali o per difetto di montaggio.

#### **ART. 66. SCHEMI ELETTRICI E DOCUMENTAZIONE**

Alla fine dei lavori l'Impresa fornirà la seguente documentazione:

1. le planimetrie aggiornate dei locali con la localizzazione degli organi elettromeccanici presenti e di tutti i componenti facenti parte dell'aggiornamento degli impianti elettrici;
2. gli schemi elettrici aggiornati dei quadri e dell'impianto di terra compresa dichiarazione attestante che i quadri sono stati assemblati come a norme di riferimento;



3. la fornitura degli elaborati grafici degli schemi di potenza, funzionali e costruttivi compreso la numerazione delle morsettiere;
  4. la compilazione della scheda di verifica degli impianti di messa a terra;
  5. la dichiarazione di conformità;
  6. la certificazione del collaudo di ogni singolo quadro elettrico;
  7. il certificato riportante la misura della resistenza di terra;
  8. la relazione tecnica attestante la piena funzionalità dei relè differenziali con la descrizione dei loro tempi di intervento;
  9. la relazione tecnica attestante la selettività degli interventi sia per corto circuito che per dispersioni verso terra;
  10. la relazione sulla tipologia dei materiali installati;
  11. la relazione tecnica attestante le verifiche iniziali previste dalle norme CEI 64-8;
  12. ogni altro elaborato e documento necessario alla realizzazione dell'impianto e/o richiesto dalla D.L.
- La documentazione sarà fornita su supporto informatico in file formato dwg e in quattro copie su carta.

## ART. 67. SPECIFICHE TECNICHE SOFTWARE PLC E HMI

### ▪ REALIZZAZIONE HMI

La presente specifica fa riferimento alla modalità di realizzazione dell'interfaccia HMI e deve essere sempre rispettata salvo diversa indicazione. La specifica che si riferisce soltanto all'interfaccia HMI è legata allo sviluppo del programma su i PLC, quindi alcune parti faranno riferimento a parametri o impostazioni della specifica "REALIZZAZIONE SOFTWARE PLC".

#### a) PASSORD E CONTROLLO ACCESSI

Si dovranno realizzare almeno 2 livelli di accesso: UTENTE BASE e UTENTE AMMINISTRATORE.

- UTENTE NORMALE: questo livello di operatore sarà sempre loggato nel sistema, può controllare e comandare tutte le apparecchiature, effettuare reset, impostare tutti i parametri di funzionamento (salvo diversa indicazione specifica per l'impianto). Inoltre, può:
  - regolare l'ora del sistema (PLC);
  - effettuare il comando di pulizia schermo;
  - salvare e lanciare l'archiviazione su Memory card;
  - attivare il menu AMMINISTRATIVO solo nelle parti concesse.
- UTENTE AMMINISTRATORE: questo livello di operatore dovrà effettuare l'accesso con password, avrà i privilegi di un utente normale e in più potrà configurare/avere accesso a tutte quelle funzioni catalogate come sezioni AMMINISTRATIVO, dove impostare i parametri di configurazione del sistema:
  - tutti i parametri INGRESSI E USCITE ANALOGICHE (minimo, massimo, correzione, emergenza, allarme, etc.);
  - tutti i parametri relativi agli utenti del sistema (configurare nuovi utenti, cambiare password, accedere al S.O. del HMI).

#### b) DATA E ORA

Il sistema HMI avrà la data e ora sincronizzata con il PLC (al PLC Master se presente più di un PLC) e comunque al PLC che viene sincronizzato dal sistema di TLC Publicacqua (se presente).

Sarà inoltre presente una pagina di impostazione data e ora per regolare data e ora del PLC tramite il pannello operatore, livello UT NORMALE.

Ogni volta che nella specifica si fa riferimento a data e ora (per archivi o altro) si intende data e ora sincronizzata fra PLC e pannello operatore.

Dovranno essere realizzati almeno 2 menu generali MENU SINOTTICO, MENU A LISTA:

- il MENU SINOTTICO riporta una pagina dell'impianto (o della macchina) con foto o piantina o P&I; in cui è possibile individuare le sezioni salienti dell'impianto; saranno presenti bottoni per l'accesso alle sotto sezioni. Sarà presente un bottone grafico per accedere al MENU A LISTA;

- il MENU A LISTA riporta la lista delle pagine delle sotto sezioni in un ordine logico (secondo il flusso) oppure in ordine alfabetico delle pagine. Sarà presente un bottone grafico per accedere al MENU SINOTTICO.

c) PAGINA DELLE SOTTO SEZIONI D'IMPIANTO

Ogni sezione d'impianto avrà una sua pagina riportante un disegno riferito al progetto (P&I) dove sono evidenziate le utenze (misure, motori, stati).

Le pagine delle sezioni dovranno essere divise in maniera logica correttamente con il funzionamento dell'impianto e saranno unite da tasti funzione che ne permettano la navigazione seguendo il flusso del processo (i.e. linea acqua, linea fango, condizionamento fango, filtrazione, accumulo, etc.). La rappresentazione delle sezioni verrà proposta e approvata da Publiacqua.

Saranno presenti almeno 2 bottoni (graficamente identificabili) che da ogni pagina di sezione daranno accesso alla pagina di CONTROLLO MANUALE UTENZE SEZIONE e IMPOSTAZIONI PARAMETRI SEZIONE.

In ogni pagina verranno presentati 2 bottoni per effettuare le manovre di RESET ALLARMI e TACITAZIONE ALLARMI. Se l'impianto è di ingenti dimensioni si potranno prevedere bottoni separati per sezione d'impianto.

- CONTROLLO MANUALE UTENZE: in queste pagine di impostazione sarà possibile cambiare modalità di funzionamento utenze MANPLC/AUTPLC. Gestire manualmente le utenze (utilizzare la modalità MANPLC (se l'apparecchiatura lo prevede) effettuando i comandi START/STOP o APRI/CHIUDI. Oppure cambiare modalità di funzionamento da logica automatica AUTPLC.
- IMPOSTAZIONI PARAMETRI DI SEZIONE: in queste pagine sarà possibile impostare quei parametri di funzionamento relativi alla sezione: set point di lavoro, tempi di pausa/lavoro e parametri di processo.
- ORE DA LAVORO UTENZE: in queste pagine di impostazione e consultazione verranno mostrate a tabella i contatori di ore di lavoro e avviamenti per ogni utenza archiviati dal PLC (il registro viene mantenuto sul PLC, il pannello prevede solo la visualizzazione e le impostazioni). Per ogni registro di ORA DI LAVORO o NUM. DI AVVIAMENTI sarà possibile cambiare i valori impostando il numero desiderato.
- SEZIONE IMPOSTAZIONI (AMMINISTRATIVO): il Menu di impostazioni si divide in più sezioni a cui si avrà accesso tramite appositi bottoni:
  - impostazioni HW PLC SOLO UTENTI LIVELLO (solo "UTENTE AMMINISTRATORE")
    - parametri canali analogici ingresso (vedi gestione variabile analogica)
    - parametri canali analogici uscita (vedi gestione variabile analogica)
  - impostazioni EVENTI DI SISTEMA (solo "UTENTE AMMINISTRATORE")
    - configurazione tempi e modalità eventi di sistema (archiviazione, scarico dati, etc)
  - impostazioni PANNELLO OPERATORE AMMINISTRATORE (SOLO "UTENTE AMMINISTRATORE")
    - task manager
    - explorer
    - arresta run-time
    - avvia run-time
    - arresta archiviazione
    - avvia archiviazione
    - cambia impostazioni utente (nuovo, password, livello)
  - impostazioni PANNELLO OPERATORE
    - pulizia schermo
    - avvia archiviazione su file csv
    - verifica eventi di sistema (archiviazione, scarico dati, conversione etc.)
    - copia su Memory card USB
  - STATO RETE AUTOMAZIONE IMPIANTO
    - visualizza la topologia di rete e lo stato degli apparecchi connessi ad essa indicando quando uno di essi è correttamente connesso o in fault
  - STATO E IMPOSTAZIONE COLLEGAMENTO TLC PUBLIACQUA
    - visualizza lo stato della comunicazione con il TLC Publiacqua indicando anche gli eventuali registri di controllo.
    - Imposta parametri di comunicazioni (se presenti) (solo "UTENTE AMMINISTRATORE")

- resetta lo stato di TLC Publicacqua disconnesso
- PAGINA MENU VISUALIZZAZIONE ALLARMI: sarà presente accessibile con apposito tasto funzione una serie di pagine per la consultazione degli allarmi configurati. Le pagine saranno ALLARMI ATTIVI, ALLARMI STORICI:
  - la pagina ALLARMI ATTIVI riporta un archivio di tutti gli allarmi attivi in quel momento indicando oltre una descrizione chiara dell'allarme intervenuto anche data e ora dell'intervento. Una volta riconosciuti tramite l'apposito tasto riconoscimento (o tacitazione) gli allarmi appaiono sempre presente fra gli attivi ma con una grafica differente. La pagina mostrerà in ordine cronologico di intervento in alto gli aventi più vicini temporalmente;
  - la pagina ALLARMI STORICI riporta un archivio storico di tutti gli allarmi intervenuti e di tutte le azioni su essi (attivazione, riconoscimento, disattivazione). Per ogni allarme oltre che la descrizione sarà visibile, data e ora di ogni azione. La pagina mostrerà in ordine cronologico di intervento in alto gli aventi più vicini temporalmente. Vedere anche ARCHIVIO ALLARMI STORICO;
  - la pagina EVENTI STORICI riporta un archivio storico di tutti gli eventi (non allarmi) intervenuti (attivazione utenze, pulsante di reset, stato cicli di lavoro, etc.). Oltre alla descrizione per ogni evento verrà riportata data e ora dell'attivazione. Non è necessario effettuare azioni all'archiviazione di ogni evento. La pagina mostrerà in ordine cronologico di intervento in alto gli aventi più vicini temporalmente. Vedere anche ARCHIVIO EVENTI STORICO;

Inoltre, è necessario che allo scaturire di un nuovo allarme (finché non viene riconosciuto/tacitato) appaia una pagine di POP-UP oppure una segnalazione evidente dell'attivazione di un nuovo allarme su una qualsiasi pagina di sezione.

- PAGINA MENU TREND GRAFICI: riporta ad un sotto menu dove sono presenti i bottoni per l'accesso alle pagine dei trend grafici divisi per gruppo. Vengono creati ad-hoc per ogni impianto in base al processo e al funzionamento dell'impianto stesso (esempio livello pozzetto sollevamento + portata sollevamento).
- PAGINA TREND GRAFICO: riporta un archivio storico del trend di una o più variabili analogiche; tramite questa pagina ed i suoi oggetti di controllo è possibile consultare i dati sotto forma di "TREND" degli archivi analogici (numerici) storici. Vedere anche ARCHIVIO VARIABILI ANALOGICHE.

In caso di grafico a linea, ogni variabile avrà come riferimento sull'asse delle ascisse il tempo e sull'asse delle ordinate la scala in base alla sua unità di misura ingegneristica.

#### d) ARCHIVI STORICI

Ogni Pannello operatore dovrà creare su memory card SD o nella sua memoria interna (se sufficiente) una serie di archivi storici. Ogni archivio configurato ciclicamente (con cancellazione automatica degli eventi più vecchi una volta raggiunto il numero massimo di eventi configurati) dovrà contenere al massimo 20000 eventi sincronizzati riportati data e ora.

Per quanto riguarda la copia dei dati su file csv; si dovranno creare per gli archivi digitali importanti (allarmi, eventi) e per quelle variabili importanti (richiesto in fase di avviamento impianto) delle procedure a tempo che riversino settimanalmente i dati degli archivi su file csv. In questo modo i valori potranno essere spostati e utilizzati a posteriori (ed avere orizzonte di durata più lungo di 20'000 eventi) per analisi dei processi. È richiesto che l'archiviazione possa essere effettuata anche tramite apposito comando da operatore (AMMINISTRATIVO). Deve inoltre essere sviluppata una procedura che permetta di spostare/copiare i dati archiviati nelle cartelle csv su Memory card USB con comando da operatore.

- ARCHIVIO ALLARMI ED EVENTI STORICI: ogni allarme o evento storico verrà memorizzato su un archivio; a questi archivi faranno riferimento gli oggetti di visualizzazione ARCHIVI ALLARMI STORICO e ARCHIVIO EVENTI STORICO presenti nelle relative pagine di sezione.
- ARCHIVIO VARIABILI ANALOGICHE: ogni variabile analogica (salvo diversa indicazione) verrà archiviata in un archivio singolo con temporizzazione configurabile da 1 min a 1 ora a seconda della tipologia di variabile e della sua importanza; ogni archivio avrà sigla della variabile di riferimento e verrà visualizzato su una apposita pagina TREND come visualizzazione singola o composta con altre variabili correlate.

#### e) GESTIONE VARIABILE ANALOGICA

Le variabili analogiche possono essere di più tipi: variabili che fanno riferimento a misure lette dal campo come valori analogici dal PLC (INGRESSI ANALOGICI, STRUMENTI DIGITALI CONNESSI CON BUS DI CAMPO) oppure variabili analogiche come semplici valori numerici elaborati nel PLC.

- **VARIABILI ANALOGICHE:** nel caso di valori numeri del PLC il valore assunto verrà visualizzato con l'unità di misura ingegneristica a cui è riferita su ogni pagina sinottica dove necessario. Se esistono allarmi o setpoint di impostazione è buona norma visualizzare lo stato della variabile in prossimità del valore di impostazione (esempio tempi, livelli, stati, etc.). Se necessario archiviare questo valore verrà indicato in fase di messa in servizio dell'impianto. Nel caso in cui si visualizzino valori di conteggio è necessario far visualizzare anche il tempo di conteggio sulle pagine del HMI.
- **INGRESSI ANALOGICI:** nel caso si prenda in considerazione gli ingressi analogici letti dalle schede di ingresso del PLC, è necessario configurare per ogni canale tutti i parametri di impostazione che servono alla funzione sul PLC per convertire il segnale da numerico in COUNT (valore con cui la scheda converte un segnale in corrente o tensione). A prescindere dall'utilizzo o meno di un canale analogico è necessario configurare i parametri e la funzione di conversione sul PLC.

Nel caso di misure analogiche lette dal PLC come canali analogici, queste avranno a gruppi (solitamente per ogni scheda) una pagina di impostazioni parametri (PARAMETRI CANALI ANALOGICI INGRESSO sezione AMMINISTRATIVO) in cui per ogni canale di ingresso saranno disponibili questi parametri:

1. valore in count (lettura) del canale analogico su plc<sup>ix</sup>;
2. valore minimo di allarme canale analogico (lettura/scrittura) espresso in count<sup>ix</sup>;
3. valore massimo di allarme canale analogico (lettura/scrittura) espresso in count<sup>ix</sup>;
4. abilitazione/disabilitazione allarmi canale analogico<sup>ix</sup>;
5. valore minimo unità ingegneristica (lettura/scrittura)<sup>ix</sup>;
6. valore massimo unità ingegneristica (lettura/scrittura)<sup>ix</sup>;
7. valore correzione canale, o scostamento (lettura/scrittura)<sup>ix</sup>;
8. valore di emergenza in caso di errore canale analogico (lettura/scrittura)<sup>ix</sup>;
9. allarme di guasto canale analogico minimo valore non raggiunto (lettura)<sup>ix</sup>;
10. allarme di guasto canale analogico massimo valore superato (lettura)<sup>ix</sup>.

Nella visualizzazione delle misure nelle pagine sinottiche il valore assunto verrà visualizzato con l'unità di misura ingegneristica a cui è riferita la misura e verranno indicati graficamente con appositi colori e segnalazioni anche gli allarmi di guasto canale come minimo e massimo (GIALLO/ROSSO LAMPEGGIANTE). I due allarmi inoltre verranno configurati nell'archivio allarmi.

- **UNITÀ DI MISURA E FORMATI NUMERICI:** le unità di misura relative ad ogni variabile analogica devono sempre essere indicate in maniera chiara; per quanto riguarda le variabili analogiche relative a strumentazione l'unità di misura è sempre quella della strumentazione. Potrebbero fare eccezione le unità di misura dei livelli relativi a sollevamenti fognari o altro in quanto la loro indicazione potrebbe essere richiesta come assoluta (m slm, o mm slm) in questo caso si dovranno prevedere un numero corretto di cifre da visualizzare.

Per quanto riguarda il numero di CIFRE da visualizzare prima o dopo la virgola è necessario utilizzare questa regola:

- nel caso di misure relative a strumenti in campo utilizzare lo stesso numero di cifre visualizzate sul display dello strumento stesso;
- in tutti gli altri casi non utilizzare mai più di 5 cifre in totale, 6 compresa la virgola (xxxx.x, xxx,xx, x,xxxx).

Queste regole sono da ritenere valide salvo diversa indicazione puntuale.

- **STRUMENTI DIGITALI CONNESSI CON BUS DI CAMPO:** per quanto riguarda la strumentazione analogica connessa come bus di campo i parametri necessari sono inferiori; tuttavia è necessario impostare per ognuna di queste misure alcuni parametri e configurare alcuni stati. Per ogni strumento connesso tramite bus logico sono necessarie questi parametri sul PLC:
  1. valore minimo unità ingegneristica (lettura/scrittura)<sup>x</sup>;
  2. valore massimo unità ingegneristica (lettura/scrittura)<sup>x</sup>;
  3. stato di misura valida (lettura)<sup>x</sup>;
  4. stato di misura warning (lettura)<sup>x</sup>;
  5. stato di misura errore (lettura)<sup>x</sup>;
  6. allarme connessione strumento (lettura)<sup>x</sup>;

---

<sup>ix</sup> Valori riferiti a PLC per la funzione conversione canali analogici

<sup>x</sup> Valori impostati su PLC per la funzione lettura strumenti BUS

7. allarme stato di warning (lettura)<sup>x</sup>;
8. allarme stato di allarme (lettura)<sup>x</sup>;
9. abilitazione allarme stato di connessione strumento (lettura/scrittura)<sup>x</sup>;
10. abilitazione allarme stato di warning (lettura/scrittura)<sup>x</sup>;
11. abilitazione allarme stato di errore (lettura/scrittura)<sup>x</sup>.

Nella visualizzazione delle misure nelle pagine sinottiche il valore assunto verrà visualizzato con l'unità di misura ingegneristica a cui è riferita la misura e verranno indicati graficamente con appositi colori e segnalazioni anche gli allarmi di guasto canale come WARNING (ARANCIO) O ERRORE (ROSSO/GIALLO). Gli allarmi inoltre verranno configurati nell'archivio allarmi.

**f) VISUALIZZAZIONE STATO APPARECCHIATURE**

Per rendere più chiaro e comprensibile lo stato delle apparecchiature si è deciso di computare in un valore numerico gli stati di una apparecchiatura sia essa un motore o una valvola/paratoia. Il calcolo di questi valori numerici avvengono all'interno del PLC nella funzione GESTIONE STATI UTENZE o GESTIONE STATI PARATOIE; il valore numerico trasmesso all'interfaccia operatore viene associato ad una lista di stati qui a seguito riportati per tipologia di utenza, il messaggio assume anche un colore diverso per ogni stato per essere più comprensibile e immediato a colpo d'occhio.

- VISUALIZZAZIONE STATO UTENZE MOTORIZZATE

VALORE	STATO VISUALIZZATO	COLORE
0	MARCIA (LOC)	ROSSO
1	ARRESTO (LOC)	VERDE
2	ALLARME (LOC)	GIALLO/ROSSO (L*)
3	MARCIA (AUTPLC)	ROSSO
4	ARRESTO (AUTPLC)	VERDE
5	ALLARME (AUTPLC)	GIALLO/ROSSO (L*)
6	BLOCCO (AUTPLC)	BLU/GIALLO (L*)
7	BLOCCO (LOC)	BLU/GIALLO (L*)
8	SEL SU "0"	VIOLA/GIALLA (L*)
9	AVVIAM (AUTPLC)	BLU
10	AVVIAM (LOC)	BLU
11	MARCIA (AUTLOC)	ROSSO
12	ARRESTO (AUTLOC)	VERDE
13	ALLARME (AUTLOC)	GIALLO/ROSSO (L*)
14	BLOCCO (AUTLOC)	BLU/GIALLO (L*)
15	MARCIA (MANPLC)	ROSSO
16	ARRESTO(MANPLC)	VERDE
17	ALLARME(MANPLC)	GIALLO/ROSSO (L*)
18	BLOCCO(MANPLC)	BLU/GIALLO (L*)
19	AVVIAM (MANPLC)	BLU

Dove gli stati sono:

- LOC = Selettore remoto/locale su LOCALE (o non remoto)
- AUTPLC = Selettore remoto/locale su REMOTO, selettore logico su PLC su AUTOMATICO
- MANPLC = Selettore remoto/locale su REMOTO, selettore logico su PLC su MANUALE
- AUTLOC = Selettore remoto/locale su LOCALE con utenza controllata da automatismo locale esterno al PLC (quadro packadge)
- MARCIA = Utenza in marcia
- ARRESTO = Utenza ferma
- ALLARME = Utenza in allarme
- BLOCCO = Utenza bloccata da logica, si attiverà non appena le condizioni lo permetteranno (minimo livello, valvola chiusa,etc.)

- AVVIAM = Utenza in avviamento  
SEL SU "0" = Il selettore LOC/REM è in posizione di "0", utenza disattivata
- VISUALIZZAZIONE STATO PARATOIE/VALVOLE

VALORE	STATO VISUALIZZATO	COLORE
0	CHIUSA (LOC)	ROSSO
1	APERTA (LOC)	VERDE
2	CHIUSURA (LOC)	ROSSO/BLU (L*)
3	APERTURA (LOC)	VERDE/BLU (L*)
4	ALLARME (LOC)	GIALLO/ROSSO (L*)
5	ALLARME (AUTPLC)	GIALLO/ROSSO (L*)
6	APERTURA (AUTPLC)	VERDE/BLU (L*)
7	CHIUSURA (AUTPLC)	ROSSO/BLU (L*)
8	APERTA (AUTPLC)	VERDE
9	CHIUSA (AUTPLC)	ROSSO
10	INTERMEDIA (LOC)	BLU
11	INTERMEDIA (AUTPLC)	BLU
12	ALLARME (MANPLC)	GIALLO/ROSSO (L*)
13	IN APERTURA (MANPLC)	VERDE/BLU (L*)
14	IN CHIUSURA (MANPLC)	ROSSO/BLU (L*)
15	APERTA (MANPLC)	VERDE
16	CHIUSA (MANPLC)	ROSSO
17	INTERMEDIA (MANPLC)	BLU
18	SELETTORE A "0"	VIOLA/GIALLA (L*)

Dove gli stati sono:

- LOC = Selettore remoto/locale su LOCALE (o non remoto)  
AUTPLC = Selettore remoto/locale su REMOTO , selettore logico su PLC su AUTOMATICO  
MANPLC = Selettore remoto/locale su REMOTO , selettore logico su PLC su MANUALE  
AUTLOC = Selettore remoto/locale su LOCALE con utenza controllata da automatismo locale esterno al PLC  
APERTA = Utenza in posizione di Aperta. CHIUSA = Utenza in posizione di Chiusa  
IN APERTURA = Utenza in movimento verso la posizione di aperta  
IN CHIUSURA = Utenza in movimento verso la posizione di chiusa  
ALLARME = Utenza in allarme  
INTERMEDIA = Posizione intermedia fra i due finecorsa  
SEL SU "0" = Il selettore LOC/REM è in posizione di "0", utenza disattivata

- APPARECCHIATURE CON INVERTER O CONTROLLATE ANALOGICAMENTE: è buona regola visualizzare lo stato del comando analogico delle apparecchiature controllate analogicamente (sia da Bus che da uscita fisica). L'indicazione della misura di comando dovrà essere relativa all'unità % salvo diversa indicazione.

g) CONTROLLO APPARECCHIATURE DA HMI

Ogni apparecchiatura dovrà essere controllabile e comandabile da HMI; salvo diversa indicazione. Nella pagina dedicata della sezione è necessario predisporre per ogni apparecchiatura un selettore logico MANPLC/AUTPLC dove nella posizione MANPLC si avrà la possibilità di controllare uno o più bottoni di comando (a seconda se l'apparecchiatura è START/STOP; oppure APRI/CHIUDI). Questa serie di comandi andranno ad agire sulle opportune variabili configurate su PLC.

Nel caso di apparecchiature con inverter o regolate analogicamente è necessario dare la possibilità da HMI di poter controllare l'apparecchiatura con comando manuale in caso di modalità di lavoro MANPLC. Sarà quindi predisposto un apposito campo dove inserire il comando di velocità da inviare all'apparecchiatura.

▪ **REALIZZAZIONE SOFTWARE PLC**

Il software del PLC verrà realizzato utilizzando in prevalenza funzioni e strutture già in uso a Publiacqua e consegnate. Nel caso in cui siano necessarie nuove funzioni esse verranno sviluppate e diventeranno di uso di Publiacqua che le potrà utilizzare a sua discrezione in qualsiasi applicazione.

Lo sviluppo del software dovrà avvenire utilizzando linguaggio standard KOP o Ladder (schema a contatti standard IEC61131-3) comune a tutti i PLC in commercio; può in taluni casi essere utilizzato anche linguaggio strutturato (ST) purché le funzioni siano ben documentate. Non è ammesso in nessun caso che le funzioni in uso vengano protette dall'accesso in LETTURA/SCRITTURA. Tutte le variabili o TAG utilizzate nel programma dovranno essere nominate il più mnemonicamente possibile. Di seguito vengono indicate delle direttive generali e puntuali da rispettare nello sviluppo.

Publiacqua ha sviluppato una serie di funzioni da utilizzare genericamente in qualsiasi progetto; in aggiunta a queste funzioni che vengono consegnate in una libreria e che gestiscono quella parte "comune" a tutte le utenze per ogni impianto e per ogni utenza (o gruppo) si dovrà sviluppare quel codice che gestisce la logica automatica; diversa per ogni apparecchiatura e diversa per ogni impianto. La connessione fra queste funzioni e la logica di scambio avviene con parametri ben identificabili e di facile diagnosi futura.

LIBRERIA PUBLIACQUA DISPONIBILE PER LE SEGUENTI FAMIGLIE DI PLC:

- SIEMENS TIA PORTAL V13 (S71500, S71200)
- STEP7 V5.5 (S7300, S7400)
- PANASONIC FWINPRO (FP7, FPSIGMA)

a) DIRETTIVE GENERALI

- **GESTIONE INTERRUZIONE ENERGIA ELETTRICA:** gli impianti salvo casi eccezionali sono attivi H24/7su7, quindi è necessario garantire questo tipo di servizio. Ogni sezione d'impianto ed ogni sotto-sezione (sotto-quadro) dovrà fornire al sistema di controllo l'indicazione di presenza tensione (prevedere un apparato che controlli valore di tensione e direzione ciclica). È indispensabile prevedere l'installazione di un rilevatore di tensione quando è presente un UPS di alimentazione del quadro PLC. Con questa configurazione alla mancanza di tale consenso (presenza tensione) il sistema dovrà interrompere il funzionamento delle apparecchiature presenti in quella sezione. Al ripristino della tensione il sistema dovrà provvedere a far rientrare in servizio tutte quelle utenze che erano in marcia precedentemente all'evento di interruzione tensione. Il sistema dovrà, inoltre, ripristinare automaticamente senza necessità dell'ausilio di un operatore tutti quegli allarmi che erroneamente si generano nel transitorio della mancanza tensione. Si dovrà, inoltre, generare un allarme per mancanza tensione di cui tenere traccia nello storico. È fondamentale al ripristino della tensione mettere in marcia le utenze a gruppi in modo da evitare un eccessivo carico e partenze contemporanee di apparecchiature di una certa grandezza.
- **MACCHINE E APPARATI PACKAGE:** facendo riferimento a quanto scritto in precedenza, nel caso in cui si debbano fornire o gestire i dispositivi di sicurezza di apparecchiature considerate "Macchine" è necessario che il costruttore preveda che taluni dispositivi siano configurati in modo da controllare autonomamente (e discriminare da un intervento di sicurezza) la mancanza di tensione. È necessario che venga ripristinato il funzionamento della macchina dopo una interruzione di tensione senza l'ausilio del personale (salvo diversa indicazione).
- **UPS E SEGNALI AUSILIARI:** nel caso in cui venga installato un UPS (per una sezione o per il quadro principale) è necessario che tale apparato comunichi una serie di segnali fondamentali per il corretto funzionamento dell'impianto e per garantire una diagnostica di eventuali problemi. Tali segnali collegati come ingressi fisici verranno gestiti come allarmi. I segnali minimi che dovranno essere configurati sono i seguenti:
  1. UPS batteria scarica;
  2. UPS anomalia;
  3. UPS sovraccarico;
  4. UPS sovratemperatura;
  5. UPS batterie da sostituire;
  6. UPS funzionamento a batteria,
  7. UPS by-pass.
- **APPARATI E COMUNICAZIONE IN RETE LOCALE:** nel caso in cui siano installati più apparati che dialoghino in una rete locale è indispensabile effettuare una diagnosi della comunicazione, è fondamentale generare un allarme in caso di errore di comunicazione o temporanea interruzione del funzionamento, indicando in maniera precisa quali partner hanno generato l'errore di comunicazione. Verranno riportati oltre agli allarmi anche gli stati della

comunicazione stessa sull'interfaccia HMI dove con uno schema chiaro verrà riportata la topologia di rete e tutti i partner ad essa connessi.

- **UTENZE ALLARMI HMI:** ogni allarme relativo ad una o più utenze; oppure allarmi relativi a soglie di impostazione dell'impianto verrà comunicato al sistema HMI che si farà carico di un'archiviazione temporale. Gli allarmi relativi ad azionamenti o parti di sicurezza dell'impianto dovranno essere resettati anche tramite un opportuno comando di RESET (da apposito bottone fisico o pulsante logico su HMI). Ogni volta che si avrà l'attivazione di un allarme si dovranno attivare la segnalazione di NUOVO ALLARME PRESENTE (sia fisica a Lampada, sia logica segnalazione su HMI), la segnalazione verrà cancellata con il comando TACITAZIONE ALLARME (da apposito bottone fisico o pulsante logico su HMI). Si avrà l'attivazione della segnalazione ALLARME PRESENTE (sia fisica a Lampada, sia logica segnalazione su HMI), ogni volta che sia presente più di un allarme nell'impianto o nella sezione relativa.
- **STRUMENTI CON RIDONDANZA (STESSA FUNZIONE IN PARALLELO CALDO):** nel caso in cui si presenti una condizione per la quale sono installati in parallelo più strumenti di misura (pozzetto con strumento ad ultrasuoni e piezometrico) o condizioni di avviamento sostituibili (pozzetto con strumento di misura ad ultrasuoni e galleggianti elettromeccanici) è necessario che sia possibile tramite interfaccia operatore scegliere con quale strumento controllare l'avviamento delle utenze (deve essere presente un menu a tendina chiaro).

Nel caso di strumentazione analogica o con diagnostica di malfunzionamento è necessario che la scelta di delle due opzioni di controllo avvenga anche automaticamente in caso di fault del sistema in uso, attivando un segnale di allarme, lasciando però all'operatore la possibilità di cambiare la scelta.

**ESEMPIO:** in presenza di 2 strumenti analogici di misura livello in parallelo; lo strumento scelto segnala allarme sul canale; il sistema dovrà sull'evento di allarme passare in automatico il controllo sull'altro strumento attivando un apposito allarme di forzatura condizione di livello, lasciando successivamente libera la scelta all'operatore)

Ogni altra soluzione adottabile dovrà essere proposta al committente ed accettata.

- **GESTIONE AVVIAMENTO APPARECCHIATURE IN PARALLELO:** nel caso in cui si presenti una condizione per la quale sono installate apparecchiature con la stessa funzione in parallelo con avviamento possibile sia singolo che multiplo è necessario gestire l'automatismo con questa modalità esecutiva:
  - deve essere garantita una corretta rotazione negli avviamenti delle apparecchiature;
  - deve essere garantita una corretta rotazione per numero di ore di lavoro per ogni apparecchiatura;
  - deve essere garantito un tempo massimo di inattività per ogni apparecchiatura configurando dei parametri tramite l'interfaccia operatore.

**ESEMPIO:** in un pozzetto di sollevamento con 3 pompe che possono avviarsi anche contemporaneamente a seconda delle condizioni di livello, è necessario che ad ogni condizione di avviamento si abbia la partenza di una pompa diversa (quella che è ferma da più tempo), che nel caso di più pompe avviate in fermata si fermi la pompa che è partita per prima e che in caso di marcia continuativa per lungo periodo (configurabile da interfaccia) si abbia lo scambio della pompa in marcia con quella che ha funzionato per minor tempo. Attenzione a non considerare per la gestione delle pompe il numero di ore di lavoro effettuate perché tale contatore potrebbe assumere valore non corretto.

Ogni altra soluzione adottabile dovrà essere proposta al committente ed accettata.

- **REGOLAZIONE DI VELOCITÀ APPARECCHIATURE IN PARALLELO:** nel caso in cui si presenti una condizione per la quale sono installate apparecchiature con la stessa funzione in parallelo con avviamento e regolazione contemporanea per il raggiungimento di un setpoint di regolazione, è necessario procedere con la regolazione di un apparato fino al massimo della sua funzione, successivamente si avrà la regolazione dell'apparato successivo e così via.

**ESEMPIO:** se esistono più pompe in parallelo che devono raggiungere una soglia di portata o livello variando la velocità di rotazione, si dovrà avviare una prima pompa fino al raggiungimento della massima velocità di regolazione consentita, successivamente si dovrà avviare la seconda pompa e così via; la regolazione deve essere fatta soltanto su un'apparecchiatura per volta.



Ogni altra soluzione adottabile dovrà essere proposta al committente ed accettata.

- CONVERSIONE IN UNITÀ INGEGNERISTICA DI INGRESSI ANALOGICI: tutti gli ingressi analogici anche quelli non usati devono essere convertiti in unità ingegneristiche. Per la conversione è necessario utilizzare una serie di dati caratteristici impostabili da pannello operatore elencati a seguito:
  1. valore in count (lettura) del canale analogico su PLC<sup>xi</sup>;
  2. valore minimo di allarme canale analogico (lettura/scrittura) espresso in count<sup>xi</sup>;
  3. valore massimo di allarme canale analogico (lettura/scrittura) espresso in count<sup>xi</sup>;
  4. abilitazione/disabilitazione allarmi canale analogico<sup>xi</sup>;
  5. valore minimo unità ingegneristica (lettura/scrittura)<sup>xi</sup>;
  6. valore massimo unità ingegneristica (lettura/scrittura)<sup>xi</sup>;
  7. valore correzione canale, o scostamento (lettura/scrittura)<sup>xi</sup>;
  8. valore di emergenza in caso di errore canale analogico (lettura/scrittura)<sup>xi</sup>;
  9. allarme di guasto canale analogico minimo valore non raggiunto (lettura)<sup>xi</sup>;
  10. allarme di guasto canale analogico massimo valore superato (lettura)<sup>xi</sup>.

Ogni altra soluzione adottabile dovrà essere proposta al committente ed accettata.

- INVIO DATI ALLO SCADA AZIENDALE DI TELECONTROLLO: per la connessione del sito in oggetto con il sistema di Telecontrollo aziendale Publiacqua è necessario che il PLC che gestisce l'automazione locale scambi dati con il sistema di telecontrollo; questo può avvenire direttamente se il PLC possiede le caratteristiche di comunicazione sufficienti, oppure tramite una periferica installata localmente che funziona da passaggio dati verso lo scada aziendale, verranno elencate a seguito le possibili soluzioni.

Per quanto riguarda la tipologia di dati che si aspettano trasmessi o messi a disposizione, nonché la loro funzione, dovrà essere fatto riferimento ad apposite tabelle che saranno fornite da Publiacqua, che contengono un tipologico per ogni categoria di apparecchiatura attualmente in uso sul sistema di Telecontrollo di Publiacqua.

- COMUNICAZIONI CON PLC CHE PERMETTE TRASMISSIONE IN PROTOCOLLO IEC60870-104: nel caso di protocollo IEC60870-104 è necessario rispettare alcune regole per la corretta interpretazione dei dati da parte del telecontrollo.

Numerazione dei dati per tipologia con questa modalità:

1. da 1000 fino a 2999 per gli stati digitali;
2. da 3000 fino a 3999 per gli allarmi digitali;
3. da 4000 fino a 4999 per i valori analogici;
4. da 5000 fino a 5999 per i comandi digitali e i setpoint di impostazione;
5. da 6000 fino a 6999 per la riletture dei comandi e i setpoint di impostazione.

- COMANDI DIGITALI: tutti i comandi digitali devono avere una riletture mappata su un valore di riletture con indirizzo diverso da quello del comando (far corrispondere 5000→6000, 5001→6001, etc.).
- COMANDI ANALOGICI (SET POINT): tutti i setpoint analogici devono avere una riletture su un valore di riletture diverso da quello del comando (far corrispondere 5000→6000, 5001→6001, etc.).
- MISURE ANALOGICHE: la trasmissione dei valori analogici deve essere correttamente configurata per evitare un numero troppo alto di trasmissioni; quindi è buona norma (ma dipende dalla caratteristica della variabile) impostare un valore di varianza intorno al 5-7% per valori molto variabili e 1-2% per valori con persistenza a lungo periodo. È inoltre opportuno inserire un tempo minimo di variazione intorno a 1-2 minuti. È obbligatorio che le variabili analogiche trasmesse abbiano una configurazione di parametri impostati singolarmente (ogni variabile una impostazione) per quanto riguarda varianza, tempo minimo di trasmissione e tempo massimo. Nel caso in cui le impostazioni sul PLC del protocollo non permettano la configurazione dei suddetti parametri, si dovranno impostare algoritmi interni al programma per ottenere le caratteristiche richieste.
- STATI DIGITALI: tutte le tag di allarme devono essere in stato di intervenuto quando il loro valore è sullo stato alto TRUE/1B. È necessario per limitare inutili trasmissioni che si configurino gli stati digitali in

---

<sup>xi</sup> Valori riferiti a PLC per la funzione conversione canali analogici

maniera corretta, senza eccedere oltre 16 bit nel raggruppamento della configurazione. Inoltre è opportuno inserire un tempo minimo di variazione intorno a 1-2 minuti. Nel caso in cui le impostazioni sul PLC del protocollo non permettano la configurazione dei suddetti parametri, si dovranno impostare algoritmi interni al programma per ottenere le caratteristiche richieste.

È necessario creare un buffer ampio in modo che contenga almeno 24h di disconnessione in condizioni normali di variazioni. Se necessario utilizzare più buffer a seconda della tipologia di variabili (bool, real, allarmi).

- DOCUMENTAZIONE OBBLIGATORIA: nella documentazione è importante configurare correttamente il parametro COMMON ASDU e ORIGINATOR ADDRESS che identifica la periferica.

È indispensabile che ogni variabile sia descritta e sia identificato in maniera univoca anche lo stato in cui si trova nella condizione di normale.

È necessario esplicitare in maniera chiara l'unità di misura di riferimento con cui si effettua la trasmissione del dato e l'indicazione del minimo e massimo raggiungibile dal valore della variabile.

La data e l'ora del PLC deve essere sincronizzata in maniera corretta con il centro di telecontrollo che utilizza il fuso orario GTM con ora legale/solare, quindi sfasato di 1 ora rispetto all'effettivo orario Italiano.

- COMUNICAZIONE CON PLC CHE RISPONDE AD INTERROGAZIONI MODBUS/S7 PROTOCOL (O ALTRO PROTOCOLLO CON CONNESSIONE DIRETTA AL PLC): nel caso in cui il PLC debba pubblicare i dati per essere letti da una periferica o dal centro di telecontrollo è necessario rispettare alcune regole per la strutturazione dei dati qui di seguito indicate:
  - il PLC deve avere una porta di comunicazione configurata per la comunicazione come richiesto da specifica tecnica sotto la voce COMUNICAZIONE VERSO TELECONTROLLO PUBBLICACQUA;
  - tutti i dati della stessa tipologia (bool, int, real) devono essere aggregati il più consecutivi possibili in modo da essere letti come vettori e non come singole tag;
  - è indispensabile che nella documentazione consegnata ogni variabile sia descritta e sia identificata in maniera univoca anche lo stato in cui si trova nella condizione di normale;
  - tutte le tag di allarme devono essere in stato di intervenuto quando il loro valore è sullo stato alto TRUE/1B. Salvo diversa indicazione non è necessario trasformare i valori REALI (con la virgola) in formato INTERO.
  - DOCUMENTAZIONE OBBLIGATORIA: nella documentazione è importante configurare correttamente il parametro ID ADDRESS che identifica la periferica. È indispensabile che ogni variabile sia descritta e sia identificato in maniera univoca anche lo stato in cui si trova nella condizione di normale. È necessario esplicitare in maniera chiara l'unità di misura di riferimento con cui si effettua la trasmissione del dato e l'indicazione del minimo e massimo raggiungibile dal valore della variabile. La data e l'ora del PLC deve essere sincronizzata in maniera corretta con il centro di telecontrollo che utilizza il fuso orario GTM con ora legale/solare e dopo sfasata di 1 ora rispetto all'effettivo orario Italiano.

b) DIRETTIVE PUNTUALI AUTOMATISMO BASE APPARECCHIATURE MOTORIZZATE E VALVOLE-PARATOIE

- APPARECCHIATURE MOTORIZZATE: per ogni apparecchiatura motorizzata si potranno utilizzare le seguenti funzioni base:
  - GESTIONE\_UTENZE: questa funzione gestisce la struttura base di un'utenza (selettore remoto-locale, sezionatore, allarme, bit da logica automatica, comando uscita) fino ad arrivare ad avere in uscita il comando vero e proprio da impartire alla scheda di uscita fisica;
  - GESTIONE ALLARMI UTENZE: questa funzione gestisce tutti gli allarmi base di un'apparecchiatura comunemente presenti in qualsiasi impianto (protezione termica, pulsante emergenza, mancato avviamento, mancato arresto). Questa funzione genera una serie di allarmi auto-ritenuti che si ripristinano soltanto con comando di RESET. Dialoga con le altre funzioni (esempio GESTIONE\_UTENZE) con una variabile digitale SIC che indica lo stato di una apparecchiatura SIC=1B in allarme o SIC=0B nessun allarme. La funzione è predisposta per accettare dall'esterno anche una serie di allarmi non standard delle utenze;

- **GESTIONE STATI UTENZE:** questa funzione computa lo stato di un'utenza in base ad una serie di variabili in ingresso **GESTIONE ORE DI LAVORO-AVVIAMENTI**. Questa funzione gestisce il conteggio delle ore di lavoro e degli avviamenti di ogni utenza.
- **VALVOLE O PARATOIE:** per ogni apparecchiatura **VALVOLA/PARATOIA** si potranno utilizzare le seguenti funzioni base:
  - **GESTIONE\_VALVOLA-PARATOIA:** questa funzione gestisce la struttura base di una valvola/paratoia (selettore remoto-locale, sezionatore, allarme, bit da logica automatica, comandi uscita, finecorsa aperto/chiuso) fino ad arrivare ad avere in uscita i comandi veri e propri da impartire alla scheda di uscita fisica. La funzione gestisce paratoie e valvole bistabili e monostabili;
  - **GESTIONE ALLARMI\_VALVOLA-PARATOIA:** questa funzione gestisce tutti gli allarmi base di una valvola/paratoia comunemente presenti in qualsiasi impianto (mancato raggiungimento finecorsa aperto/chiuso, entrambi finecorsa, nessun finecorsa, protezione termica, etc.). Questa funzione genera una serie di allarmi auto-ritenuti e non, che si ripristinano soltanto con comando di **RESET**. Dialoga con le altre funzioni (esempio **GESTIONE\_VALVOLA\_PARATOIA**) con una variabile digitale **SIC** che indica lo stato di una apparecchiatura **SIC=1B** in allarme o **SIC=0B** nessun allarme. La funzione è predisposta per accettare dall'esterno anche una serie di allarmi non standard delle utenze;
  - **GESTIONE STATI\_VALVOLA-PARATOIA:** questa funzione computa lo stato di una paratoia/valvola in base ad una serie di variabili in ingresso **GESTIONE ORE DI LAVORO-AVVIAMENTI**. Questa funzione gestisce il conteggio delle ore di lavoro e degli avviamenti di ogni paratoia.

c) **AUTOMATISMO BASE INGRESSI ANALOGICI CONVERSIONE**

Per ogni **INGRESSO ANALOGICO** letto da una scheda è necessario applicare una funzione di conversione in Unità Ingegneristiche per avere un valore corretto. Ogni ingresso analogico a prescindere dal suo utilizzo viene convertito in unità ingegneristiche.

Per ogni ingresso analogico si potranno utilizzare le seguenti funzioni base:

- **CONVERSIONE INGRESSO ANALOGICO:** questa funzione gestisce la parte matematica della conversione analogica. Dopo essere passati in ingresso i parametri fra cui il valore in count letto dalla scheda, il valore minimo e massimo, l'unità ing. dello strumento ed altri parametri viene effettuata la conversione in unità ingegneristiche. La funzione controlla anche la condizione, se abilitata, di cavo rotto <4 mA e over range >22mA.

d) **AUTOMATISMO BASE LETTURA STRUMENTI BUS DI CAMPO (STRUMENTI HACH- LANGE PROFIBUS)**

Per ogni **STRUMENTO ANALOGICO DEL TIPO HACH-LANGE SC1000** è già stata sviluppata una funzione di lettura misura e diagnostica. Ogni strumento deve essere configurato con la trasmissione delle seguenti informazioni:

- **WORD ERRORI**            1 INTERO 16 BIT
- **STATUS MISURA**        1 INTERO 16 BIT
- **MISURA**                1 REAL 32BIT

Per ogni **STRUMENTO ANALOGICO HACH-LANGE SC1000 TRAMITE PROFIBUS** si potranno utilizzare le seguenti funzioni base: **LETTURA STRUMENTO ANALOGICO LANGE SC1000 TRAMITE PROFIBUS**.

▪ **DOCUMENTAZIONE OBBLIGATORIA PLC-HMI**

Al termine dello sviluppo dovrà essere consegnata la documentazione comprendente:

- **MANUALE OPERATORE IMPIANTO** che, con immagini dell'interfaccia operatore **HMI** e con una descrizione dettagliata ed esempi, renda comprensibile il funzionamento del sistema delle logiche e degli interblocchi che lo caratterizzano. Per ogni utenza è necessario sia presente una descrizione dettagliata.

1. **MANUALE TECNICO SOFTWARE-HMI**

- Manuale descrittivo delle funzioni tipiche utilizzate con la descrizione (anche utilizzando parti di software) delle soluzioni scelte.
- Sezione dedicata ai dati che vengono scambiati fra **PLC** (se presente questa modalità di funzionamento con sistemi distribuiti).
- Sezione dedicata alle tabelle di scambio dati con il sistema di Telecontrollo aziendale **Publicqua**.

2. **COPIA DIGITALE MANUALI IN FORMATO PDF E FORMATO WORD**

3. PROGETTO SOFTWARE NEL LINGUAGGIO DI SVILUPPO HMI E PLC su CD/DVD compatibile con i sistemi di sviluppo. Nel progetto devono essere comprese tutte le librerie e tutti gli oggetti utilizzati e la modalità di configurazione del progetto su un sistema di sviluppo.
4. DOCUMENTAZIONE PER RIPRISTINO SISTEMA DA SUPPORTO MEMORY CARD
5. LISTA DETTAGLIATA APPARECCHIATURE, dovrà essere fornita una lista dettagliata ed effettiva consistenza di tutte le apparecchiature presenti comprensive dei codici di ordinazione del produttore.

Qualsiasi documentazione o progetto software dovrà essere libero totalmente da Password e senza nessun vincolo di utilizzo.

▪ **SISTEMA DI BACKUP E ARCHIVIAZIONE SOFTWARE AUTOMAZIONE**

Tutti gli apparati dovranno essere corredati di Memory card come supporto per il backup del software e dei parametri impostati inizialmente (di default). Tutti i sistemi dovranno essere configurati in modo che con semplici operazioni (descritte in chiaro nella sezione DOCUMENTAZIONE PER RIPRISTINO SISTEMA DA SUPPORTO MEMORYCARD) sia possibile ripristinare il sistema nella sua configurazione di default partendo da apparati di nuova installazione.

a) QUADRI PACKAGE E MACCHINE PROTETTI DA DIRITTO D'AUTORE

Nel caso in cui sia abbia la fornitura di apparati package o macchine in cui il fornitore non voglia consegnare il progetto dell'apparato in chiaro (per preservare la tecnologia adottata) è obbligatorio comunque la seguente documentazione e le impostazioni come segue:

- per ogni apparato deve essere fornita una Memory card con il backup del progetto;
- ogni apparato sia impostato in caso di guasto (compreso della CPU) in modo che sostituendo la parte guasta e installando la Memory card si ripristini in automatico tutti i parametri all'ultimo valore inserito per il corretto funzionamento della macchina;
- è obbligatorio che tramite l'interfaccia HMI sia possibile impostare tutti i parametri (anche quelli fondamentali al funzionamento);
- il fornitore dovrà fornire una documentazione chiara per ogni parametro impostabile indicando un valore di default;
- la procedura di ripristino dovrà essere semplice e attuabile senza l'ausilio di ulteriori apparati o software, **verrà effettuata una prova di ripristino utilizzando apparati acquistati in commercio.**