



COMMESSA / DATA	TITOLO PROGETTO
01114 05/2018	INTERVENTI DI MOBILITA' URBANA SOSTENIBILE: INCREMENTO MOBILITA' DOLCE-PISTE CICLOPEDONALI-PISTE CICLABILI IN AMBITO URBANO. RIMODULAZIONE PROGETTO DI CONNESSIONE RETE CICLABILE ESISTENTE NEL TRATTO VAIANO- PRATO ED ESTENSIONE ALL'ABITATO DI "CAMINO" E DI "LA BRIGLIA"CON REALIZZAZIONE DI N°1 ATTRAVERSAMENTO SUL FIUME BISENZIO.

COMMITTENTE
 <p><b>COMUNE DI VAIANO</b>  <b>Lavori Pubblici e Patrimonio</b>  Via Mazzini 21 - 59021 Vaiano (PO)  C.F. 01185740485  R.U.P. Geom. Mario Galli</p>

PROGETTISTA
<p><b>OPEN INGEGNERIA s.r.l.</b>  <b>Dott.Ing. Francesca Santi</b>  Via F.lli Giachetti 28/3 - 59100 Prato (PO) tel.0574-606858  CF: SNTFNC76R68G999X</p>

OGGETTO	SCALA
<b>PROGETTO ESECUTIVO CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO</b>	/

CODICE TAVOLA
ESE.DOC. <b>011</b>

CONSEGNE	
1 - <b>ESE</b> 14/05/2018	5 -
2 -	6 -
3 -	7 -
4 -	8 -

REVISIONI	
A - <b>CPA</b> 10/04/2018	E -
B - <b>CPA</b> 04/05/2018	F -
C - <b>FSA</b> 25/10/2018	G -
D -	H -



## INDICE – PARTE PRIMA

<b>CAPO 1 – NATURA E OGGETTO DELL'APPALTO .....</b>	<b>4</b>
<b>ART. 1 OGGETTO DELL'APPALTO .....</b>	<b>4</b>
<b>ART. 2 AMMONTARE DELL'APPALTO.....</b>	<b>4</b>
<b>ART. 3 MODALITÀ DI STIPULAZIONE DEL CONTRATTO.....</b>	<b>8</b>
<b>ART. 4 GRUPPI DI LAVORAZIONI OMOGENEE, CATEGORIE CONTABILI.....</b>	<b>8</b>
<b>ART. 5 CRITERIO DI AGGIUDICAZIONE.....</b>	<b>10</b>
<b>ART. 6 LAVORI DA CONTABILIZZARE A CORPO .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPO 2 – DISCIPLINA CONTRATTUALE .....</b>	<b>10</b>
<b>ART. 7 OSSERVANZA DEL CAPITOLATO GENERALE E DI ALTRE NORME.....</b>	<b>10</b>
<b>ART. 8 INTERPRETAZIONE DEL CONTRATTO E DEL CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO.....</b>	<b>11</b>
<b>ART. 9 CONOSCENZA DELLE CONDIZIONI DI APPALTO E DELLE CONDIZIONI LOCALI.....</b>	<b>12</b>
<b>ART. 10 DOCUMENTI CHE FANNO PARTE DEL CONTRATTO.....</b>	<b>13</b>
<b>ART. 11 INTERPRETAZIONE DEL CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO E DISCIPLINA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>13</b>
<b>ART. 12 DISPOSIZIONI PARTICOLARI RIGUARDANTI L'APPALTO.....</b>	<b>14</b>
<b>ART. 13 FALLIMENTO DELL'APPALTATORE.....</b>	<b>14</b>
<b>ART. 14 RAPPRESENTANTE DELL'APPALTATORE E DOMICILIO.....</b>	<b>14</b>
<b>ART. 15 NORME GENERALI SUI MATERIALI, I COMPONENTI, I SISTEMI E L'ESECUZIONE.....</b>	<b>15</b>
<b>ART. 16 CONVENZIONI EUROPEE IN MATERIA DI VALUTA E TERMINI .....</b>	<b>15</b>
<b>ART. 17 STRUTTURE ED IMPIANTI.....</b>	<b>16</b>
<b>ART. 18 CAMPIONATURE – PROVE TECNICHE.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPO 3 - TERMINI PER L'ESECUZIONE .....</b>	<b>17</b>
<b>ART. 19 CONSEGNA E INIZIO DEI LAVORI.....</b>	<b>17</b>
<b>ART. 20 TERMINI PER L'ULTIMAZIONE DEI LAVORI .....</b>	<b>18</b>
<b>ART. 21 SOSPENSIONI E PROROGHE.....</b>	<b>19</b>
<b>ART. 22 SOSPENSIONI ORDINATE DAL DIRETTORE DEI LAVORI.....</b>	<b>19</b>
<b>ART. 23 SOSPENSIONI ORDINATE DAL R.U.P.....</b>	<b>20</b>
<b>ART. 24 PENALI IN CASO DI RITARDO.....</b>	<b>21</b>
<b>ART. 25 PROGRAMMA ESECUTIVO DEI LAVORI DELL'APPALTATORE E CRONOPROGRAMMA .....</b>	<b>22</b>
<b>ART. 26 INDEROGABILITÀ DEI TERMINI DI ESECUZIONE.....</b>	<b>23</b>
<b>ART. 27 RISOLUZIONE DEL CONTRATTO PER MANCATO RISPETTO DEI TERMINI DI ESECUZIONE.....</b>	<b>23</b>
<b>CAPO 4 - DISCIPLINA ECONOMICA.....</b>	<b>24</b>
<b>ART. 28 ANTICIPAZIONE 1 .....</b>	<b>24</b>
<b>ART. 29 SUB-APPALTO E COTTIMO – RESPONSABILITÀ DEL SUBAPPALTO – PAGAMENTI AI SUBAPPALTATORI... ..</b>	<b>24</b>
<b>ART. 30 MODIFICA DI CONTRATTI DURANTE IL PERIODO D'EFFICACIA .....</b>	<b>27</b>
<b>ART. 31 PAGAMENTO DEI LAVORI – RITARDI NEI PAGAMENTI.....</b>	<b>30</b>
<b>ART. 32 PREZZI UNITARI PER LA CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI A MISURA .....</b>	<b>31</b>
<b>ART. 33 LAVORI IN ECONOMIA.....</b>	<b>31</b>
<b>ART. 34 CAUZIONE PROVVISORIA E DEFINITIVA - ASSICURAZIONI .....</b>	<b>31</b>
<b>ART. 35 NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI .....</b>	<b>33</b>



---

<b>ART. 36 ONERI E RESPONSABILITÀ A CARICO DELL'IMPRESA.....</b>	<b>33</b>
<b>ART. 37 DANNI DIPENDENTI DA FORZA MAGGIORE.....</b>	<b>39</b>
<b>ART. 38 OCCUPAZIONE DI TERRENI.....</b>	<b>40</b>
<b>ART. 39 RESPONSABILITÀ DELL'IMPRESA.....</b>	<b>40</b>
<b>ART. 40 OSSERVANZA DELLE NORME SULLA SICUREZZA.....</b>	<b>41</b>
<b>ART. 41 OSSERVANZA DELLE CONDIZIONI NORMATIVE-RETRIBUTIVE RISULTANTI DAI CONTRATTI COLLETTIVI DI LAVORO – TUTELA DEI LAVORATORI .....</b>	<b>43</b>
<b>ART. 42 CONTO FINALE, COLLAUDO DEFINITIVO E PROVVISORIO DEI LAVORI, PAGAMENTO SALDO.....</b>	<b>44</b>
<b>ART. 43 DIREZIONE TECNICA DEL CANTIERE, UFFICIO DL PER REALIZZAZIONE DELLE OPERE.....</b>	<b>45</b>
<b>ART. 44 DISCIPLINA NEL CANTIERE.....</b>	<b>45</b>
<b>ART. 45 ORARIO DI LAVORO E LAVORO STRAORDINARIO .....</b>	<b>46</b>
<b>ART. 46 ORDINI DELLA DL PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>46</b>
<b>ART. 47 INADEMPIENZE DELL'APPALTATORE, RECESSO E RISOLUZIONE .....</b>	<b>46</b>
<b>ART. 48 DEFINIZIONE DEL CONTENZIOSO – ACCORDO BONARIO .....</b>	<b>49</b>
<b>ART. 49 SPESE CONTRATTUALI - ONERI FISCALI.....</b>	<b>50</b>



## CAPO I – NATURA E OGGETTO DELL'APPALTO

### ART. 1 OGGETTO DELL'APPALTO

Il presente Capitolato Speciale stabilisce le norme particolari che regolano l'esecuzione dei "lavori in appalto" per lavori consistenti in:

*"INTERVENTI DI MOBILITA' URBANA SOSTENIBILE: INCREMENTO MOBILITA' DOLCE-PISTE CICLOPEDONALI-PISTE CICLABILI IN AMBITO URBANO. RIMODULAZIONE PROGETTO DI CONNESSIONE RETE CICLABILE ESISTENTE NEL TRATTO PRATO-VAIANO ED ESTENSIONE ALL'ABITATO DI "CAMINO" E DI "LA BRIGLIA" CON REALIZZAZIONE DI NR. 1 ATTRAVERSAMENTO SUL FIUME BISENZIO.*

Gli interventi che costituiscono il progetto possono essere sintetizzati negli ambiti seguenti :

TRATTO 1: passerella di attraversamento del Fiume Bisenzio fino all'innesto dalla S30 di Camino – realizzazione passerella a struttura metallica di collegamento tra il tracciato esistente della pista ciclopedonale in riva sinistra del Fiume Bisenzio e la riva destra all'altezza dell'abitato di Camino

TRATTO 2: località Camino - trasformazione della strada che attraversa l'abitato in strada di tipo "residenziale" (ZONA 30). Gli interventi previsti sono quindi legati all'individuazione della segnaletica specifica sia verticale che orizzontale, che indichi con sufficiente chiarezza l'ingresso in un'area residenziale, la riduzione della velocità e gli attraversamenti pedonali e la realizzazione di un'area di sosta attrezzata. In questo tratto si prevede inoltre la completa risistemazione del manto stradale.

TRATTO 3-4: tratto adiacente alla Strada Statale 67 – realizzazione di pista ciclabile adiacente alla sede stradale, con elementi di protezione in ghisa; la soluzione individuata in accordo con l'Amministrazione ha una larghezza variabile che non rispetta quanto prescritto dal D.M. 557/1999 ma rappresenta nell'ottica di un intervento di adeguamento di un percorso ciclabile ad oggi di fatto esistente nella stessa carreggiata stradale un miglioramento della situazione attuale del traffico dei ciclisti e dei rischi connessi.

TRATTO 5-6-7: tratto adiacente a strada di accesso a La Briglia- realizzazione di pista in sede autonoma sulla sede stradale di accesso da sud all'abitato de La Briglia, con innesto nel giardino alberato di proprietà della Curia posto a valle di via Steriola.

TRATTO 8-9: tratto adiacente a via Steriola e Piazza della Repubblica - trasformazione del parcheggio e marciapiede esistenti con il tracciato della pista che viene realizzato alle spalle del parcheggio posto in linea lungo strada e pavimentato con sacatrasparent e trasformazione dello snodo viario di Piazza della Repubblica, nel centro de La Briglia. Inserimento di attraversamenti ciclabili, nonché di interventi per la riduzione della velocità al fine di indicare con sufficiente chiarezza l'ingresso nell'area sottoposta a limitazione, individuata come S30..

L'esecuzione dei lavori avverrà secondo le condizioni stabilite nel presente documento e le particolarità tecniche del progetto del quale l'Appaltatore riconosce di avere piena ed esatta conoscenza.

### ART. 2 AMMONTARE DELL'APPALTO

L'importo complessivo dei lavori in appalto ammonta ad **852.849,01 €** (compresi ONERI DELLA SICUREZZA ed IVA esclusa) così suddiviso:





		<i>Importi A CORPO</i>
a	Importo esecuzione lavori a corpo soggetto a ribasso	<b>805.074,37 €</b>
b	Oneri per l'attuazione del piano di sicurezza non soggetti a ribasso	<b>47.774,64 €</b>
<b>TOT</b>	<b>IMPORTO TOTALE DELL'APPALTO</b>	<b>852.849,01 €</b>

L'importo contrattuale corrisponde all'importo dei lavori di cui al comma 1, lettera a), al quale deve essere applicato il ribasso percentuale sul medesimo importo offerto dall'aggiudicatario in sede di gara, aumentato dell'importo di cui al comma 1, lettera b), relativo agli oneri per la sicurezza e la salute nel cantiere.

L'importo di cui al comma 1, lettera b), relativo agli oneri per la sicurezza e la salute nel cantiere, non è soggetto ad alcun ribasso di gara, ai sensi del punto 4.1.4 dell'allegato XV al Decreto n. 81 del 2008.

Ai fini del rispetto delle vigenti disposizioni in materia di qualificazione dei soggetti esecutori dei lavori pubblici, da art. 60 ad art. 96 del DPR 207/2010 e del D.M. 248/2016, si riportano di seguito le categorie a cui sono riconducibili i lavori di progetto.

#### **OS 18-A: COMPONENTI STRUTTURALI IN ACCIAIO – CATEGORIA PREVALENTE**

Riguarda la produzione in stabilimento ed il montaggio in opera di strutture in acciaio

**Per un importo pari a**

**€ 435,355.45**

#### **OG 3: STRADE, AUTOSTRADE, PONTI, VIADOTTI, FERROVIE, LINEE TRANVIARIE, METROPOLITANE, FUNICOLARI, E PISTE AEROPORTUALI, E RELATIVE OPERE COMPLEMENTARI**

Riguarda la costruzione, la manutenzione o la ristrutturazione di interventi a rete che siano necessari per consentire la mobilità su "gomma", "ferro" e "aerea", qualsiasi sia il loro grado di importanza, completi di ogni opera connessa, complementare o accessoria anche di tipo puntuale, del relativo armamento ferroviario, nonché di tutti gli impianti

automatici, elettromeccanici, elettrici, telefonici, elettronici e per la trazione elettrica necessari a fornire un buon servizio all'utente in termini di uso, informazione, sicurezza e assistenza. Comprende in via esemplificativa le strade, qualsiasi sia il loro grado di importanza, le autostrade, le superstrade, inclusi gli interventi puntuali quali le pavimentazioni speciali, le gallerie artificiali, gli svincoli a raso o in sopraelevata, i parcheggi a raso, le opere di sostegno dei pendii, i rilevati, le ferrovie di interesse nazionale e locale, le metropolitane, le funicolari e le linee tranviarie di qualsiasi caratteristica tecnica, le piste di decollo di aereomobili ed i piazzali di servizio di eliporti, le stazioni, le pavimentazioni realizzate con materiali particolari, naturali ed artificiali, nonché i ponti, anche di complesse caratteristiche tecniche, in ferro, cemento armato semplice o precompresso, prefabbricati o gettati in opera.

**Per un importo pari a**

**€ 270,426.10**

#### **OS 21: OPERE STRUTTURALI SPECIALI**

Riguarda la costruzione di opere destinate a trasferire i carichi di manufatti poggianti su terreni non idonei a reggere i carichi stessi, di opere destinate a conferire ai terreni caratteristiche di resistenza e di indeformabilità tali da rendere stabili l'imposta dei manufatti e da prevenire dissesti geologici, di



opere per rendere antisismiche le strutture esistenti e funzionanti. Comprende in via esemplificativa, l'esecuzione di pali di qualsiasi tipo, di sottofondazioni, di palificate e muri di sostegno speciali, di ancoraggi, di opere per ripristinare la funzionalità statica delle strutture, di pozzi, di opere per garantire la stabilità dei pendii e di lavorazioni speciali per il prosciugamento, l'impermeabilizzazione ed il consolidamento di terreni.

**Per un importo pari a**

**€ 99.292.82**

IN SINTESI:

		LAVORI	ONERI		
TOTALE APPALTO		€ 805,074.37	€ 47,774.64	100.00%	
COMPONENTI STRUTTURALI IN ACCIAIO	OS18A	€ 435,355.45	€ 25,836.53	54.08%	
OPERE STRUTTURALI SPECIALI	OS21	€ 99,292.82	€ 5,890.61	12.33%	
STRADE,...	OG3	€ 270,426.10	€ 16,047.50	33.59%	

Le categorie **OS18-A** ed **OS 21** appartengono all'elenco delle opere per le quali sono necessari lavori o componenti di notevole contenuto tecnologico o di rilevante complessità tecnica secondo il **decreto ministeriale 248/2016 "Regolamento recante individuazione delle opere per le quali sono necessari lavori o componenti di notevole contenuto tecnologico o di rilevante complessità tecnica e dei requisiti di specializzazione richiesti per la loro esecuzione"**, norma in attuazione dell'articolo 89, comma 11, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 ( «Codice degli appalti pubblici»)

I requisiti di specializzazione che devono possedere gli operatori economici per l'esecuzione delle opere di cui sopra, fermi restando i requisiti previsti dall'articolo 83 del codice dei contratti pubblici per l'ottenimento dell'attestazione di qualificazione da parte del sistema unico di qualificazione degli operatori economici di lavori pubblici di cui all'articolo 84 del medesimo codice - sono i seguenti:

a) nelle categorie **OS 18-A**, **OS 21** avere nel proprio organico personale tecnico specializzato, appositamente formato e periodicamente aggiornato, per la corretta installazione e messa in esercizio dei prodotti e dei dispositivi da costruzione, anche complessi, impiegati nelle relative categorie di lavori, nonché, nei casi previsti dalle norme tecniche di riferimento, in possesso di attestazioni di qualificazione rilasciate da organismi riconosciuti;

b) nella categoria **OS 18-A**, disporre di un adeguato stabilimento industriale specificamente adibito alla produzione dei beni oggetto della relativa categoria;



Ai sensi dell'articolo 89, comma 11, del Codice e del D.M. 248/2016 per le categorie **OS 18-A e OS 21 non è ammesso l'avvalimento** ed ai sensi dell'articolo 105, comma 5 del Codice, l'eventuale subappalto non può superare il trenta per cento dell'importo delle opere e, non può essere, senza ragioni obiettive, suddiviso. Il limite di cui al presente comma non è computato ai fini del raggiungimento del limite di cui all'articolo 105, comma 2 del Codice.

**Le categoria OS21 ed OG3 possono essere scorporabili.**

Per la categoria **OS21 ai sensi dell'art.90 del D.P.R.207/2010** gli operatori economici possono partecipare qualora in possesso dei seguenti requisiti di ordine tecnico-organizzativo

- a) importo dei lavori analoghi eseguiti direttamente nel quinquennio antecedente la data di pubblicazione del bando non inferiore all'importo del contratto da stipulare;
- b) costo complessivo sostenuto per il personale dipendente non inferiore al quindici per cento dell'importo dei lavori eseguiti nel quinquennio antecedente la data di pubblicazione del bando; nel caso in cui il rapporto tra il suddetto costo e l'importo dei lavori sia inferiore a quanto richiesto, l'importo dei lavori è figurativamente e proporzionalmente ridotto in modo da ristabilire la percentuale richiesta; l'importo dei lavori così figurativamente ridotto vale per la dimostrazione del possesso del requisito di cui alla lettera a);
- c) adeguata attrezzatura tecnica.

Nel caso di imprese già in possesso dell'attestazione SOA relativa ai lavori da eseguire, non è richiesta ulteriore dimostrazione circa il possesso dei requisiti.

I requisiti, previsti dal bando di gara, dall'avviso di gara o dalla lettera di invito, sono determinati e documentati secondo quanto previsto dal presente titolo, e dichiarati in sede di domanda di partecipazione o di offerta con le modalità di cui al d.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445; la loro sussistenza è accertata dalla stazione appaltante secondo le disposizioni vigenti in materia.

Per l'installazione, la trasformazione, l'ampliamento e la manutenzione degli impianti di cui al D.M. 22 gennaio 2008 n.37 e ss.mm. l'Appaltatore, l'impresa associata o il subappaltatore devono possedere la prescritta abilitazione.

In ogni caso le imprese installatrici sono tenute ad eseguire gli impianti a regola d'arte utilizzando allo scopo materiali parimenti costruiti a regola d'arte.

I materiale ed i componenti realizzati secondo le norme tecniche di sicurezza dell'ente italiano di unificazione (UNI) e del comitato elettrotecnico italiano (CEI), nonché nel rispetto di quanto prescritto dalla legislazione tecnica vigente in materia, si considerano costruiti a regola d'arte.

Esse sono tenute alla presentazione della dichiarazione di conformità o di collaudo degli impianti così come prescritto dal D.M. 22 gennaio 2008 n.37 ss.mm.

Per tutto quanto non espressamente disciplinato dal presente Capitolato, si fa rinvio alla normativa sopra citata.



Ai sensi dell'art. 34 del Codice, si sottolinea che il presente appalto applica i criteri di sostenibilità energetica ed ambientale di cui al D.M. 23/12/13 in relazione ai seguenti elementi:

1- impianto illuminazione

- acquisto di moduli LED per illuminazione pubblica;
- progettazione esecutiva dell'impianto di illuminazione pubblica.

1- passerella attraversamento

- scelta acciaio come prodotto da materia prima riciclata e che garantisce la disassemblabilità a fine vita

I criteri minimi ambientali sono integralmente applicati per gli elementi sopra indicati e le specifiche tecniche sono definite nel dettaglio nel progetto esecutivo posto a base di gara.

### **ART. 3 MODALITÀ DI STIPULAZIONE DEL CONTRATTO**

Il contratto è stipulato **“a corpo”** ai sensi dell'articolo 59, comma 5-bis del Codice dei contratti D.lgs. 50-2016.

L'importo della contratto, come determinato in sede di gara, resta fisso e invariabile, senza che possa essere invocata da alcuna delle parti contraenti alcuna successiva verifica sulla misura o sul valore attribuito alla quantità.

**I prezzi unitari offerti dall'aggiudicatario in sede di gara non hanno alcuna efficacia negoziale e l'importo complessivo dell'offerta, anche se determinato attraverso l'applicazione dei predetti prezzi unitari alle quantità, resta fisso e invariabile,** ai sensi dei commi 1 e 2; allo stesso modo non hanno alcuna efficacia negoziale le quantità indicate dalla Stazione appaltante negli atti progettuali e nella «lista», ancorché rettificata o integrata dal concorrente, essendo obbligo esclusivo di quest'ultimo il controllo e la verifica preventiva della completezza e della congruità delle voci e delle quantità indicate dalla stessa Stazione appaltante, e la formulazione dell'offerta sulla sola base delle proprie valutazioni qualitative e quantitative, assumendone i rischi.

I prezzi unitari di cui al comma 3, ancorché senza valore negoziale ai fini dell'appalto e della determinazione dell'importo complessivo dei lavori, sono vincolanti per la definizione, valutazione e contabilizzazione di eventuali varianti, addizioni o detrazioni in corso d'opera, qualora ammissibili ai sensi dell'articolo 149 del Codice dei contratti, e che siano estranee ai lavori già previsti.

La presentazione dell'offerta implica l'accettazione da parte dell'Impresa di ogni condizione specifica riportata negli atti di appalto

I prezzi contrattuali sono vincolanti anche per la definizione, valutazione e contabilizzazione di eventuali varianti, addizioni o detrazioni in corso d'opera, qualora ammissibili ed ordinate o autorizzate ai sensi dell'articolo 106 del d.lgs. 50/2016.

### **ART. 4 GRUPPI DI LAVORAZIONI OMOGENEE, CATEGORIE CONTABILI**

I gruppi di lavorazioni omogenee di cui all'articolo 43, commi 6, 7 e 8 del Regolamento di Esecuzione ed Attuazione sono di seguito indicati:



C	LAVORI A CORPO euro	805'074,37	100,000
C:001	TRATTO_1 Passerella euro	556'841,78	69,167
C:001.001	Opere Edili _ CIVILI euro	7'073,07	0,879
C:001.002	Opere Edili _ STRUTTURALI euro	477'378,40	59,296
C:001.002.001	SCAVI E RINTERRI euro	9'364,62	1,163
C:001.002.002	OPERE DI FONDAZIONE euro	99'292,82	12,333
C:001.002.003	OPERE IN ELEVAZIONE euro	368'720,96	45,800
C:001.003	Opere Edili _ FINITURA euro	66'634,49	8,277
C:001.004	Opere Edili _ SOTTOSERVIZI euro	255,98	0,032
C:001.005	Opere Edili _ DEMOLIZIONI E SMONTAGGI euro	5'499,84	0,683
C:002	TRATTO_2 Ciclabile euro	11'712,66	1,455
C:002.001	Opere Edili _ CIVILI euro	6'648,03	0,826
C:002.003	Opere Edili _ FINITURA euro	4'405,15	0,547
C:002.005	Opere Edili _ DEMOLIZIONI E SMONTAGGI euro	659,48	0,082
C:003	TRATTO_3 Ciclabile euro	14'730,24	1,830
C:003.001	Opere Edili _ CIVILI euro	6'732,85	0,836
C:003.002	Opere Edili _ STRUTTURALI euro	3'571,85	0,444
C:003.003	Opere Edili _ FINITURA euro	1'348,65	0,168
C:003.004	Opere Edili _ SOTTOSERVIZI euro	408,54	0,051
C:003.005	Opere Edili _ DEMOLIZIONI E SMONTAGGI euro	2'668,35	0,331
C:004	TRATTO_4 Ciclabile euro	19'896,68	2,471
C:004.001	Opere Edili _ CIVILI euro	3'915,84	0,486
C:004.002	Opere Edili _ STRUTTURALI euro	2'347,75	0,292
C:004.003	Opere Edili _ FINITURA euro	6'773,65	0,841
C:004.004	Opere Edili _ SOTTOSERVIZI euro	2'159,22	0,268
C:004.005	Opere Edili _ DEMOLIZIONI E SMONTAGGI euro	4'700,22	0,584
C:005	TRATTO_5 Ciclabile euro	25'741,65	3,197
C:005.001	Opere Edili _ CIVILI euro	10'277,55	1,277
C:005.002	Opere Edili _ STRUTTURALI euro	2'601,71	0,323
C:005.003	Opere Edili _ FINITURA euro	5'860,53	0,728
C:005.004	Opere Edili _ SOTTOSERVIZI euro	2'328,95	0,289
C:005.005	Opere Edili _ DEMOLIZIONI E SMONTAGGI euro	4'672,91	0,580
C:006	TRATTO_6 Ciclabile euro	18'061,55	2,243
C:006.001	Opere Edili _ CIVILI euro	4'901,48	0,609
C:006.002	Opere Edili _ STRUTTURALI euro	2'073,05	0,257
C:006.003	Opere Edili _ FINITURA euro	7'677,15	0,954
C:006.004	Opere Edili _ SOTTOSERVIZI euro	456,76	0,057
C:006.005	Opere Edili _ DEMOLIZIONI E SMONTAGGI euro	2'953,11	0,367
C:007	TRATTO_7 Ciclabile euro	23'302,97	2,895
C:007.001	Opere Edili _ CIVILI euro	9'385,17	1,166
C:007.002	Opere Edili _ STRUTTURALI euro	2'833,53	0,352
C:007.003	Opere Edili _ FINITURA euro	1'901,50	0,236
C:007.004	Opere Edili _ SOTTOSERVIZI euro	3'318,80	0,412
C:007.005	Opere Edili _ DEMOLIZIONI E SMONTAGGI euro	5'863,97	0,728
C:008	TRATTO_8 Ciclabile euro	40'939,49	5,085
C:008.001	Opere Edili _ CIVILI euro	18'490,15	2,297
C:008.002	Opere Edili _ STRUTTURALI euro	5'670,33	0,704
C:008.003	Opere Edili _ FINITURA euro	7'332,53	0,911
C:008.004	Opere Edili _ SOTTOSERVIZI euro	1'853,28	0,230
C:008.005	Opere Edili _ DEMOLIZIONI E SMONTAGGI euro	7'593,20	0,943



C:009	TRATTO_9 Ciclabile euro	27'539,91	3,421
C:009.001	Opere Edili _ CIVILI euro	15'536,34	1,930
C:009.002	Opere Edili _ STRUTTURALI euro	3'049,20	0,379
C:009.003	Opere Edili _ FINITURA euro	5'725,48	0,711
C:009.005	Opere Edili _ DEMOLIZIONI E SMONTAGGI euro	3'228,89	0,401
C:010	IMPIANTO ELETTRICO euro	66'307,44	8,236
C:010.006	Opere Impiantistiche _ PUBBLICA ILLUMINAZIONE euro	66'307,44	8,236
TOTALE euro		805'074,37	100,000

## ART. 5 CRITERIO DI AGGIUDICAZIONE

La scelta del contraente Appaltatore avverrà secondo le modalità indicate nell'atto di approvazione del progetto esecutivo.

Sono ammessi a presentare offerte i soggetti di cui agli artt. 45, 47 e 48 del d.lgs. 50/2016.

## ART. 6 LAVORI DA CONTABILIZZARE A CORPO

I lavori da contabilizzare a corpo sono corrisposti in percentuale all'avanzamento della singola voce.

## CAPO 2 – DISCIPLINA CONTRATTUALE

## ART. 7 OSSERVANZA DEL CAPITOLATO GENERALE E DI ALTRE NORME

L'esecuzione dell'appalto è soggetta all'osservanza delle seguenti statuizioni:

- Legge 20 marzo 1865, n. 2248: Legge sulle Opere Pubbliche, all. F (ad eccezione degli articoli abrogati);
- D.P.R. 05 Ottobre 2010, n. 207 e s.m.i., solo per gli articoli ancora in vigore (artt. 9 e 10, artt. da 14 a 43, artt. da 60 a 96, artt. da 178 a 210, artt. da 215 a 238, artt. da 239 a 248 e 251, artt. da 254 a 256, artt. da 343 a 356) nel periodo transitorio fino all'emanazione delle linee-guida ANAC e dei decreti del MIT attuativi del D.Lgs. n. 50 del 2016;
- D.Lgs. n. 50 del 18.04.2016: "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture";
- Capitolato Generale di Appalto approvato con D.M. 19 aprile 2000, n. 145 per le parti ancora in vigore;
- D.Lgs. 81/2008 sulle prescrizioni di sicurezza nei cantieri;
- L.R.T. 38/2007 e s.m.i.;
- L.R.T. 65/2014 e s.m.i.;
- D.P.R. 380/2001 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- le disposizioni di leggi e regolamenti intorno alle opere idrauliche;
- le vigenti leggi statali e regionali in materia di cave;



- tutte le norme di qualsiasi genere applicabili all'appalto in oggetto, siano esse governative, regionali, provinciali, comunali, ovvero emesse dalle Amministrazioni delle Ferrovie dello Stato, delle Strade Statali, delle Poste e Telegrafi che hanno giurisdizione sui luoghi in cui devono eseguirsi le opere, restando contrattualmente convenuto che anche se tali norme o disposizioni dovessero arrecare oneri e limitazioni nello sviluppo dei lavori, senza accampare alcun diritto o ragione contro l'Amministrazione Appaltante, essendosi di ciò tenuto conto nello stabilire i patti ed il prezzo a corpo del presente Capitolato.

Per quanto riguarda l'impiego di materiali da costruzione per i quali non si abbiano norme ufficiali, l'Impresa - su richiesta dell'Ufficio di Direzione Lavori - è tenuta all'osservanza delle più recenti norme che pur non avendo carattere ufficiale, fossero raccomandate dai competenti organi tecnici.

L'osservanza di tutte le norme sopra indicate in maniera sia esplicita che generica si intende estesa a tutte quelle già emanate e non richiamate o che potranno essere emanate durante l'esecuzione dei lavori e riguardino l'accettazione e l'impiego di materiali da costruzione e quanto altro attiene ai lavori.

L'Appaltatore si intende comunque obbligato all'osservanza:

- di tutte le norme di qualsiasi genere applicabili all'appalto in oggetto, emanate ai sensi di legge dalle competenti Autorità governative, provinciali, comunali;
- di tutte le norme C.N.R., di tutte le norme UNI, di tutte le norme CEI in quanto applicabili ed attinenti al presente appalto;
- di tutte le leggi, regolamenti e norme vigenti in materia di prevenzione degli infortuni e di sicurezza dell'ambiente di lavoro.

#### **ART. 8 INTERPRETAZIONE DEL CONTRATTO E DEL CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO**

In caso di discordanza tra norme e prescrizioni sopra indicate, quelle contenute nel contratto e quelle contenute negli altri documenti ed elaborati progettuali dallo stesso richiamati, va osservato il seguente ordine di prevalenza:

- a. Norme legislative e regolamentari cogenti di carattere generale;
- b. Contratto di appalto;
- c. Capitolato speciale di appalto;
- d. Elaborati del progetto a base di appalto, secondo l'ordine di prevalenza del rapporto (particolari costruttivi, elaborati esecutivi 1:50, elaborati 1:100, elaborati in scala minore), ferma restando comunque la prevalenza del rispetto delle norme vigenti;
- e. Descrizione contenuta nei prezzi contrattuali, ove non diversamente riportata nei punti precedenti;

Qualora vi fossero discordanze di qualsiasi natura e genere negli elaborati del progetto esecutivo (grafici, descritti, prestazionali e numerici, etc.) è da ritenersi comunque sempre valida l'indicazione e/o sostituzione più favorevole alla stazione Appaltante e meglio rispondente ai criteri di ragionevolezza e di buona tecnica esecutiva e comunque la stessa dee essere approvata ad insindacabile giudizio del Direttore Lavori. In caso di norme del capitolato speciale tra loro non compatibili o apparentemente non compatibili, trovano applicazione in primo luogo le norme eccezionali o quelle che fanno eccezione a regole generali, in secondo luogo quelle maggiormente conformi alle disposizioni legislative o regolamentari ovvero all'ordinamento giuridico, in terzo luogo quelle di maggior dettaglio e infine quelle di carattere ordinario.

L'interpretazione delle clausole contrattuali, così come delle disposizioni del capitolato speciale d'appalto, è fatta tenendo conto delle finalità del contratto e dei risultati ricercati con l'attuazione



del progetto approvato; per ogni altra evenienza trovano applicazione gli articoli da 1362 a 1369 del codice civile.

In caso di discordanza tra i vari elaborati di progetto vale la soluzione più aderente alle finalità per le quali il lavoro è stato progettato e comunque quella meglio rispondente ai criteri di ragionevolezza e di buona tecnica esecutiva. È comunque insindacabile facoltà della Direzione Lavori dare ordine di prevalenza all'elaborato più favorevole alla Stazione appaltante.

Non costituisce discordanza una semplice incompletezza grafica o descrittiva, l'eventuale mancanza di indicazioni relative a particolari costruttivi o di specifiche di prestazione relative a lavorazioni, materiali, componenti, opere murarie, strutture o impianti o loro parti, da eseguire secondo quanto comunque rilevabile da altri elaborati di progetto esecutivo, anche in scala minore, e/o dal capitolato speciale d'appalto.

Compete comunque al Direttore dei lavori, sentito il Progettista e il Responsabile del procedimento, fornire sollecitamente le eventuali precisazioni, se sufficienti, o i necessari elaborati integrativi, fermo restando il diritto dell'Appaltatore, in caso di ritardo, di formulare tempestivamente le proprie osservazioni o contestazioni secondo le procedure disciplinate dalle norme regolatrici dell'appalto, di cui al precedente art. 3, in particolare nel rispetto di quanto disposto dall'art. 31 del D.M. n. 145/2000.

Si precisa che tutte le forniture e lavorazioni di appalto dovranno essere eseguite dall'Impresa Appaltatrice secondo le descrizioni/prescrizioni/specifiche tecniche riportate nelle voci di elenco prezzi costituenti la lista delle lavorazioni e nel Capitolato speciale d'appalto e, comunque in accordo con le indicazioni e le preventive autorizzazioni alla posa in opera della Direzione dei lavori.

#### **ART. 9 CONOSCENZA DELLE CONDIZIONI DI APPALTO E DELLE CONDIZIONI LOCALI**

L'assunzione dell'appalto oggetto del presente Capitolato implica da parte dell'Impresa la conoscenza perfetta non solo di tutte le norme generali e particolari che lo regolano, ma anche di tutte le condizioni locali che si riferiscono alle opere, quali la natura del suolo e del sottosuolo, la viabilità e gli accessi, la possibilità di utilizzare materiali locali in rapporto ai requisiti richiesti, la distanza da cave di adatto materiale, la presenza o meno di acqua (sia che essa occorra per l'esecuzione dei lavori, sia che debba essere allontanata), l'esistenza di adatti scarichi a rifiuto ed in generale di tutte le circostanze generali e speciali che possono aver influito sul giudizio dell'Impresa circa la convenienza di assumere l'opera alle condizioni di offerta.

Al momento della presentazione dell'offerta l'Impresa, nell'accettare i lavori designati in Capitolato, conferma tacitamente:

- di aver preso conoscenza del progetto in tutte le sue parti, di condividerlo e di far proprie le condizioni tecnico - economiche in esso contenute;
- di aver preso conoscenza delle opere da eseguire, di aver visitato la località interessata dai lavori e di averne accertato le condizioni di viabilità e di accesso, nonché ogni interferenza che la riguardano;
- di aver valutato, nell'offerta, tutte le circostanze ed elementi che influiscono tanto sul costo dei materiali, quanto sul costo della mano d'opera, dei noli e dei trasporti;
- di disporre o di avere la disponibilità di approvvigionarsi di tutti i materiali, per le quantità e la tipologia previsti in progetto, durante tutta la durata dei lavori, senza interruzione alcuna, neppure nei periodi di ferie estive.

L'Impresa non potrà quindi eccepire durante l'esecuzione dei lavori la mancata conoscenza di condizioni o la sopravvenienza di elementi non valutati o non considerati, tranne che tali nuovi elementi si configurino come cause di forza maggiore contemplate dal D.Lgs. 50/2016 e dal Codice





Civile e, comunque, imprevedute in quanto imprevedibili, così come definite dal successivo art. 16 del presente Capitolato.

Resta pertanto esplicitamente convenuto che l'appalto si intende assunto dall'Impresa a tutto suo rischio ed in maniera aleatoria in base a calcoli di sua convenienza, per rinuncia ad ogni rivalsa per caso fortuito, compreso l'aumento dei costi per l'applicazione di imposte, tasse e contributi di qualsiasi natura e genere, nonché di qualsiasi altra sfavorevole circostanza che possa verificarsi dopo l'aggiudicazione.

Tutte le categorie di lavori debbono essere eseguite a regola d'arte, con magisteri e materiali appropriati, ed in conformità alle previsioni di progetto e agli ordini impartiti dalla Direzione Lavori all'atto esecutivo.

L'impresa avrà facoltà di coordinare ed organizzare l'andamento dei lavori nei modi che riterrà convenienti purché bene accettati dalla Direzione Lavori che si riserva la facoltà di imporre quelle modifiche di svolgimento che a suo insindacabile giudizio riterrà opportune.

#### **ART. 10 DOCUMENTI CHE FANNO PARTE DEL CONTRATTO**

Fanno parte integrante e sostanziale del contratto d'appalto, ancorché non materialmente allegati:

- a. Il Capitolato Generale d'Appalto approvato con decreto ministeriale 19 aprile 2000, n. 145 e s.m.i. per quanto non abrogato dal D.P.R. 207/2010 e s.m.i.;
- b. Il presente capitolato speciale d'appalto;
- c. Tutti gli elaborati grafici del progetto e le relazioni;
- d. L'elenco dei prezzi unitari;
- e. Il cronoprogramma di cui all'art 40 del DPR 207/2010;
- f. Il Piano di Sicurezza e Coordinamento e relativi allegati con gli obblighi in materia di sicurezza ai sensi del D.lgs. 81/2008 e s.m.i.;
- g. Le polizze di garanzia;

In caso di discordanza di contenuti tra i documenti contrattuali l'ordine di importanza è così stabilito:

- il capitolato speciale e lo schema di contratto;
- il capitolato generale d'appalto, per le parti ancora in vigore;
- l'elenco dei prezzi unitari;
- gli elaborati grafici progettuali e le relazioni;
- il cronoprogramma di cui all'art 40 del DPR 207/2010;

Non fanno invece parte del contratto e sono estranei ai rapporti negoziali:

- a. Il computo metrico estimativo (quest'ultimo utile ad addivenire all'importo a corpo posto a base di appalto);
- b. Le tabelle di riepilogo dei lavori e la loro suddivisione per categorie omogenee, ancorché inserite e integranti il presente capitolato; esse hanno efficacia limitatamente ai fini dell'aggiudicazione per la determinazione dei requisiti soggettivi degli esecutori, ai fini della definizione dei requisiti oggettivi e del subappalto e, sempre che non riguardino il compenso a corpo dei lavori contrattuali, ai fini della valutazione delle addizioni o diminuzioni dei lavori;
- c. Le quantità delle singole voci elementari rilevabili dagli atti progettuali e da qualsiasi altro loro allegato.

#### **ART. 11 INTERPRETAZIONE DEL CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO E DISCIPLINA DI RIFERIMENTO**

L'interpretazione delle clausole contrattuali, così come delle disposizioni del capitolato speciale d'appalto, deve essere fatta tenendo conto delle finalità del contratto e dei risultati ricercati con



l'attuazione del progetto approvato; per ogni altra evenienza trovano applicazione gli articoli 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368 comma 1 e 1369 del codice civile.

L'appaltatore, a pena di nullità del contratto, assume gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari di cui all'art.3 della legge 13 agosto 2010, n. 136 e successive modifiche.

E' vietata la cessione del contratto sotto qualsiasi forma e ogni atto contrario è nullo di diritto.

#### **ART. 12 DISPOSIZIONI PARTICOLARI RIGUARDANTI L'APPALTO**

La sottoscrizione del contratto e dei suoi allegati da parte dell'appaltatore equivale a dichiarazione di perfetta conoscenza e incondizionata accettazione della legge, dei regolamenti e di tutte le norme vigenti in materia di lavori pubblici, nonché alla completa accettazione di tutte le norme che regolano il presente appalto, e del progetto per quanto attiene alla sua perfetta esecuzione.

Prima della formulazione dell'offerta, il concorrente ha l'obbligo di controllarne le voci e le quantità attraverso l'esame degli elaborati progettuali e pertanto di formulare l'offerta medesima tenendo conto di voci e relative quantità che ritiene eccedenti o mancanti.

#### **ART. 13 FALLIMENTO DELL'APPALTATORE**

In caso di fallimento dell'appaltatore la Stazione Appaltante si avvale, senza pregiudizio per ogni altro diritto e azione a tutela dei propri interessi, della procedura prevista dall'articolo 110 del d.lgs. 50/2016.

Qualora l'esecutore sia un'associazione temporanea, in caso di fallimento dell'impresa mandataria o di una impresa mandante trovano applicazione rispettivamente i commi 17 e 18 dell'articolo 48 del d.lgs. 50/2016.

#### **ART. 14 RAPPRESENTANTE DELL'APPALTATORE E DOMICILIO**

L'appaltatore deve eleggere domicilio ai sensi e nei modi di cui all'articolo 2 del capitolato generale d'appalto; a tale domicilio si intendono ritualmente effettuate tutte le intimazioni, le assegnazioni di termini e ogni altra notificazione o comunicazione dipendente dal contratto.

L'appaltatore deve altresì comunicare, ai sensi e nei modi di cui all'articolo 3 del capitolato generale d'appalto, le generalità delle persone autorizzate a riscuotere.

Qualora l'appaltatore non conduca direttamente i lavori, deve depositare presso la Stazione appaltante, ai sensi e nei modi di cui all'articolo 4 del capitolato generale d'appalto, il mandato conferito con atto pubblico a persona 12 idonea, sostituibile su richiesta motivata della Stazione Appaltante. La direzione del cantiere è assunta dal direttore tecnico dell'impresa o da altro tecnico, abilitato secondo le previsioni del capitolato speciale in rapporto alle caratteristiche delle opere da eseguire. L'assunzione della direzione di cantiere da parte del direttore tecnico avviene mediante delega conferita da tutte le imprese operanti nel cantiere, con l'indicazione specifica delle attribuzioni da esercitare dal delegato anche in rapporto a quelle degli altri soggetti operanti nel cantiere.

L'appaltatore, tramite il direttore di cantiere assicura l'organizzazione, la gestione tecnica e la conduzione del cantiere. Il direttore dei lavori ha il diritto di esigere il cambiamento del direttore di cantiere e del personale dell'appaltatore per disciplina, incapacità o grave negligenza. L'appaltatore è in tutti i casi responsabile dei danni causati dall'imperizia o dalla negligenza di detti soggetti, nonché della malafede o della frode nella somministrazione o nell'impiego dei materiali.



Ogni variazione del domicilio di cui al comma 1, o delle persona di cui ai commi 2, 3 o 4, deve essere tempestivamente notificata alla Stazione Appaltante; ogni variazione della persona di cui al comma 3 deve essere accompagnata dal deposito presso la Stazione appaltante del nuovo atto di mandato.

#### **ART. 15 NORME GENERALI SUI MATERIALI, I COMPONENTI, I SISTEMI E L'ESECUZIONE**

Nell'esecuzione di tutte le lavorazioni, le opere, le forniture, i componenti, anche relativamente a sistemi e subsistemi di impianti tecnologici oggetto dell'appalto, devono essere rispettate tutte le prescrizioni di legge e di regolamento in materia di qualità, provenienza e accettazione dei materiali e componenti nonché, per quanto concerne la descrizione, i requisiti di prestazione e le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro, tutte le indicazioni contenute o richiamate contrattualmente nel capitolato speciale di appalto, negli elaborati grafici del progetto e nella descrizione delle singole voci allegata allo stesso capitolato.

Per quanto riguarda l'accettazione, la qualità e l'impiego dei materiali, la loro provvista, il luogo della loro provenienza e l'eventuale sostituzione di quest'ultimo, si applicano rispettivamente gli articoli 16 e 17 del Capitolato Generale d'Appalto. L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il direttore dei lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo la introduzione in cantiere, o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto; in questo ultimo caso l'esecutore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri a sue spese.

Ove l'esecutore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal direttore dei lavori, la stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'esecutore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'esecutore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo.

L'esecutore che di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

La direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'esecutore.

#### **ART. 16 CONVENZIONI EUROPEE IN MATERIA DI VALUTA E TERMINI**

Tutti gli atti predisposti dalla Stazione Appaltante per ogni valore in cifra assoluta indicano la denominazione in euro. Tutti gli atti predisposti dalla Stazione appaltante per ogni valore contenuto in cifra assoluta, ove non diversamente specificato, devono intendersi I.V.A. esclusa. Tutti i termini di cui al presente capitolato, se non diversamente stabilito nella singola disposizione, sono computati in conformità al Regolamento CEE 3 giugno 1971, n. 1182.



## **ART. 17 STRUTTURE ED IMPIANTI**

Con la sottoscrizione del contratto d'appalto e della documentazione allegata l'Appaltatore, in conformità di quanto dichiarato espressamente in sede di gara, conferma:

- di avere preso piena e perfetta conoscenza del progetto esecutivo delle strutture, delle opere stradali, idrauliche, degli impianti ecc. e dei relativi particolari costruttivi e della loro integrale attuabilità;
- di avere constatato la congruità degli elaborati grafici e delle relazioni posti a base d'appalto, anche alla luce degli accertamenti effettuati in sede di visita ai luoghi, con particolare riferimento alle indicazioni relative ai risultati delle indagini geologiche e geotecniche, qualora presenti, alla tipologia di intervento e alle caratteristiche localizzative e costruttive;
- di avere formulato la propria offerta tenendo conto di tutti gli adeguamenti che si dovessero rendere necessari, rispetto a quanto deducibile dalle indicazioni progettuali, grafiche e tecnico economiche, in relazione alla propria organizzazione, alle proprie tecnologie, alle proprie attrezzature, alle proprie esigenze di cantiere e al risultato dei propri accertamenti, nell'assoluto rispetto della normativa vigente, senza che ciò possa costituire motivo per ritardi o maggiori compensi o particolari indennità, oltre al corrispettivo indicato al precedente articolo 2;
- di assumere pertanto la piena e incondizionata responsabilità nella esecuzione delle opere appaltate ed i maggiori oneri che dovessero derivare dagli eventuali adeguamenti suddetti, da inserire negli elaborati esecutivi di cantiere.

Gli eventuali esecutivi di cantiere redatti dall'Appaltatore per proprie esigenze organizzative e di cantiere devono essere preventivamente sottoposti all'approvazione del Direttore lavori.

Qualora si siano resi necessari, in corso d'opera, aggiornamenti o integrazioni degli elaborati di strutture posti a base d'appalto regolarmente approvati, l'Appaltatore dovrà provvedere al relativo ulteriore deposito ai sensi della legge e normativa vigente in materia; tali aggiornamenti vanno poi allegati alla documentazione di collaudo. Il collaudo statico delle strutture verrà eseguito da ingegneri o architetti iscritti ai rispettivi albi professionali, nominati dall'Appaltante, a carico del quale sono i relativi corrispettivi.

Sono invece a carico dell'Appaltatore tutte le spese e gli oneri inerenti, connessi o dipendenti in relazione agli adempimenti cui è tenuto secondo quanto previsto nel presente e nel successivo articolo, ivi comprese l'esecuzione di prove in laboratorio o in cantiere e la messa a disposizione di mano d'opera, apparecchiature e materiali per le prove di carico e le prove sugli impianti disposte dal Direttore dei lavori o dagli incaricati del collaudo statico o tecnico-amministrativo.

## **ART. 18 CAMPIONATURE – PROVE TECNICHE**

Fermo restando quanto prescritto dall'art. 101 del D.Lgs. 50/2016 per quanto attiene "accettazione, qualità ed impiego dei materiali", costituisce onere a carico dell'Appaltatore, perché compensato nel corrispettivo d'appalto e perciò senza titolo a compensi particolari, provvedere con la necessaria tempestività, di propria iniziativa o, in difetto, su sollecitazione della Direzione dei lavori, alla preventiva campionatura di materiali, semilavorati, componenti e impianti, accompagnata dalla documentazione tecnica atta a individuarne caratteristiche e prestazioni e la loro conformità alle prescrizioni contrattuali, e integrata, ove necessario, dai rispettivi calcoli giustificativi, ai fini dell'approvazione, prima dell'inizio della fornitura, da parte della stessa Direzione dei lavori, mediante apposito ordine di servizio.

I campioni e le relative documentazioni accettati e, ove del caso, controfirmati dal Direttore dei lavori e dal rappresentante dell'Appaltatore, devono essere conservati fino a collaudo nei locali messi a disposizione dell'Appaltante da parte dell'Appaltatore medesimo.



Sono a carico dell'Appaltatore, ai sensi dell'art. 101 del D.Lgs. 50/2016, le prove ed analisi che la direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre per stabilire la rispondenza a requisiti e prestazioni contrattualmente previsti di materiali o componenti proposti dall'Appaltatore. Per dette prove la direzione lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo sottoscritto in contraddittorio con l'Appaltatore; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare espresso riferimento a tale verbale.

E' altresì a carico dell'Appaltatore la fornitura di apparecchiature, materiali attrezzature necessari per l'esecuzione delle prove, in sito o in laboratorio, richieste dalla Direzione dei lavori e/o dalla Commissione di collaudo in corso d'opera per l'accertamento del collaudo statico di strutture, della tenuta delle reti, della sicurezza e della efficienza degli impianti.

Ai sensi di quanto disposto dall'art. 15, comma 4, del D.P.R. n. 207/2010, l'Appaltatore in esito alle scelte di materiali e componenti dallo stesso autonomamente effettuate ed approvate dal Direttore dei lavori è tenuto ad aggiornare le indicazioni degli elaborati progettuali, in particolare del piano di manutenzione, ove previsto. L'aggiornamento suddetto è opportuno che venga progressivamente effettuato in corso d'opera, in relazione a materiali, componenti e impianti proposti dall'Appaltatore e posti in opera dopo la rispettiva approvazione data dal Direttore dei lavori, il quale, anche attraverso l'esame delle campionature presentate e delle prove di laboratorio effettuate, ne ha accertato la conformità alle prescrizioni contrattuali.

Tutti i lavori si intendono accettati dalla Stazione appaltante solo e soltanto se eseguiti a regola d'arte e in conformità ai disegni di progetto ed alle specifiche – prescrizioni – indicazioni tecniche desumibili dagli elaborati contrattuali, salvo diverse indicazioni impartite dalla Direzione dei Lavori.

E' facoltà della stessa direzione lavori ordinare o eseguire d'ufficio, a totale cura e spese dell'Appaltatore, la demolizione ed il rifacimento dei lavori eseguiti in difformità del progetto e delle indicazioni/disposizioni della Direzione dei lavori stessa. Nel caso che il rifacimento e/o la rimozione di tali lavori comporti demolizioni o degradi di altri lavori, eseguiti dall'Appaltatore o da altre Ditte, ciò non costituisce titolo per evitare tali rifacimenti o rimozioni, né per chiedere compensi per il risarcimento dei lavori propri o altrui, forzatamente demoliti o rimossi.

Se l'Appaltatore, senza opposizione della direzione lavori, nel proprio interesse o di propria iniziativa, impiega materiali di caratteristiche superiori a quelle previste nei documenti contrattuali o esegue lavori di dimensioni eccedenti rispetto al progetto, non ha diritto ad alcun compenso rispetto a quanto offerto in sede di appalto. La misurazione e la valutazione vengono eseguite come se i lavori o i materiali avessero le dimensioni, le qualità e il magistero stabiliti nel contratto.

### **CAPO 3 - TERMINI PER L'ESECUZIONE**

#### **ART. 19 CONSEGNA E INIZIO DEI LAVORI**

La consegna dei lavori costituenti l'appalto avverrà secondo le modalità previste dal presente Capitolato Speciale d'Appalto, ovvero:

1. Il responsabile del procedimento autorizza il direttore dei lavori alla consegna dei lavori dopo l'avvenuta stipula del contratto.
2. Il direttore dei lavori comunica all'esecutore il giorno ed il luogo in cui deve presentarsi per ricevere la consegna dei lavori, munito del personale idoneo nonché delle attrezzature e materiali necessari per eseguire, ove occorra, il tracciamento dei lavori secondo i piani, profili e disegni di



progetto. Sono a carico dell'esecutore gli oneri per le spese relative alla consegna, alla verifica ed al completamento del tracciamento che fosse stato già eseguito a cura della stazione appaltante.

3. In caso di consegna ai sensi del punto 1, secondo periodo, il direttore dei lavori tiene conto di quanto predisposto o somministrato dall'esecutore, per rimborsare le relative spese nell'ipotesi di mancata stipula del contratto.

4. Effettuato il tracciamento, sono collocati picchetti, capisaldi, sagome, termini ovunque si riconoscano necessari. L'esecutore è responsabile della conservazione dei segnali e capisaldi.

5. La consegna dei lavori deve risultare da apposito verbale, protocollato dalla Stazione Appaltante, redatto in contraddittorio con l'esecutore; dalla data di tale verbale decorre il termine utile per il compimento dell'opera o dei lavori.

6. Qualora l'esecutore non si presenti nel giorno stabilito, il direttore dei lavori fissa una nuova data. La decorrenza del termine contrattuale resta quella della data della prima convocazione qualora il direttore dei lavori non ritenga validi i motivi di assenza della prima convocazione. Qualora sia inutilmente trascorso il termine assegnato dal direttore dei lavori, la stazione appaltante ha facoltà di risolvere il contratto e di incamerare la cauzione.

7. Qualora la consegna avvenga in ritardo per fatto o colpa della stazione appaltante, l'esecutore può chiedere di recedere dal contratto. Nel caso di accoglimento dell'istanza di recesso l'esecutore ha diritto al rimborso di tutte le spese contrattuali nonché di quelle effettivamente sostenute e documentate. Ove l'istanza dell'esecutore non sia accolta e si proceda tardivamente alla consegna, lo stesso ha diritto ad un compenso per i maggiori oneri dipendenti dal ritardo.

8. La facoltà della stazione appaltante di non accogliere l'istanza di recesso dell'esecutore non può esercitarsi, con le conseguenze previste dal punto 8, qualora il ritardo nella consegna dei lavori superi la metà del termine utile contrattuale o comunque sei mesi complessivi.

9. Qualora, iniziata la consegna, questa sia sospesa dalla stazione appaltante per ragioni non di forza maggiore, la sospensione non può durare oltre sessanta giorni. Trascorso inutilmente tale termine, si applicano le disposizioni di cui ai punti 8 e 9.

10. Nelle ipotesi previste dai punti 7, 8 e 9 il responsabile del procedimento ha l'obbligo di informare l'Autorità.

La consegna dei lavori non esonera l'impresa dall'obbligo di verificare l'esistenza di tutti i provvedimenti abilitativi di cui la Legge subordina o condiziona l'inizio dei lavori. L'impresa terrà quindi comunque indenne il committente da ogni conseguenza dell'inizio o svolgimento dei lavori in assenza di provvedimenti abilitativi.

Dalla data di detto verbale verrà computato il tempo utile per dare il lavoro finito.

## **ART. 20 TERMINI PER L'ULTIMAZIONE DEI LAVORI**

Il tempo utile per ultimare tutti i lavori compresi nell'appalto è fissato **in giorni 300 (trecento) naturali consecutivi** decorrenti dalla data del verbale di consegna dei lavori.

Nel calcolo del tempo contrattuale si è tenuto conto delle ferie contrattuali;

L'appaltatore dovrà garantire che i lavori vengano eseguiti se necessario anche nelle ore notturne e nel mese di agosto senza ulteriori oneri per l'Amministrazione Comunale.

In detto tempo è compreso quello occorrente per l'impianto del cantiere, quello dovuto a sospensioni normalmente prevedibili per inclemenza stagionale del tempo e per ottenere dalle competenti autorità le eventuali concessioni, licenze e permessi di qualsiasi natura e per ogni altro lavoro preparatorio da eseguire prima dell'effettivo inizio dei lavori.

Non possono costituire motivo di proroga dell'inizio dei lavori e della loro regolare e continuativa conduzione secondo il relativo programma di esecuzione redatto dall'Appaltatore:



- 1) il ritardo nell'apprestamento del cantiere e nell'allacciamento per l'approvvigionamento dell'energia elettrica e dell'acqua;
  - 2) l'eventuale esecuzione di accertamenti integrativi che l'Appaltatore ritenesse di effettuare per la esecuzione delle opere di fondazione, delle strutture e degli impianti;
  - 3) l'eventuale elaborazione di esecutivi di cantiere ritenuti necessari dall'Appaltatore in relazione alla propria organizzazione, ai propri mezzi d'opera e ad esigenze legate a subappalti o forniture, da sottoporre all'approvazione del Direttore dei lavori, in relazione a quanto precisato al precedente articolo 10;
  - 4) il ritardo nella presentazione della documentazione relativa ai requisiti dei subappaltatori ai fini dell'approvazione al subappalto che l'Appaltante deve effettuare entro il termine di 30 giorni;
  - 5) il tempo necessario per l'esecuzione di prove sulle campionature, di prove di carico e di prove sugli impianti;
  - 6) il ritardo nella presentazione delle campionature che abbia comportato anche un conseguente ritardo nelle approvazioni, nonché il tempo necessario per l'espletamento degli ulteriori adempimenti a carico dell'Appaltatore di cui ai vari articoli del presente schema di contratto;
  - 7) le eventuali vertenze a carattere aziendale tra Appaltatore e maestranze;
  - 8) eventuali tempi di attesa da parte degli enti erogatori dei pubblici servizi, per spostamenti, rimozioni o momentanee interruzioni per esigenze di lavorazioni di cantiere.
- In relazione a quanto previsto dall'art. 40, comma 3, del D.P.R. n. 207/2010, nel tempo contrattuale è compresa l'incidenza dei giorni per recupero avversità atmosferiche.

#### **ART. 21 SOSPENSIONI E PROROGHE**

L'appaltatore, qualora per causa a esso non imputabile, non sia in grado di ultimare i lavori nel termine contrattuale di cui all'articolo 19, può chiedere la proroga, presentando apposita richiesta motivata almeno 15 giorni prima della scadenza del termine di cui all'articolo 19;

In deroga a quanto previsto al comma 1, la richiesta può essere presentata anche qualora manchino meno di 15 giorni alla scadenza del termine di cui all'articolo 19, comunque prima di tale scadenza, qualora le cause che hanno determinato la richiesta si siano verificate posteriormente; in questo caso la richiesta deve essere motivata anche in relazione alla specifica circostanza della tardività;

La richiesta è presentata al direttore di lavori il quale la trasmette tempestivamente al R.U.P., corredata dal proprio parere; qualora la richiesta sia presentata direttamente al R.U.P. questi acquisisce tempestivamente il parere del direttore dei lavori;

La proroga è concessa o negata con provvedimento scritto del R.U.P. entro 30 giorni dal ricevimento della richiesta; il R.U.P. può prescindere dal parere del direttore dei lavori qualora questi non si esprima entro 7 giorni e può discostarsi dallo stesso parere; nel provvedimento è riportato il parere del direttore dei lavori qualora questo sia difforme dalle conclusioni del R.U.P.;

Nei casi di cui al comma 2 i termini di 15 giorni e di 7 giorni di cui al comma 4 sono ridotti rispettivamente a 7 giorni e a 3 giorni; negli stessi casi qualora la proroga sia concessa formalmente dopo la scadenza del termine di cui all'articolo 19, essa ha effetto retroattivo a partire da tale ultimo termine;

La mancata determinazione del R.U.P. entro i termini di cui al presente articolo costituisce rigetto della richiesta.

#### **ART. 22 SOSPENSIONI ORDINATE DAL DIRETTORE DEI LAVORI**

Ai sensi dell'art. 107 del d.lgs. 50/2016, qualora cause di forza maggiore, condizioni climatologiche oggettivamente eccezionali od altre circostanze speciali che impediscano in via temporanea che i lavori procedano utilmente a regola d'arte, la direzione dei lavori d'ufficio o su segnalazione





dell'appaltatore può ordinare la sospensione dei lavori redigendo apposito verbale sentito l'appaltatore;

Il verbale di sospensione deve contenere:

- a. L'adeguata motivazione a cura della direzione dei lavori;
- b. L'indicazione dello stato di avanzamento dei lavori;
- c. Le opere la cui esecuzione rimane interrotta e le cautele adottate affinché la ripresa dei lavori possano essere continuate senza eccessivi oneri;
- d. La consistenza della forza lavoro e dei mezzi d'opera esistenti in cantiere al momento della sospensione; e. L'eventuale imputazione delle cause ad una delle parti o a terzi, se del caso anche con riferimento alle risultanze del verbale di consegna o alle circostanze sopravvenute.

Il verbale di sospensione è controfirmato dall'appaltatore, deve pervenire al R.U.P. entro il quinto giorno naturale successivo alla sua redazione e deve essere restituito controfirmato dallo stesso o dal suo delegato; qualora il R.U.P. non si pronunci entro 5 giorni dal ricevimento, il verbale si dà per riconosciuto e accettato dalla Stazione appaltante.

Qualora l'appaltatore non intervenga alla firma del verbale di sospensione o rifiuti di sottoscriverlo, oppure apponga sullo stesso delle riserve, si procede a norma dell'articolo 190.

In ogni caso la sospensione opera dalla data di redazione del verbale, accettato dal R.U.P. o sul quale si sia formata l'accettazione tacita; non possono essere riconosciute sospensioni, e i relativi verbali non hanno alcuna efficacia, in assenza di adeguate motivazioni o le cui motivazioni non siano riconosciute adeguate da parte del R.U.P.

Il verbale di sospensione ha efficacia dal quinto giorno antecedente la sua presentazione al R.U.P., qualora il predetto verbale gli sia stato trasmesso dopo il quinto giorno dalla redazione oppure rechi una data di decorrenza della sospensione anteriore al quinto giorno precedente la data di trasmissione.

Non appena cessate le cause della sospensione il direttore dei lavori redige il verbale di ripresa che, oltre a richiamare il precedente verbale di sospensione, deve indicare i giorni di effettiva sospensione e il conseguente nuovo termine contrattuale dei lavori differito di un numero di giorni pari all'accertata durata della sospensione.

Il verbale di ripresa dei lavori è controfirmato dall'appaltatore e trasmesso al R.U.P.; esso è efficace dalla data della sua redazione; al verbale di ripresa dei lavori si applicano le disposizioni di cui ai commi 3 e 4.

Le disposizioni del presente articolo si applicano anche a sospensioni parziali e riprese parziali che abbiano per oggetto parti determinate dei lavori, da indicare nei relativi verbali; in tal caso il differimento dei termini contrattuali è pari ad un numero di giorni costituito dal prodotto dei giorni di sospensione per il rapporto tra l'ammontare dei lavori sospesi e l'importo totale dei lavori previsto nello stesso periodo secondo il programma esecutivo dei lavori.

#### **ART. 23 SOSPENSIONI ORDINATE DAL R.U.P.**

Il R.U.P. può ordinare la sospensione dei lavori per cause di pubblico interesse o particolare necessità; l'ordine è trasmesso contemporaneamente all'appaltatore e al direttore dei lavori ed ha efficacia dalla data di emissione.

Lo stesso R.U.P. determina il momento in cui sono venute meno le ragioni di pubblico interesse o di particolare necessità che lo hanno indotto ad ordinare la sospensione dei lavori ed emette l'ordine di ripresa, trasmesso tempestivamente all'appaltatore e al direttore dei lavori. 16

Per quanto non diversamente disposto dal presente articolo, agli ordini di sospensione e di ripresa emessi dal R.U.P. si applicano le disposizioni dell'articolo 21, commi 2, 4, 7, 8 e 9, in materia di verbali di sospensione e di ripresa dei lavori, in quanto compatibili.





Qualora la sospensione, o le sospensioni se più di una, durino per un periodo di tempo superiore ad un quarto della durata complessiva prevista dall'Art. 19 o comunque quando superino 6 mesi complessivamente, l'appaltatore può richiedere lo scioglimento del contratto senza indennità; la Stazione Appaltante può opporsi allo scioglimento del contratto ma, in tal caso, riconosce al medesimo la rifusione dei maggiori oneri derivanti dal prolungamento della sospensione oltre i termini suddetti, iscrivendoli nella documentazione contabile.

#### **ART. 24 PENALI IN CASO DI RITARDO**

Il contratto indica le penali da applicare nel caso di ritardato adempimento degli obblighi contrattuali.

I termini di adempimento delle prestazioni sono stabiliti dal responsabile del procedimento in relazione alla tipologia, alla categoria, all'entità ed alla complessità dell'intervento, nonché al suo livello qualitativo.

Per il ritardato adempimento delle obbligazioni assunte dagli esecutori, le penali da applicare sono stabilite dal responsabile del procedimento, in sede di elaborazione del progetto posto a base di gara ed inserite nel contratto, in misura giornaliera compresa tra lo 0,3 per mille e l'1 per mille dell'ammontare netto contrattuale, e comunque complessivamente non superiore al dieci per cento, da determinare in relazione all'entità delle conseguenze legate all'eventuale ritardo.

Il direttore dei lavori riferisce tempestivamente al responsabile del procedimento in merito ai ritardi nell'andamento dei lavori rispetto al programma di esecuzione. Qualora il ritardo nell'adempimento determina un importo massimo della penale superiore all'importo previsto al punto 3, il responsabile del procedimento promuove l'avvio delle procedure.

Qualora la disciplina contrattuale preveda l'esecuzione della prestazione articolata in più parti, nel caso di ritardo rispetto ai termini di una o più di tali parti le penali di cui ai punti precedenti si applicano ai rispettivi importi, con le modalità stabilite nel capitolato speciale di appalto.

Sulla base delle indicazioni fornite dal direttore dei lavori, le penali sono applicate dal responsabile del procedimento in sede di conto finale ai fini della relativa verifica da parte dell'organo di collaudo o in sede di conferma, da parte dello stesso responsabile del procedimento, del certificato di regolare esecuzione.

È ammessa, su motivata richiesta dell'esecutore, la totale o parziale disapplicazione delle penali, quando si riconosca che il ritardo non è imputabile all'esecutore, oppure quando si riconosca che le penali sono manifestamente sproporzionate, rispetto all'interesse della stazione appaltante. La disapplicazione non comporta il riconoscimento di compensi o indennizzi all'esecutore.

Sull'istanza di disapplicazione delle penali decide la stazione appaltante su proposta del responsabile del procedimento, sentito il direttore dei lavori e l'organo di collaudo ove costituito.

#### **Non è previsto il riconoscimento di alcun premio di accelerazione.**

Ai sensi dell'art. 108, comma 4, del D.Lgs. 50/2012, qualora, al di fuori di quanto previsto al comma 3 del codice, l'esecuzione delle prestazioni ritardi per negligenza dell'appaltatore rispetto alle previsioni del contratto, il direttore dei lavori o il responsabile unico dell'esecuzione del contratto, se nominato gli assegna un termine, che, salvo i casi d'urgenza, non può essere inferiore a dieci giorni, entro i quali l'appaltatore deve eseguire le prestazioni. Scaduto il termine assegnato, e redatto processo verbale in contraddittorio con l'appaltatore, qualora l'inadempimento permanga, la stazione appaltante risolve il contratto, fermo restando il pagamento delle penali di cui ai punti precedenti.



## **ART. 25 PROGRAMMA ESECUTIVO DEI LAVORI DELL'APPALTATORE E CRONOPROGRAMMA**

L'Appaltatore è tenuto a presentare al Direttore dei lavori, entro 10 (dieci) giorni dalla data di consegna dei lavori, per il controllo della sua attendibilità e per la relativa approvazione, un programma esecutivo dal quale siano deducibili modalità e tempi secondo i quali intenda eseguire i lavori nel rispetto dei termini di ultimazione di cui al relativo articolo,, onde consentire al Direttore dei lavori medesimo la verifica in corso d'opera del loro regolare svolgimento e del rispetto delle scadenze contrattuali.

Il programma di esecuzione, da redigere con l'impiego della tecnica GANTT di programmazione lineare, deve riportare, oltre all'articolazione temporale delle lavorazioni progressivamente previste, atte a documentare l'attendibilità della previsione, anche la specifica indicazione delle date in cui saranno presumibilmente maturati gli stati di avanzamento secondo quanto specificato al successivo art. 20.

Resta contrattualmente stabilito che qualora l'Appaltatore non provveda a presentare il programma esecutivo entro il termine sopra assegnato, il Direttore dei lavori, ai soli fini della verifica del rispetto dei termini contrattuali, farà riferimento ad un andamento lineare dei lavori, assegnando comunque, con apposito ordine di servizio, un termine all'Appaltatore medesimo per la relativa presentazione ed informando, nel contempo, il Responsabile del procedimento per i provvedimenti di competenza nel caso di persistere dell'inadempienza. Nella redazione del programma, l'Appaltatore deve tenere conto:

- dell'incidenza dei giorni di andamento stagionale sfavorevole;
- delle particolari condizioni dell'accesso al cantiere;
- della riduzione o sospensione delle attività di cantiere per festività o godimento di ferie degli addetti ai lavori;
- delle eventuali difficoltà di esecuzione di alcuni lavori in relazione alla specificità dell'intervento di cui ha acquisito conoscenza in occasione della visita ai luoghi effettuata ai fini della partecipazione all'appalto, nonché al periodo stagionale in cui vanno a ricadere;
- delle modalità di emissione degli stati di avanzamento di cui al successivo art. 20.

Nel caso di sospensione dei lavori, parziale o totale, per cause non attribuibili a responsabilità dell'Appaltatore, il programma dei lavori viene aggiornato in relazione all'eventuale incremento della scadenza contrattuale, fermo restando quanto specificato al successivo art. 24 in ordine alle conseguenze delle sospensioni.

Qualora invece sospensioni o ritardi siano attribuibili a responsabilità dell'Appaltatore, a anche nel caso di motivate richieste dell'Appaltatore medesimo, legate, ad esempio, a preventiva sottovalutazione dei tempi necessari per determinate lavorazioni, eventuali aggiornamenti del programma possono essere approvati dal Direttore dei lavori, subordinatamente alla verifica della loro effettiva necessità ed attendibilità ai fini del recupero del ritardo e del rispetto delle scadenze contrattuali.

Il piano esecutivo dei lavori approvato non vincola l'Amministrazione appaltante che potrà ordinare modifiche anche in corso di attuazione; tale piano avrà comunque valore di impegno per l'Impresa, che ha l'obbligo di rispettarlo comunque ed in ogni caso le previste modalità di avanzamento delle varie categorie di lavoro.

Inoltre è facoltà insindacabile della Stazione Appaltante e della Direzione dei lavori richiedere all'Impresa di programmare i lavori in accordo con gli Enti erogatori di servizi (Enel, Telecom, Toscana Energia, Publiacqua, Snam, etc.), e degli Uffici Tecnici del Comune di Prato, per sopperire ad esigenze sorte dalla necessità di messa in sicurezza degli impianti o delle strutture da loro gestiti, a causa di rotture, cedimenti ecc., dove si necessita, all'uopo, di pronti interventi. Nel tenere conto di tali esigenze l'Impresa non potrà, in alcun modo ed in nessun caso, richiedere compensi per indennizzi, risarcimenti di qualunque genere, riconoscimento di diritti per eventuali disagi e/o frazionamento dei



lavori. L'Impresa deve obbligatoriamente, su espressa volontà dell'Amministrazione e della d.l., eseguire i lavori in appalto in modo tale da interferire nel minor modo possibile con il flusso di traffico esistente senza che l'Impresa stessa possa chiedere maggior compensi per l'eventuale frazionamento delle lavorazioni.

Nel rispetto del contratto collettivo di lavoro valevole nel luogo dove le opere di appalto vengono compiute e, in mancanza, di quello risultante dagli accordi locali, qualora il piano esecutivo dell'Impresa preveda alcune lavorazioni nei giorni festivi e prefestivi, su più turni di lavoro compreso quello notturno, questo non darà diritto in alcun modo ed in nessun caso a compensi aggiuntivi rispetto all'importo offerto dall'Appaltatore.

All'infuori dell'orario normale di lavoro giornaliero, da intendersi anche su due turni, come pure nei giorni festivi, l'Appaltatore non potrà a suo arbitrio far eseguire lavori che richiedano la sorveglianza da parte degli agenti dell'Appaltante; se, a richiesta dell'Appaltatore, la Direzione Lavori autorizzasse il prolungamento dell'orario di lavoro, l'Appaltatore non avrà diritto a compenso od indennità di sorta, ma sarà invece tenuto a rimborsare all'Appaltante le maggiori spese di assistenza e direzione dei lavori.

#### **ART. 26 INDEROGABILITÀ DEI TERMINI DI ESECUZIONE**

Non costituiscono motivo di proroga dell'inizio dei lavori, della loro mancata regolare o continuativa conduzione secondo il relativo programma o della loro ritardata ultimazione:

- a. Il ritardo nell'installazione del cantiere e nell'allacciamento alle reti tecnologiche necessarie al suo funzionamento, per l'approvvigionamento dell'energia elettrica e dell'acqua;
- b. L'adempimento di prescrizioni, o il rimedio a inconvenienti o infrazioni riscontrate dal direttore dei lavori o dagli organi di vigilanza in materia sanitaria e di sicurezza, ivi compreso il coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione, se nominato;
- c. L'esecuzione di accertamenti integrativi che l'appaltatore ritenesse di dover effettuare per la esecuzione delle opere di fondazione, delle strutture e degli impianti, salvo che siano ordinati dalla direzione dei lavori o espressamente approvati da questa;
- d. Il tempo necessario per l'esecuzione di prove sui campioni, di sondaggi, analisi e altre prove assimilabili;
- e. Il tempo necessario per l'espletamento degli adempimenti a carico dell'appaltatore comunque previsti dal presente capitolato o dal capitolato generale d'appalto;
- f. Le eventuali controversie tra l'appaltatore e i fornitori, subappaltatori, affidatari, altri incaricati dall'appaltatore né i ritardi o gli inadempimenti degli stessi soggetti;
- g. Le eventuali vertenze a carattere aziendale tra l'appaltatore e il proprio personale dipendente.

Non costituiscono altresì motivo di differimento dell'inizio dei lavori, della loro mancata regolare o continuativa conduzione secondo il relativo programma o della loro ritardata ultimazione i ritardi o gli inadempimenti di ditte, imprese, fornitori, tecnici o altri, titolari di rapporti contrattuali con la Stazione appaltante; Le cause di cui ai commi 1 e 2 non possono essere invocate nemmeno per la richiesta di proroghe o di sospensione dei lavori di cui al relativo articolo.

#### **ART. 27 RISOLUZIONE DEL CONTRATTO PER MANCATO RISPETTO DEI TERMINI DI ESECUZIONE**

L'eventuale ritardo imputabile all'appaltatore nel rispetto dei termini per l'ultimazione dei lavori o delle scadenze esplicitamente fissate allo scopo dal programma temporale superiore a 90 (novanta) giorni naturali consecutivi produce la risoluzione del contratto, a discrezione della Stazione Appaltante e senza obbligo di ulteriore motivazione, ai sensi dell'articolo 108 del d.lgs. 50/2016. La risoluzione del contratto trova applicazione dopo la formale messa in mora dell'appaltatore con



assegnazione di un termine per compiere i lavori e in contraddittorio con il medesimo appaltatore. Nel caso di risoluzione del contratto la penale di cui al relativo articolo, è computata sul periodo determinato sommando il ritardo accumulato dall'appaltatore rispetto al programma esecutivo dei lavori e il termine assegnato dal direttore dei lavori per compiere i lavori con la messa in mora di cui al comma 2. Sono dovuti dall'appaltatore i danni subiti dalla Stazione appaltante in seguito alla risoluzione del contratto, comprese le eventuali maggiori spese connesse al completamento dei lavori affidato a terzi. Per il risarcimento di tali danni la Stazione appaltante può trattenere qualunque somma maturata a credito dell'appaltatore in ragione dei lavori eseguiti nonché rivalersi sulla garanzia fideiussoria.

#### **CAPO 4 - DISCIPLINA ECONOMICA**

##### **ART. 28 ANTICIPAZIONE 1**

Qualora l'appaltatore ne faccia richiesta, ai sensi dell'art 35 comma 18 del d.lgs. 50/2016, sul valore stimato dell'appalto viene calcolato l'importo dell'anticipazione del prezzo pari al 20% da corrispondere all'appaltatore entro 15gg dall'effettivo inizio dei lavori. 18

L'erogazione dell'anticipazione è subordinata alla costituzione di garanzia fideiussoria bancaria o assicurativa di importo pari all'anticipazione maggiorato del tasso di interesse legale applicato al periodo necessario al recupero dell'anticipazione stessa secondo il cronoprogramma dei lavori ai sensi dell'art. 35 comma 18 d.lgs. 50/2016;

L'importo della garanzia di cui sopra viene gradualmente ed automaticamente ridotto nel corso dei lavori, in rapporto al progressivo recupero dell'anticipazione da parte delle stazioni appaltanti;

Nei casi consentiti dalle leggi vigenti, le stazioni appaltanti erogano all'esecutore, entro quindici giorni dalla data di effettivo inizio dei lavori accertata dal responsabile del procedimento, l'anticipazione sull'importo contrattuale nella misura prevista dalle norme vigenti. La ritardata corresponsione dell'anticipazione obbliga al pagamento degli interessi corrispettivi a norma dell'articolo 1282 codice civile;

Il beneficiario decade dall'anticipazione se l'esecuzione dei lavori non procede secondo i tempi contrattuali, e sulle somme restituite sono dovuti gli interessi corrispettivi al tasso legale con decorrenza dalla data di erogazione della anticipazione, ai sensi dell'art. 35 comma 18 del d.lgs. 50/2016.

##### **ART. 29 SUB-APPALTO E COTTIMO – RESPONSABILITÀ DEL SUBAPPALTO – PAGAMENTI AI SUBAPPALTATORI**

1. I soggetti affidatari dei contratti, ai sensi del D.Lgs. n. 50/2016, eseguono in proprio le opere o i lavori, i servizi, le forniture compresi nel contratto. Il contratto non può essere ceduto a pena di nullità. E' ammesso il subappalto secondo le disposizioni del presente articolo.

2. Il subappalto è il contratto con il quale l'appaltatore affida a terzi l'esecuzione di parte delle prestazioni o lavorazioni oggetto del contratto di appalto. Costituisce comunque subappalto qualsiasi contratto avente ad oggetto attività del contratto di appalto ovunque espletate che richiedono l'impiego di manodopera. Fatto salvo quanto previsto dal comma 5, l'eventuale subappalto non può superare la quota del 30 per cento dell'importo complessivo del contratto di lavori, servizi o forniture.

Negli appalti di lavori non costituiscono comunque subappalto le forniture senza prestazione di manodopera, le forniture con posa in opera e i noli a caldo, se singolarmente di importo inferiore al 2 per cento dell'importo delle prestazioni affidate o di importo inferiore a 100.000 euro e qualora



l'incidenza del costo della manodopera e del personale non sia superiore al 50 per cento dell'importo del contratto da affidare. L'affidatario comunica alla stazione appaltante, prima dell'inizio della prestazione, per tutti i sub-contratti che non sono subappalti, stipulati per l'esecuzione dell'appalto, il nome del sub-contraente, l'importo del sub-contratto, l'oggetto del lavoro, servizio o fornitura affidati. Sono, altresì, comunicate alla stazione appaltante eventuali modifiche a tali informazioni avvenute nel corso del sub-contratto. E' altresì fatto obbligo di acquisire nuova autorizzazione integrativa qualora l'oggetto del subappalto subisca variazioni e l'importo dello stesso sia incrementato nonché siano variati i requisiti di cui al comma 7.

3. Le seguenti categorie di forniture o servizi, per le loro specificità, non si configurano come attività affidate in subappalto:

- a) l'affidamento di attività specifiche a lavoratori autonomi, per le quali occorre effettuare comunicazione alla stazione appaltante;
- b) la subfornitura a catalogo di prodotti informatici;
- c) l'affidamento di servizi di importo inferiore a 20.000,00 euro annui a imprenditori agricoli nei comuni classificati totalmente montani di cui all'elenco dei comuni italiani predisposto dall'Istituto nazionale di statistica (ISTAT), ovvero ricompresi nella circolare del Ministero delle finanze n. 9 del 14 giugno 1993, pubblicata nel supplemento ordinario n. 53 alla Gazzetta ufficiale della Repubblica italiana n. 141 del 18 giugno 1993, nonché nei comuni delle isole minori di cui all'allegato A annesso alla legge 28 dicembre 2001, n. 448.

4. I soggetti affidatari dei contratti di cui al presente codice possono affidare in subappalto le opere o i lavori, i servizi o le forniture compresi nel contratto, previa autorizzazione della stazione appaltante purché:

- a) tale facoltà sia prevista espressamente nel bando di gara o lettera d'invito anche limitatamente a singole prestazioni e, per i lavori, sia indicata la categoria o le categorie per le quali è ammesso il subappalto. Tutte le prestazioni nonché le lavorazioni, a qualsiasi categoria appartengano, sono subappaltabili;
- b) all'atto dell'offerta abbiano indicato i lavori o le parti di opere ovvero i servizi e le forniture o parti di servizi e forniture che intendono subappaltare o concedere in cottimo;
- c) il concorrente dimostri l'assenza in capo ai subappaltatori dei motivi di esclusione di cui all'articolo 80 del codice (D.Lgs. n. 50/2016).

5. Per le opere di cui all'articolo 89, comma 11, del codice e fermi restando i limiti previsti dal medesimo comma, l'eventuale subappalto non può superare il trenta per cento dell'importo delle opere e non può essere, senza ragioni obiettive, suddiviso.

6. Qualora gli appalti di lavori, servizi o forniture siano di importo pari o superiore alle soglie di cui all'articolo 35 del codice e per i quali non sia necessaria una particolare specializzazione è obbligatoria l'indicazione della terna di subappaltatori,. In tal caso il bando o avviso con cui si indice la gara prevedono tale obbligo. Nel bando o nell'avviso la stazione appaltante può prevedere ulteriori casi in cui è obbligatoria l'indicazione della terna anche sotto le soglie di cui all'articolo 35.

7. L'affidatario deposita il contratto di subappalto presso la stazione appaltante almeno venti giorni prima della data di effettivo inizio dell'esecuzione delle relative prestazioni.

I lavori affidati in subappalto dovranno essere computati "a corpo".

Al momento del deposito del contratto di subappalto presso la stazione appaltante l'affidatario trasmette altresì la certificazione attestante il possesso da parte del subappaltatore dei requisiti di qualificazione prescritti dal presente codice in relazione alla prestazione subappaltata e la dichiarazione del subappaltatore attestante l'assenza in capo ai subappaltatori dei motivi di esclusione di cui all'articolo 80 del codice. Il contratto di subappalto, corredato della documentazione tecnica, amministrativa e grafica direttamente derivata dagli atti del contratto affidato, indica puntualmente l'ambito operativo del subappalto sia in termini prestazionali che economici.



8. Il contraente principale è responsabile in via esclusiva nei confronti della stazione appaltante. L'aggiudicatario è responsabile in solido con il subappaltatore in relazione agli obblighi retributivi e contributivi, ai sensi dell'articolo 29 del decreto legislativo 10 settembre 2003, n. 276. Nelle ipotesi di cui al comma 13, lettere a) e c), l'appaltatore è liberato dalla responsabilità solidale di cui al primo periodo.

9. L'affidatario è tenuto ad osservare integralmente il trattamento economico e normativo stabilito dai contratti collettivi nazionale e territoriale in vigore per il settore e per la zona nella quale si eseguono le prestazioni. E', altresì, responsabile in solido dell'osservanza delle norme anzidette da parte dei subappaltatori nei confronti dei loro dipendenti per le prestazioni rese nell'ambito del subappalto. L'affidatario e, per suo tramite, i subappaltatori, trasmettono alla stazione appaltante prima dell'inizio dei lavori la documentazione di avvenuta denuncia agli enti previdenziali, inclusa la Cassa edile, ove presente, assicurativi e antinfortunistici, nonché copia del piano di cui al comma 17. Ai fini del pagamento delle prestazioni rese nell'ambito dell'appalto o del subappalto, la stazione appaltante acquisisce d'ufficio il documento unico di regolarità contributiva in corso di validità relativo all'affidatario e a tutti i subappaltatori.

10. Per i contratti relativi a lavori, servizi e forniture, in caso di ritardo nel pagamento delle retribuzioni dovute al personale dipendente dell'esecutore o del subappaltatore o dei soggetti titolari di subappalti e cottimi, nonché in caso di inadempienza contributiva risultante dal documento unico di regolarità contributiva, si applicano le disposizioni di cui all'articolo 30, commi 5 e 6 del codice.

11. Nel caso di formale contestazione delle richieste di cui al comma precedente, il responsabile del procedimento inoltra le richieste e delle contestazioni alla direzione provinciale del lavoro per i necessari accertamenti.

12. L'affidatario deve provvedere a sostituire i subappaltatori relativamente ai quali apposita verifica abbia dimostrato la sussistenza dei motivi di esclusione di cui all'articolo 80 del codice.

13. La stazione Appaltante non prevede di effettuare pagamenti diretti ai subappaltatori e cottimisti, salvo al verificarsi dei casi previsti dal successivo articolo;

14. La stazione appaltante corrisponde direttamente al subappaltatore, al cottimista, al prestatore di servizi ed al fornitore di beni o lavori, l'importo dovuto per le prestazioni dagli stessi eseguite nei seguenti casi:

a) quando il subappaltatore o il cottimista è una microimpresa o piccola impresa;

b) in caso inadempimento da parte dell'appaltatore;

c) su richiesta del subappaltatore e se la natura del contratto lo consente;

15. L'affidatario deve praticare, per le prestazioni affidate in subappalto, gli stessi prezzi unitari risultanti dall'aggiudicazione, con ribasso non superiore al venti per cento, nel rispetto degli standard qualitativi e prestazionali previsti nel contratto di appalto. L'affidatario corrisponde i costi della sicurezza e della manodopera, relativi alle prestazioni affidate in subappalto, alle imprese subappaltatrici senza alcun ribasso; la stazione appaltante, sentito il direttore dei lavori, il coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione, ovvero il direttore dell'esecuzione, provvede alla verifica dell'effettiva applicazione della presente disposizione. L'affidatario è solidalmente responsabile con il subappaltatore degli adempimenti, da parte di questo ultimo, degli obblighi di sicurezza previsti dalla normativa vigente.

16. Per i lavori, nei cartelli esposti all'esterno del cantiere devono essere indicati anche i nominativi di tutte le imprese subappaltatrici.

17. Al fine di contrastare il fenomeno del lavoro sommerso ed irregolare, il documento unico di regolarità contributiva è comprensivo della verifica della congruità della incidenza della mano d'opera relativa allo specifico contratto affidato. Tale congruità, per i lavori edili è verificata dalla Cassa edile in base all'accordo assunto a livello nazionale tra le parti sociali firmatarie del contratto collettivo nazionale comparativamente più rappresentative per l'ambito del settore edile ed il





Ministero del lavoro e delle politiche sociali; per i lavori non edili è verificata in comparazione con lo specifico contratto collettivo applicato.

18. I piani di sicurezza di cui al decreto legislativo del 9 aprile 2008, n. 81 sono messi a disposizione delle autorità competenti preposte alle verifiche ispettive di controllo dei cantieri. L'affidatario è tenuto a curare il coordinamento di tutti i subappaltatori operanti nel cantiere, al fine di rendere gli specifici piani redatti dai singoli subappaltatori compatibili tra loro e coerenti con il piano presentato dall'affidatario. Nell'ipotesi di raggruppamento temporaneo o di consorzio, detto obbligo incombe al mandatario. Il direttore tecnico di cantiere è responsabile del rispetto del piano da parte di tutte le imprese impegnate nell'esecuzione dei lavori.

19. L'affidatario che si avvale del subappalto o del cottimo deve allegare alla copia autentica del contratto la dichiarazione circa la sussistenza o meno di eventuali forme di controllo o di collegamento a norma dell'articolo 2359 del codice civile con il titolare del subappalto o del cottimo. Analoga dichiarazione deve essere effettuata da ciascuno dei soggetti partecipanti nel caso di raggruppamento temporaneo, società o consorzio.

La stazione appaltante provvede al rilascio dell'autorizzazione di subappalto entro trenta giorni dalla relativa richiesta; tale termine può essere prorogato una sola volta, ove ricorrano giustificati motivi. Trascorso tale termine senza che si sia provveduto, l'autorizzazione si intende concessa. Per i subappalti o cottimi di importo inferiore al 2 per cento dell'importo delle prestazioni affidate o di importo inferiore a 100.000 euro, i termini per il rilascio dell'autorizzazione da parte della stazione appaltante sono ridotti della metà.

20. L'esecuzione delle prestazioni affidate in subappalto non può formare oggetto di ulteriore subappalto.

21. Le disposizioni di cui al presente articolo si applicano anche ai raggruppamenti temporanei e alle società anche consortili, quando le imprese riunite o consorziate non intendono eseguire direttamente le prestazioni scorporabili, nonché alle associazioni in partecipazione quando l'associante non intende eseguire direttamente le prestazioni assunte in appalto; si applicano altresì agli affidamenti con procedura negoziata.

22. Le stazioni appaltanti rilasciano i certificati necessari per la partecipazione e la qualificazione di cui all'articolo 83, comma 1, e all'articolo 84, comma 4, lettera d), del codice, all'appaltatore, scomputando dall'intero valore dell'appalto il valore e la categoria di quanto eseguito attraverso il subappalto.

I subappaltatori possono richiedere alle stazioni appaltanti i certificati relativi alle prestazioni oggetto di appalto realmente eseguite.

### **ART. 30 MODIFICA DI CONTRATTI DURANTE IL PERIODO D'EFFICACIA**

1. Le modifiche, nonché le varianti, dei contratti di appalto in corso di validità devono essere autorizzate dal RUP con le modalità previste dall'ordinamento della stazione appaltante cui il RUP dipende. I contratti di appalto nei settori ordinari e nei settori speciali possono essere modificati senza una nuova procedura di affidamento nei casi seguenti:

a) se le modifiche, a prescindere dal loro valore monetario, sono state previste nei documenti di gara iniziali in clausole chiare, precise e inequivocabili, che possono comprendere clausole di revisione dei prezzi. Tali clausole fissano la portata e la natura di eventuali modifiche nonché le condizioni alle quali esse possono essere impiegate, facendo riferimento alle variazioni dei prezzi e dei costi standard, ove definiti. Esse non apportano modifiche che avrebbero l'effetto di alterare la natura generale del contratto o dell'accordo quadro. Per i contratti relativi ai lavori, le variazioni di prezzo in aumento o in diminuzione possono essere valutate, sulla base dei prezzi di cui all'articolo 23,



comma 7, del codice solo per l'eccedenza rispetto al dieci per cento rispetto al prezzo originario e comunque in misura pari alla metà. Per i contratti relativi a servizi o forniture stipulati dai soggetti aggregatori restano ferme le disposizioni di cui all'articolo 1, comma 511, della legge 28 dicembre 2015, n. 208;

b) per lavori, servizi o forniture, supplementari da parte del contraente originale che si sono resi necessari e non erano inclusi nell'appalto iniziale, ove un cambiamento del contraente produca entrambi i seguenti effetti, fatto salvo quanto previsto dal successivo comma 7 per gli appalti nei settori ordinari:

1) risulti impraticabile per motivi economici o tecnici quali il rispetto dei requisiti di intercambiabilità o interoperabilità tra apparecchiature, servizi o impianti esistenti forniti nell'ambito dell'appalto iniziale;

2) comporti per l'amministrazione aggiudicatrice o l'ente aggiudicatore notevoli disguidi o una consistente duplicazione dei costi;

c) ove siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni, fatto salvo quanto previsto per gli appalti nei settori ordinari dal comma 7:

1) la necessità di modifica è determinata da circostanze imprevedute e imprevedibili per l'amministrazione aggiudicatrice o per l'ente aggiudicatore. In tali casi le modifiche all'oggetto del contratto assumono la denominazione di varianti in corso d'opera. Tra le predette circostanze può rientrare anche la sopravvenienza di nuove disposizioni legislative o regolamentari o provvedimenti di autorità od enti preposti alla tutela di interessi rilevanti;

2) la modifica non altera la natura generale del contratto;

d) se un nuovo contraente sostituisce quello a cui la stazione appaltante aveva inizialmente aggiudicato l'appalto a causa di una delle seguenti circostanze:

1) una clausola di revisione inequivocabile in conformità alle disposizioni di cui alla lettera a);

2) all'aggiudicatario iniziale succede, per causa di morte o per contratto, anche a seguito di ristrutturazioni societarie, comprese rilevazioni, fusioni, scissioni, acquisizione o insolvenza, un altro operatore economico che soddisfi i criteri di selezione qualitativa stabiliti inizialmente, purché ciò non implichi altre modifiche sostanziali al contratto e non sia finalizzato ad eludere l'applicazione del presente codice;

3) nel caso in cui l'amministrazione aggiudicatrice o l'ente aggiudicatore si assuma gli obblighi del contraente principale nei confronti dei suoi subappaltatori;

e) se le modifiche non sono sostanziali ai sensi del comma 4. Le stazioni appaltanti possono stabilire nei documenti di gara soglie di importi per consentire le modifiche.

2. Ferma restando la responsabilità dei progettisti esterni, i contratti possono parimenti essere modificati, oltre a quanto previsto al precedente comma 1, anche a causa di errori o di omissioni del progetto esecutivo che pregiudicano, in tutto o in parte, la realizzazione dell'opera o la sua utilizzazione, senza necessità di una nuova procedura a norma del presente codice, se il valore della modifica è al di sotto di entrambi i seguenti valori:

a) le soglie fissate all'articolo 35 del codice;

b) il 10 per cento del valore iniziale del contratto per i contratti di servizio e fornitura sia nei settori ordinari che speciali ovvero il 15 per cento del valore iniziale del contratto per i contratti di lavori sia nei settori ordinari che speciali. Tuttavia la modifica non può alterare la natura complessiva del contratto o dell'accordo quadro. In caso di più modifiche successive, il valore è accertato sulla base del valore complessivo netto delle successive modifiche.

3. Ai fini del calcolo del prezzo di cui ai commi 1, lettere b) e c), 2 e 7, il prezzo aggiornato è il valore di riferimento quando il contratto prevede una clausola di indicizzazione.

4. Una modifica di un contratto o di un accordo quadro durante il periodo della sua efficacia è considerata sostanziale ai sensi del comma 1, lettera e), quando altera considerevolmente gli





elementi essenziali del contratto originariamente pattuiti. In ogni caso, fatti salvi i commi 1 e 2, una modifica è considerata sostanziale se una o più delle seguenti condizioni sono soddisfatte:

- a) la modifica introduce condizioni che, se fossero state contenute nella procedura d'appalto iniziale, avrebbero consentito l'ammissione di candidati diversi da quelli inizialmente selezionati o l'accettazione di un'offerta diversa da quella inizialmente accettata, oppure avrebbero attirato ulteriori partecipanti alla procedura di aggiudicazione;
- b) la modifica cambia l'equilibrio economico del contratto o dell'accordo quadro a favore dell'aggiudicatario in modo non previsto nel contratto iniziale;
- c) la modifica estende notevolmente l'ambito di applicazione del contratto;
- d) se un nuovo contraente sostituisce quello cui l'amministrazione aggiudicatrice o l'ente aggiudicatore aveva inizialmente aggiudicato l'appalto in casi diversi da quelli previsti al comma 1, lettera d).

5. Le amministrazioni aggiudicatrici o gli enti aggiudicatori che hanno modificato un contratto nelle situazioni di cui al comma 1, lettere b) e c), pubblicano un avviso al riguardo nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea. Tale avviso contiene le informazioni di cui all'allegato XIV, parte I, lettera E, ed è pubblicato conformemente all'articolo 72 per i settori ordinari e all'articolo 130 per i settori speciali.

6. Una nuova procedura d'appalto in conformità al presente codice è richiesta per modifiche delle disposizioni di un contratto pubblico di un accordo quadro durante il periodo della sua efficacia diverse da quelle previste ai commi 1 e 2.

7. Nei casi di cui al comma 1, lettera b), per i settori ordinari il contratto può essere modificato se l'eventuale aumento di prezzo non eccede il 50 per cento del valore del contratto iniziale. In caso di più modifiche successive, tale limitazione si applica al valore di ciascuna modifica. Tali modifiche successive non sono intese ad aggirare il presente codice.

8. La stazione appaltante comunica all'ANAC le modificazioni al contratto di cui al comma 1, lettera b) e al comma 2, entro trenta giorni dal loro perfezionamento. In caso di mancata o tardiva comunicazione l'Autorità irroga una sanzione amministrativa alla stazione appaltante di importo compreso tra 50 e 200 euro per giorno di ritardo. L'Autorità pubblica sulla sezione del sito Amministrazione trasparente l'elenco delle modificazioni contrattuali comunicate, indicando l'opera, l'amministrazione o l'ente aggiudicatore, l'aggiudicatario, il progettista, il valore della modifica.

9. I titolari di incarichi di progettazione sono responsabili per i danni subiti dalle stazioni appaltanti in conseguenza di errori o di omissioni della progettazione di cui al comma 2. Nel caso di appalti aventi ad oggetto la progettazione esecutiva e l'esecuzione di lavori, l'appaltatore risponde dei ritardi e degli oneri conseguenti alla necessità di introdurre varianti in corso d'opera a causa di carenze del progetto esecutivo.

10. Ai fini del presente articolo si considerano errore o omissione di progettazione l'inadeguata valutazione dello stato di fatto, la mancata od erronea identificazione della normativa tecnica vincolante per la progettazione, il mancato rispetto dei requisiti funzionali ed economici prestabiliti e risultanti da prova scritta, la violazione delle regole di diligenza nella predisposizione degli elaborati progettuali.

11. La durata del contratto può essere modificata esclusivamente per i contratti in corso di esecuzione se è prevista nel bando e nei documenti di gara una opzione di proroga. La proroga è limitata al tempo strettamente necessario alla conclusione delle procedure necessarie per l'individuazione di un nuovo contraente. In tal caso il contraente è tenuto all'esecuzione delle prestazioni previste nel contratto agli stessi prezzi, patti e condizioni o più favorevoli per la stazione appaltante.

12. La stazione appaltante, qualora in corso di esecuzione si renda necessario un aumento o una diminuzione delle prestazioni fino a concorrenza del quinto dell'importo del contratto, può imporre



all'appaltatore l'esecuzione alle stesse condizioni previste nel contratto originario. In tal caso l'appaltatore non può far valere il diritto alla risoluzione del contratto.

13. Si applicano le disposizioni di cui alla legge 21 febbraio 1991, n. 52. Ai fini dell'opponibilità alle stazioni appaltanti, le cessioni di crediti devono essere stipulate mediante atto pubblico o scrittura privata autenticata e devono essere notificate alle amministrazioni debitorie. Fatto salvo il rispetto degli obblighi di tracciabilità, le cessioni di crediti da corrispettivo di appalto, concessione, concorso di progettazione, sono efficaci e opponibili alle stazioni appaltanti che sono amministrazioni pubbliche qualora queste non le rifiutino con comunicazione da notificarsi al cedente e al cessionario entro quarantacinque giorni dalla notifica della cessione. Le amministrazioni pubbliche, nel contratto stipulato o in atto separato contestuale, possono preventivamente accettare la cessione da parte dell'esecutore di tutti o di parte dei crediti che devono venire a maturazione. In ogni caso l'amministrazione cui è stata notificata la cessione può opporre al cessionario tutte le eccezioni opponibili al cedente in base al contratto relativo a lavori, servizi, forniture, progettazione, con questo stipulato.

14. Per gli appalti e le concessioni di importo inferiore alla soglia comunitaria, le varianti in corso d'opera dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture sono comunicate dal RUP all'Osservatorio di cui all'articolo 213, tramite le sezioni regionali, entro trenta giorni dall'approvazione da parte della stazione appaltante per le valutazioni e gli eventuali provvedimenti di competenza. Per i contratti pubblici di importo pari o superiore alla soglia comunitaria, le varianti in corso d'opera di importo eccedente il dieci per cento dell'importo originario del contratto, incluse le varianti in corso d'opera riferite alle infrastrutture strategiche, sono trasmesse dal RUP all'ANAC, unitamente al progetto esecutivo, all'atto di validazione e ad una apposita relazione del responsabile unico del procedimento, entro trenta giorni dall'approvazione da parte della stazione appaltante. Nel caso in cui l'ANAC accerti l'illegittimità della variante in corso d'opera approvata, essa esercita i poteri di cui all'articolo 213. In caso di inadempimento agli obblighi di comunicazione e trasmissione delle varianti in corso d'opera previsti, si applicano le sanzioni amministrative pecuniarie di cui all'articolo 213, comma 12.

#### **ART. 31 PAGAMENTO DEI LAVORI – RITARDI NEI PAGAMENTI**

I pagamenti in acconto in corso d'opera saranno effettuati al raggiungimento dell'importo pari a Euro 150.000,00 (centocinquantomila/00) al netto del ribasso d'asta ed applicando le ritenute di garanzia nella misura dello 0,5% di cui all'art. 30, comma 5, del D.Lgs. 50/2016.

L'Amministrazione dispone il pagamento a valere sulle ritenute suddette in quanto dovuto per le inadempienze accertate dagli enti competenti che ne richiedano il pagamento nei modi e nelle forme di legge.

Le ritenute di cui sopra possono essere svincolate soltanto in sede di liquidazione del conto finale, dopo l'approvazione del collaudo provvisorio, ove gli enti suddetti non abbiano comunicato all'Amministrazione committente eventuali inadempienze entro il termine di trenta giorni dal ricevimento della richiesta del Responsabile del Procedimento.

L'emissione del certificato di pagamento di cui al comma 15 dell'art. 194 del D.Lgs. 50/2016 è subordinata all'acquisizione da parte della stazione appaltante di DURC regolare.

Con riferimento ai pagamenti in acconto, il documento unico di regolarità contributiva (DURC) è richiesto per i seguenti soggetti:

Impresa o ATI appaltatrice; nel caso di A.T.I. il DURC è richiesto nei confronti delle imprese che hanno effettivamente operato nel periodo considerato dal S.A.L.;

Imprese subappaltatrici che hanno eseguito i lavori in subappalto durante il periodo considerato dal SAL. Per le imprese subappaltatrici che hanno concluso i lavori nel periodo di riferimento del SAL, il



relativo DURC è richiesto con riferimento alle date di effettivo svolgimento dei lavori, come dichiarata dall'appaltatore ed accertata dal Direttore lavori.

Con riferimento al pagamento del saldo, il DURC è chiesto con riferimento all'impresa o all'ATI appaltatrice nonché ai subappaltatori che hanno concluso i lavori in subappalto successivamente all'ultimo SAL liquidato.

#### **ART. 32 PREZZI UNITARI PER LA CONTABILIZZAZIONE DEI LAVORI A MISURA**

Per la contabilizzazione dei lavori a misura i prezzi unitari da applicare sono quelli riportati nella lista delle lavorazioni offerti dall'aggiudicatario in sede di gara, al netto degli oneri per la sicurezza, applicato il ribasso percentuale offerto.

I prezzi unitari netti di tale elenco vanno anche utilizzati per eventuali varianti ai sensi dell'art. 106 D.lgs.50/2016, aumenti o diminuzioni, od anche nel caso in cui dovessero trovare applicazione i disposti di cui all'articolo relativo alla risoluzione del contratto o alla esecuzione d'ufficio.

Ove si tratti di voci di lavoro non comprese nell'elenco prezzi contrattuale (lista di cui all'offerta a unico ribasso percentuale), qualora le stesse voci siano rilevabili o assimilabili tra quelle del vigente Preziario Ufficiale di riferimento del Provveditorato Opere Pubbliche della Regione Toscana, resta convenuto che i prezzi di detto elenco verranno utilizzati con applicazione dello stesso ribasso d'asta contrattuale: in assenza di tale riscontro si procederà alla determinazione ed approvazione dei nuovi prezzi in conformità alla normativa vigente.

#### **ART. 33 LAVORI IN ECONOMIA**

...omissis...

#### **ART. 34 CAUZIONE PROVVISORIA E DEFINITIVA - ASSICURAZIONI**

Con riferimento ai disposti del D.lgs. 50/2016, l'Appaltatore è tenuto a corredare la propria offerta, in sede di gara, con una cauzione provvisoria. L'aggiudicatario è tenuto a costituire una garanzia definitiva ai sensi dell'art. 103 del D.lgs. 50/2016.

Ai sensi dell'art. 103 del D.lgs. 50/2016, la garanzia fidejussoria è progressivamente svincolata in proporzione all'avanzamento dell'esecuzione dei lavori, nel limite massimo del 80 per cento dell'iniziale importo garantito. Secondo quanto specificato dal sopra richiamato articolo, lo svincolo è automatico, senza benestare del committente, in occasione dell'emissione degli stati d'avanzamento ed entro tale limite, sulla base di copia autentica dello stato d'avanzamento o altro documento, quale registro di contabilità o relativo sommario o certificato di pagamento, in originale o in copia autentica. Il residuo 20% dell'iniziale importo garantito permane fino alla data di emissione del certificato di collaudo provvisorio.

Della stessa garanzia la stazione Appaltante ha il diritto di avvalersi per il pagamento di quanto dovuto dall'Appaltatore per inadempienze o per l'eventuale maggiore spesa sostenuta per il completamento dei lavori, nel caso di esecuzione in danno.

A garanzia dell'osservanza delle norme e prescrizioni in materia di contratti collettivi, tutela, sicurezza, salute, assicurazione e assistenza ai lavoratori, sull'importo netto progressivo dei lavori è operata una ritenuta a garanzia dello 0,50%.

Al fine di portare a conoscenza gli enti interessati – INPS, INAIL e Cassa Edile – dell'avvio e dello svolgimento degli impegni contrattuali dell'Appaltatore, e di ottenere il rilascio del documento unico di regolarità contributiva il Responsabile del procedimento darà comunicazione per iscritto, agli enti



suddetti, dell'intervenuta emissione di ogni certificato di pagamento, e all'atto della redazione del conto finale e del certificato di collaudo o di regolare esecuzione.

Il DURC (documento unico regolarità contributiva) deve essere presentato, in corso di validità e con esito positivo, alla Stazione Appaltante prima dell'inizio dei lavori.

Sempre ai fini della verifica della regolarità contributiva nei riguardi degli stessi enti, l'Appaltatore è tenuto a tra-smettere le copie dei versamenti contributivi, previdenziali e assicurativi con cadenza almeno trimestrale e comunque in sede di emissione dei certificati di pagamento ove richiesto dal Direttore dei lavori o dal Responsabile del procedimento.

Allo svincolo della ritenuta di garanzia dello 0,50%, si provvede unitamente con la rata di saldo soltanto in assenza di eventuali inadempienze, che gli enti competenti devono comunicare, entro trenta giorni dal ricevimento della richiesta effettuata dal Responsabile del procedimento in sede di redazione del conto finale, nel documento unico di regolarità contributiva.

Nel caso di inadempienze accertate e di richieste di pagamento da parte degli enti suddetti, l'Appaltante mantiene vincolata la ritenuta suddetta, invita il richiedente a promuovere il formale pignoramento delle somme dovute e ne dispone il pagamento sulla base della richiesta formulata nelle previste forme di legge nei limiti dell'importo di tale ritenuta; per la parte eventualmente eccedente l'importo di tale ritenuta si applicano le disposizioni di cui all'art. 351 della legge n.

2248/1865, secondo quanto specificato al successivo art. 12, ultimo periodo. Ai sensi della Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 13/05/1986, n. 880 viene stabilito che:

1. Nell'esecuzione dei lavori che formano oggetto del presente appalto, l'impresa si obbliga ad applicare integralmente tutte le norme contenute nel contratto collettivo nazionale di lavoro per gli operai dalle aziende industriali edili ed affini e negli accordi locali integrativi dello stesso, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i lavori suddetti.
2. L'impresa è responsabile, in rapporto alla stazione appaltante, dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori (o sub-affidatari) nei confronti dei rispettivi loro dipendenti, anche nei casi in cui il contratto collettivo non disciplini l'ipotesi del subappalto. Il fatto che il subappalto non sia stato autorizzato, non esime l'impresa dalla responsabilità di cui al comma precedente e ciò senza pregiudizio degli altri diritti della stazione appaltante.
3. In caso di inottemperanza agli obblighi testé precisati accertata dalla stazione appaltante o ad essa segnalata dall'Ispettorato del lavoro, la stazione appaltante medesima comunicherà all'impresa e, se del caso, anche all'Ispettorato suddetto, l'inadempienza accertata e procederà ad una detrazione del 20% sui pagamenti in acconto, se i lavori sono in corso di esecuzione, ovvero alla sospensione del pagamento del saldo, se i lavori sono ultimati, destinando le somme così accantonate a garanzia dell'adempimento degli obblighi di cui sopra. Il pagamento all'impresa delle somme accantonate non sarà effettuato sino a quando dall'Ispettorato del lavoro non sia stato accertato che gli obblighi predetti sono stati integralmente adempiuti. Per le detrazioni dei pagamenti di cui sopra, l'impresa non può opporre eccezione alla stazione appaltante, né il titolo a risarcimento di danni.

Ad intervenuto accertamento della regolarità contributiva nei riguardi degli enti previdenziali e assicurativi, l'importo costituito dalla ritenuta suddetta confluisce nella rata di saldo finale che, trascorsi 90 giorni dall'emissione del certificato di collaudo provvisorio ovvero del certificato di regolare esecuzione, va liquidata previa costituzione di garanzia fideiussoria, come disposto dall'art. 235 del D.P.R. n. 207/2010; garanzia da svincolare, come precisato al relativo articolo.

Costituisce onere dell'Appaltatore, da ritenersi compreso nel corrispettivo dell'appalto, la stipula delle polizze riguardanti le assicurazioni appresso specificate, espressamente previste dall'art. 103 comma 7 del D.Lgs. 50/2016:

- 1) assicurazione che copra il danno per l'Appaltante nel caso di danneggiamento o di distruzione parziale o totale di impianti ed opere durante l'esecuzione dei lavori, con massimale pari all'importo



del contratto ovvero, con un importo superiore, dandone, in quest'ultimo caso, specifica motivazione sul bando di gara;

2) assicurazione contro la responsabilità civile verso terzi, decorrente dalla data di consegna dei lavori fino all'emissione del certificato di collaudo provvisorio o del certificato di regolare esecuzione, e comunque non oltre 12 mesi dall'ultimazione, con un massimale di € 500.000,00 (euro cinquecentomila/00).

Si rimarca che: le polizze di cui ai precedenti punti 1) e 2) devono recare la dichiarazione di vincolo a favore dell'Appaltante e devono coprire l'intero periodo dell'appalto fino all'intervenuta emissione del certificato di collaudo provvisorio o del certificato di regolare esecuzione o comunque decorsi dodici mesi dalla data di ultimazione dei lavori; devono altresì risultare in regola con il pagamento del relativo premio per lo stesso periodo indicato e devono essere trasmesse all'Appaltante almeno 10 giorni prima dell'inizio dei lavori.

#### **ART. 35 NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

L'Impresa, nell'esecuzione dei lavori, è tenuta alla scrupolosa osservanza delle norme contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto - parte II.

Nell'esecuzione dei lavori l'Impresa è altresì obbligata ad osservare ed a far osservare dal proprio personale tutte le norme antinfortunistiche e sulla sicurezza del lavoro vigenti all'epoca dei lavori, applicando i documenti all'uopo redatti ai sensi dell'art. 39 del DPR 207/2010.

L'Impresa è diretta ed unica responsabile di ogni conseguenza negativa, sia civile che penale, derivante dalla inosservanza o dalla imperfetta osservanza delle norme di cui ai precedenti articoli.

Ordine da tenersi nell'avanzamento lavori.

L'Impresa ha la facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più opportuno per darli perfettamente compiuti nel termine stabilito dal programma di avanzamento lavori e nel termine contrattuale purché esso, a giudizio della Direzione Lavori, non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi dell'Amministrazione.

Tuttavia l'Amministrazione ha diritto di prescrivere l'esecuzione ed il compimento di determinati lavori entro un ragionevole termine, anche in difformità delle indicazioni del citato programma, specialmente in relazione ad esigenze di ordine od interesse pubblico, senza che l'Impresa possa rifiutarvisi ed avanzare pretese di particolari compensi.

Lavori eseguiti ad iniziativa dell'Impresa.

Qualora l'Impresa, di propria iniziativa, anche dopo aver informato l'Ufficio di Direzione Lavori e senza opposizione del medesimo, eseguisse maggiori lavori od impiegasse materiali di dimensioni eccedenti, o di lavorazione più accurata, o di maggior pregio rispetto a quelli previsti od autorizzati, e sempre che l'Amministrazione accetti le opere così come eseguite, l'Impresa non avrà diritto ad alcun aumento dei prezzi e comunque ad alcun compenso, quali che siano i vantaggi che possano derivare all'Amministrazione stessa, ed i materiali e le lavorazioni suddette si considereranno delle dimensioni e qualità previste in progetto.

#### **ART. 36 ONERI E RESPONSABILITÀ A CARICO DELL'IMPRESA**

Oltre agli oneri prescritti dal presente Capitolato, dalle vigenti disposizioni di legge, dagli articoli ancora in vigore del Regolamento approvato con D.P.R. 05/10/2010 n. 207, dal D.Lgs. n. 50/2016 e dal Capitolato Generale approvato con D.M. 19/04/2000 n. 145, qualora non espressamente previsti tra gli oneri contrattuali e quindi compensati o con la specifica voce di elenco prezzi od in altro modo indicato negli elaborati, sono a carico dell'Impresa:



La salvaguardia dei corpi arginali e delle fasce di rispetto individuate dal R.D. 523/1904, assicurandone la inalterabilità ed indeformabilità riconducibile al transito dei mezzi d'opera; quindi ripristini valutati e ordinati dalla D.L.

**La ditta appaltatrice dei lavori si assume la responsabilità diretta di provvedere a segnalare tempestivamente alla D.L., eventuali dissesti esistenti o creati sul corpo arginale del corso d'acqua (quali franamenti, sifonamenti, erosioni, alterazioni guado provvisorio) predisponendo una documentazione fotografica che attesti il dissesto e predisponendo con particolare cura, qualora ne esistessero gli estremi, una segnaletica di avvertimento del pericolo per persone/cose.**

La conservazione ed il ripristino delle vie, dei passaggi e dei servizi, pubblici o privati, che venissero interrotti per l'esecuzione dei lavori, provvedendovi a proprie spese con opportune opere provvisorie.

La sorveglianza del cantiere, sia diurna che notturna e la custodia di tutti i materiali, impianti e mezzi d'opera esistenti nello stesso (siano essi di pertinenza dell'Impresa che avute in consegna dall'Amministrazione appaltante), nonché delle opere eseguite od in corso di esecuzione. Tale vigilanza si intende estesa anche ai periodi di sospensione dei lavori e dal periodo intercorrente tra l'ultimazione ed il collaudo, salvo l'anticipata consegna delle opere all'Amministrazione appaltante limitatamente alle opere consegnate.

**L'impresa esecutrice si assume la responsabilità diretta di segnalare alla D.L. progressivamente con l'andamento dei lavori e prima dell'esecuzione di essi, eventuali fenomeni di moria di ittiofauna riscontrate all'interno della sezione idraulica del fiume Bisenzio, al fine di consentire all'amministrazione di gestire il fenomeno riscontrato con gli altri Enti competenti in materia.**

L'impresa esecutrice si impegna ad effettuare abbruciamenti del materiale legnoso residuo delle lavorazioni solo nei casi e con le modalità consentite dagli Enti competenti ai quali l'impresa appaltatrice dovrà rivolgersi preventivamente per le autorizzazioni.

La fornitura alla Direzione Lavori di personale tecnico e/o di canneggiatori, per l'effettuazione dei rilievi, delle misure di controllo delle lavorazioni eseguite, per la contabilizzazione di queste ultime e per quant'altro.

**L'impiego di almeno due operai che, su propria iniziativa oppure su ordine della D.L., e comunque in occasione di ogni evento meteorologico durante il periodo in cui è in essere il guado, verifichino il fiume Bisenzio.**

**Con riferimento al periodo in cui sarà in essere il guado provvisorio e' inoltre onere dell'impresa garantire la reperibilità del direttore di cantiere 24 ore su 24 e la disponibilità nella stessa reperibilità di 2 maestranze e di tutti i mezzi e le attrezzature ritenute necessarie per un eventuale rimozione del guado medesimo comprese le tubazioni di diam.1ml che dovrà essere terminata entro 6 ore dall'ordine di servizio impartito dalla Direzione Lavori in seguito ad un'eventuale allerta meteo o casi eccezionali di piena.**

L'impresa esecutrice autorizzerà al libero accesso alla Direzione Lavori ed al personale di assistenza e sorveglianza, in qualsiasi momento, nei cantieri di lavoro o di produzione dei materiali per le prove, i controlli, le misure e le verifiche previste dal presente capitolato.

L'impresa esecutrice autorizzerà il libero accesso delle altre Imprese o Ditte ed al relativo personale dipendente, ai cantieri di lavoro per tutto il tempo occorrente all'esecuzione dei lavori o delle forniture scorporate.

Le pratiche presso Amministrazioni, Enti e privati per permessi, licenze, concessioni, autorizzazioni, per opere di presidio, occupazioni temporanee e definitive di suoli pubblici o privati, interruzioni provvisorie di pubblici servizi, attraversamenti, trasporti speciali nonché le spese ad essi relative per





tasse, diritti, indennità, canoni, cauzioni etc. In difetto rimane ad esclusivo carico dell'Impresa ogni eventuale multa o contravvenzione nonché il risarcimento degli eventuali danni.

Il pagamento degli oneri ittogenici derivanti da danni alla fauna ittica presente, secondo le stime dell'Ufficio competente.

L'esecuzione delle analisi per la caratterizzazione dei materiali terrosi e le prove di classificazione AASHO e compattazione Proctor dei materiali terrosi dei rilevati arginali, nel numero e secondo le indicazioni della Direzione Lavori;

L'esecuzione delle prove previste dalle NCT/2008 nel numero e secondo le indicazioni della Direzione Lavori;

Il rispetto dei termini di confine verso le proprietà di terzi.

Tutto quanto occorra in genere per dare completamente ultimati a perfetta regola d'arte i lavori.

La riparazione di danni che, per ogni causa o per negligenza dell'Impresa, fossero arrecati ai materiali/opere presenti in cantiere.

La riparazione dei danni, dipendenti anche da forza maggiore, che si verificassero alle attrezzature ed a tutte le opere provvisorie.

La completa responsabilità per danni a persona ed a cose, di carattere amministrativo, civile e penale.

Su richiesta della Direzione Lavori la fornitura di informazioni statistiche con cadenza ogni sette giorni:

numero degli operai impiegati distinti nelle varie categorie, per ciascun giorno della settimana, con le relative ore lavorative;

genere di lavori eseguito nella settimana, giorni in cui non si è lavorato e cause relative.

**La fornitura di cartelli indicatori e la relativa installazione, nel sito indicato dalla Direzione Lavori, entro una settimana dalla consegna dei lavori.** I cartelloni, delle dimensioni di m. 1,00 x 0,70, o altre richieste dall'Ufficio di Direzione Lavori, reccheranno la denominazione dell'Ente Appaltante, la località di esecuzione dei lavori, il nome dei progettisti, del direttore dei lavori, del direttore operativo, la tipologia dei lavori nonché il nominativo dell'impresa esecutrice e l'importo dei lavori. Tanto i cartelli che le armature di sostegno dovranno essere eseguiti con materiali di adeguata resistenza e di decoroso aspetto e mantenuti in ottimo stato fino al collaudo dei lavori. L'impresa esecutrice dovrà poi provvedere alla rimozione degli stessi al momento della data del certificato di ultimazione dei lavori per non incorrere in penali di ritardo al tempo utile dell'esecuzione dei lavori determinato nel capitolato speciale d'appalto.

La pulizia del cantiere e lo sgombero, a lavori ultimati, delle attrezzature, dei materiali residui e di quant'altro non utilizzato.

Tutte le spese e tutti i carichi fiscali - nessuno escluso - inerenti e conseguenti alla stipulazione del contratto, nonché degli eventuali atti complementari dello stesso, compresi i diritti di segreteria che non siano per legge ad esclusivo carico della Stazione Appaltante e comprese, infine, le relative eventuali variazioni nel corso dell'esecuzione del contratto.

**L'impresa è tenuta all'osservanza ed all'adempimento delle norme previste dal D. Lgs. 81/2008 e s.m.i. mediante l'approvvigionamento dei materiali ed attrezzature per la prevenzione antinfortunistica e la protezione dei lavoratori nei seguenti specifici temi:**

la sicurezza, l'igiene e la salute sul luogo di lavoro;

prevenzione antinfortunistica e la protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione durante il lavoro ad agenti nocivi di natura chimica, fisica o biologica ed al rischio di schiacciamento per ribaltamento del mezzo utilizzato per le operazioni di sfalcio;

informazione dei lavoratori dei rischi specifici cui sono esposti e delle norme essenziali di prevenzione;



inquinamento industriale, acustico ed atmosferico;  
responsabilità nei confronti di terzi.

Tutti gli oneri conseguenti l'integrale applicazione della vigente normativa sulla "sicurezza dei cantieri" ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.

L'impresa esecutrice dei lavori è tenuta alla scrupolosa osservanza di quanto previsto dal D.Lgs.152/2006 e s.m.i., parte IV, in materia di gestione dei rifiuti prodotti dalle lavorazioni in cantiere, con ciò richiedendo che ne venga regolarmente assicurata la raccolta e il conferimento per mezzo di ditte autorizzate, con contestuale compilazione e conservazione del relativo formulario di trasporto rifiuti ai fini del rispetto della tracciabilità ai sensi dell'art. 188-bis del citato D.Lgs. con il quale l'impresa esecutrice dei lavori assume in tutti i casi la responsabilità del produttore e del detentore rifiuti, ai sensi dell'art. 183, lett. g) e h) e dell'art. 188, comma 1 del suddetto D.Lgs..

L'Impresa è tenuta ad attuare quanto contenuto nei piani di sicurezza previsti dal D.Lgs. 81/2008.

Qualora l'Impresa non adempia a tutti questi obblighi, l'Amministrazione sarà in diritto, previo avviso scritto e, nel caso che questo resti senza effetto, entro il termine fissato dalla notifica, di provvedere direttamente a quanto necessario, qualunque sia la spesa, disponendo il dovuto pagamento con speciali ordinativi a carico dell'Impresa. In caso di rifiuto o di ritardo di tali pagamenti da parte dell'Impresa, questi saranno fatti d'Ufficio e l'Amministrazione tratterà pari importo sul successivo acconto.

Tutti gli oneri e gli obblighi sopra specificati sono considerati come inclusi e distribuiti proporzionalmente nei prezzi di contratto, per cui nessun compenso spetta all'Impresa neppure nel caso di proroghe del termine contrattuale di ultimazione dei lavori.

Compete all'Appaltatore l'assunzione di tutte le iniziative e lo svolgimento di tutte le attività necessarie per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme legislative e regolamentari vigenti, delle scadenze temporali contrattualmente stabilite e di tutti gli altri impegni contrattuali, assumendo, oltre alle iniziative connesse all'osservanza della normativa sulla sicurezza precisata al relativo articolo, tutti gli ulteriori conseguenti oneri, con particolare riferimento:

- alla tempestiva elaborazione e al puntuale rispetto del programma di esecuzione dei lavori di cui al successivo art. 15;
- all'elaborazione di tutti gli eventuali esecutivi di cantiere che ritenga necessari in relazione alla propria organizzazione di lavoro, ai propri mezzi d'opera e ad esigenze legate a subappalti o forniture, da sottoporre all'approvazione del Direttore dei lavori per la verifica del rigoroso rispetto dei progetti esecutivi posti a base d'appalto;
- alla tempestiva presentazione, al competente Ufficio Tecnico del Genio Civile, della richiesta di autorizzazione di cui all'art. 4 della legge n. 1086/71 e all'art. 17 della legge n. 64/74 e s.m.i., completa dei previsti allegati, per le opere strutturali in appalto ed eventualmente oggetto di proposta di variante da parte dello stesso Appaltatore secondo le modalità stabilite nel capitolato speciale, previa approvazione del Direttore dei lavori e del Responsabile del procedimento.
- alla tempestiva segnalazione al Direttore dei lavori di eventuali discordanze nella documentazione contrattuale, ai sensi e per gli effetti di cui al precedente articolo;
- alla tempestiva presentazione al Direttore dei lavori delle campionature, complete delle necessarie certificazioni, nonché alla effettuazione delle prove tecniche di cui al successivo art. 19;
- all'organizzazione razionale delle lavorazioni, tenendo conto delle esigenze logistiche del cantiere e della viabilità d'accesso, in considerazione della specifica natura dell'intervento e dei luoghi e dell'eventuale interferenza con le contestuali attività in corso da parte di terzi o di altre imprese, assicurando la sicurezza di lavoratori e di terzi ed evitando di arrecare danni all'ambiente ed alle zone interessate;





- all'obbligo di trasporto a discariche autorizzate del materiale inerte di risulta da scavi, demolizioni o residuati di cantiere e del conseguente obbligo di presentazione al Direttore dei lavori della documentazione attestante
- l'intervenuto deposito in dette discariche dei quantitativi di materiali corrispondenti a quelli contabilizzati; all'obbligo, a lavori ultimati, di ripristino dello stato dei luoghi interessato dalla viabilità di cantiere e all'eliminazione di ogni residuo di lavorazione

In aggiunta a quanto già specificato ai precedenti commi, sono a carico dell'Appaltatore gli ulteriori oneri ed obblighi appresso riportati, di cui l'Appaltatore ha tenuto conto nella formulazione della propria offerta e pertanto senza titolo a compensi particolari o indennizzi di qualsiasi natura:

- il rilievo planaltimetrico e/o lo stato di consistenza delle aree e/o degli immobili ante operam secondo le indicazioni del Direttore dei lavori;
- l'accertamento dell'eventuale presenza sull'area di reti di impianti aeree, superficiali o interrati o diicoli e canalizzazioni, fermo restando che, ove il Direttore dei lavori ne disponga lo spostamento, questo dovrà essere effettuato;
- l'affidamento della custodia del cantiere, diurna e notturna, a personale provvisto della qualifica di guardiano particolare giurato;
- l'acquisizione tempestiva di tutte le autorizzazioni o licenze necessarie per l'impianto, il servizio e la gestione del cantiere, nonché, in genere, di quelle comunque necessarie per l'esecuzione delle opere oggetto dell'appalto;
- la tempestiva richiesta e l'ottenimento degli allacciamenti provvisori per l'approvvigionamento dell'acqua, dell'energia elettrica e del telefono necessari per l'esercizio del cantiere e per l'esecuzione dei lavori appaltati, nonché tutti gli oneri relativi a contributi, lavori e forniture per l'esecuzione di detti allacciamenti provvisori, oltre alle spese per le utenze e i consumi dipendenti dai predetti servizi;
- il ricorso, in caso di ritardo o impossibilità negli allacciamenti da parte degli enti erogatori o di insufficienza delle erogazioni, a mezzi sussidiari che consentano la regolare esecuzione dei lavori;
- la realizzazione e il mantenimento, a propria cura e spese, delle vie e dei passaggi interessati dall'esecuzione dei lavori, la costruzione di eventuali ponti di servizio, passerelle, accessi e recinzioni occorrenti per il servizio del cantiere, previa acquisizione delle necessarie autorizzazioni;
- l'installazione di tabelle e, ove necessario, segnali luminosi, in funzione sia di giorno che di notte, nonché l'adozione di tutti gli accorgimenti necessari per assicurare l'incolumità delle persone e dei mezzi che utilizzino la stessa viabilità e per evitare pericoli per l'interferenza con eventuali altre attività in atto nelle zone adiacenti nonché intralci con le attività di eventuali altre imprese operanti nella stessa zona;
- la manutenzione della viabilità pubblica esistente, per l'eliminazione di eventuali danni o la rimozione di detriti prodotti dai mezzi a servizio del cantiere, nel rispetto delle norme comunali e di quelle del codice della strada e dei relativi regolamenti nonché delle disposizioni che dovessero essere impartite in proposito dai competenti organi e dalla direzione lavori;
- la recinzione del cantiere nonché qualunque spostamento della recinzione stessa si rendesse necessario, durante il corso dei lavori, per consentire il regolare svolgimento delle attività in corso o l'eventuale esecuzione di lavori di competenza di altre imprese, secondo quanto accertato e attestato in occasione della visita ai luoghi richiesta per la partecipazione all'appalto;
- l'adozione dei provvedimenti necessari perché nel caso di sospensione dei lavori con riferimento all'art. 107 del D.Lgs. 50/2016 siano impediti deterioramenti di qualsiasi genere alle opere già eseguite;
- la fornitura alla Direzione dei lavori ed alla Commissione di collaudo di manodopera e di strumenti e materiali necessari per rilievi, determinazione di quote, misurazioni, tracciamenti, prove di carico su strutture o di tenuta degli impianti fino al termine delle operazioni di collaudo;



- la tempestiva presentazione della campionatura di materiali, semilavorati, componenti ed impianti, nonché l'esecuzione delle prove di laboratorio ed analisi non obbligatorie e non prescritte in questo capitolato, richieste dalla Direzione dei lavori e/o dalla Commissione di collaudo per stabilire l'idoneità dei materiali e dei componenti, in conformità a quanto specificato dall'art. 101 del D.Lgs. 50/2016;
- l'assoluto rispetto delle norme vigenti in materia di igiene del lavoro, di prevenzione dagli infortuni sul lavoro e di prevenzione antimafia, nonché delle disposizioni in materia di sicurezza, condizioni di lavoro e di previdenza e assistenza in vigore nel luogo dove devono essere eseguiti i lavori, in conformità di quanto specificato al precedente art. 11;
- la fornitura e posa in opera, all'atto della formazione del cantiere, di due cartelloni con indicazione dei lavori che verranno eseguiti e del relativo importo, dell'Amministrazione appaltante, dell'Impresa aggiudicataria, del Responsabile unico del procedimento, del progettista e collaboratori, del Direttore dei lavori e collaboratori, dei Coordinatori della sicurezza, dell'ufficio di direzione lavori in generale, dei termini contrattuali di inizio e fine lavori, delle eventuali imprese subappaltatrici, con le caratteristiche e secondo il testo da sottoporre all'approvazione preventiva della Direzione dei lavori e del Responsabile unico del procedimento;
- la fornitura mensile all'Appaltante in duplice copia di almeno 15 fotografie, dimostrative dello stato di avanzamento dei lavori e delle opere di maggior rilievo;
- i dati e gli elementi per il progressivo aggiornamento del fascicolo allegato al piano di sicurezza e del piano di manutenzione, ove previsto, in relazione a materiali, componenti e impianti approvati dalla d.l.;
- tutte le pratiche e gli oneri occorrenti per l'occupazione temporanea di aree pubbliche per l'esercizio del cantiere;
- tutte le pratiche e gli oneri occorrenti per la richiesta di trasporti eccezionali e speciali di materiali e mezzi;
- comunicazione alla d.l. dell'eventuale ritrovamento/presenza di sottoservizi non segnalati; in tali casi l'Impresa non potrà accampare alcuna pretesa di compensi, indennizzi, riconoscimento di diritti per disagi e/o frazionamento dei lavori per l'adeguamento del proprio programma esecutivo dei lavori a quello degli Enti erogatori dei servizi.
- la presentazione, l'inoltro ed il ritiro all'Ufficio Tecnico del Genio Civile competente di tutti gli elaborati progettuali redatti da tecnico abilitato inerenti opere strutturali proposte dall'Impresa a variante rispetto al progetto in appalto (approvata dalla d.l. e dall'Amministrazione), secondo quanto indicato nel presente atto e nel capitolato speciale;
- l'esaurimento e la deviazione con opere provvisorie di eventuali acque superficiali o di dispersione, interferenti con le opere da realizzare; nell'esecuzione dei lavori l'appaltatore dovrà tenere conto della situazione idrica della zona, assicurando il discarico delle acque meteoriche e di rifiuto provenienti dai collettori esistenti, dalle abitazioni, dal piano stradale e dai tetti e cortili;
- l'organizzazione del cantiere al fine di garantire il normale traffico nella viabilità interessata dai lavori, di concerto con la D.L. e l'ufficio preposto della stazione appaltante e del Comune, la richiesta di eventuali Ordinanze presso gli uffici competenti nonché gli eventuali oneri per ottemperare alle prescrizioni indicate nell'ordinanza come ad esempio a titolo non esaustivo segnaletica, transenne, semafori, movieri;
- l'obbligo di presiedere, con il Direttore di cantiere o rappresentante nominato dall'Impresa nelle modalità del presente appalto, non solo ai sopralluoghi della direzione lavori ma obbligatoriamente durante lo svolgimento delle seguenti opere ed attività:
  - prove di carico sul terreno per accertare la resistenza dei piani di posa delle fondazioni di opere d'arte;
  - costruzione di centine o armature e puntelli delle casseforme;
  - verifica delle armature in acciaio del cemento armato;



- getti in calcestruzzo e prelievo provini;
- accertamento della resistenza in opera del calcestruzzo;
- tesature per c.a.p.; saldature, chiodature, serraggio;
- disarmo delle strutture;
- prove di carico sulle opere costruite;
- prove anche parziali di parti e/o componenti degli impianti.

Ad ultimazione dei lavori, competono ancora all'Appaltatore, senza diritto ad alcun ulteriore compenso, i seguenti adempimenti:

- la consegna delle dichiarazioni di conformità dei vari impianti, di qualunque tipologia, rilasciate ai sensi della legislazione vigente in materia da soggetti in possesso dei requisiti tecnico-professionali;
- le richieste di nullaosta e certificati di regolare esecuzione da parte degli Enti dei servizi;
- la predisposizione della documentazione per la richiesta, da parte dell'Appaltante tramite il Responsabile del procedimento, del collaudo dei Vigili del Fuoco, ai fini del rilascio del certificato di prevenzione incendi se necessario per la tipologia di opera appaltata;
- la predisposizione della documentazione necessaria per la richiesta, da parte del Responsabile del procedimento, del certificato di agibilità delle opere se richiesto per la loro tipologia;
- la consegna di tutti gli elaborati grafici illustrativi del tracciato effettivo, delle caratteristiche e della consistenza delle reti dei servizi (elettriche, idriche, fognarie, telefoniche, telematiche, del gas ecc.), completi di indicazioni relative a posizione e profondità di cunicoli, pozzetti di ispezione, quote di scorrimento e quanto altro necessario per soddisfare le esigenze di manutenzione e gestione;
- la consegna di tutta la documentazione relativa a strutture, componenti, impianti e attrezzature, unitamente a calcoli, certificazioni, garanzie, modalità di uso e manutenzione e quanto altro necessario per la relativa gestione e manutenzione, completa degli aggiornamenti che si fossero resi necessari negli elaborati progettuali, nel fascicolo del fabbricato e nel piano di manutenzione, in relazione alle scelte effettuate, conformi alle prescrizioni contrattuali ed approvate dal Direttore dei lavori, nonché alle eventuali varianti regolarmente autorizzate, in conformità di quanto disposto dall'art. 15, comma 4, del D.P.R. n. 207/2010;
- la messa a disposizione di esperti per l'assistenza, alla consegna dell'opera ultimata, per il tempo necessario ad istruire gli incaricati dell'amministrazione usuaria per l'avvio e il regolare funzionamento degli impianti;
- l'onere della guardiania e della buona conservazione delle opere realizzate, fino all'approvazione del certificato di collaudo, qualora non sia stata ancora richiesta ed effettuata la presa in consegna anticipata da parte dell'Appaltante;
- la pulizia di tutte le opere realizzate e degli spazi esterni, lo sgombero di ogni opera provvisoria, di detriti, residui e rifiuti di cantiere, nonché delle attrezzature di proprietà dell'Appaltante, entro il termine indicato dalla Direzione dei lavori in relazione alla data di presa in consegna.
- Le imprese dovranno, a loro cura e spese, informare la cittadinanza sulle modifiche alla circolazione e alla sosta mediante cartelli provvisori, manifesti, comunicazione attraverso gli organi di stampa e, se necessario, volantinaggio alle cassette di posta dei residenti interessati dai provvedimenti o dalle deviazioni o le restrizioni di sosta conseguenti ad essi.

#### **ART. 37 DANNI DIPENDENTI DA FORZA MAGGIORE**

Saranno considerati danni di forza maggiore quelli provocati alle opere da eventi imprevedibili ed eccezionali e per i quali l'Appaltatore non avrà trascurato le normali ed ordinarie precauzioni.

I danni provocati da eventi eccezionali saranno compensati all'Impresa ai sensi e nei limiti stabiliti dal presente Capitolato Speciale d'Appalto.



I danni causati da forza maggiore devono essere denunciati alla Direzione Lavori, a pena di decadenza, entro il termine di cinque giorni da quello del verificarsi il danno.

L'indennizzo per i danni è limitato all'importo dei lavori necessari per l'occorrente riparazione, valutati ai prezzi ed alle condizioni di contratto, con esclusione dei danni e delle perdite di materiali non ancora posti in opera, di utensili, di attrezzature di cantiere e di mezzi d'opera.

Nessun indennizzo è dovuto quando a determinare il danno abbia concorso la colpa dell'Appaltatore o delle persone delle quali esso è tenuto a rispondere.

L'Appaltatore non può sospendere o rallentare l'esecuzione dei lavori, tranne quelle parti per le quali lo stato delle cose debba rimanere inalterato sino a che non sia eseguito l'accertamento dei fatti.

I danni prodotti da piene ai lavori di difesa di corsi d'acqua o di mareggiate, quando non siano stati ancora iscritti a libretto, sono valutati in base alla misurazione provvisoria fatta dagli assistenti di cantiere. Mancando la misurazione, l'Appaltatore può dare dimostrazione dei lavori eseguiti con idonei mezzi di prova, ad eccezione di quella testimoniale.

In particolare nessun compenso sarà dovuto dall'Amministrazione per danni o perdite di materiali non ancora posti in opera, di utensili, di ponti di servizio e di mezzi d'opera.

Nessun indennizzo è dovuto quando a determinare il danno abbia concorso la colpa dell'appaltatore o delle persone delle quali esso è tenuto a rispondere. L'appaltatore non può sospendere o rallentare l'esecuzione dei lavori, tranne in quelle parti per le quali lo stato delle cose debba rimanere inalterato sino a che non sia eseguito l'accertamento dei fatti.

In particolare, al termine della giornata lavorativa, l'Appaltatore è tenuto a portare i mezzi d'opera in quota di sicurezza idraulica o nelle aree appositamente predisposte all'interno del cantiere.

Non saranno considerati danni di forza maggiore: gli smottamenti e le solcature delle scarpate, i dissesti del corpo arginale, gli interramenti degli scavi, gli ammaloramenti degli scavi causati da precipitazioni anche di eccezionale intensità o geli.

Sono altresì a carico dell'appaltatore i lavori occorrenti per rimuovere le materie per qualunque causa scosse negli scavi e per l'allontanamento delle acque meteoriche e/o di infiltrazione dagli scavi.

L'Appaltatore è tenuto a prendere, tempestivamente ed efficacemente, tutte le misure preventive atte ad evitare questi danni e comunque è tenuto alla loro riparazione a sua cura e spese.

#### **ART. 38 OCCUPAZIONE DI TERRENI**

Sono a totale carico dell'Impresa tutte le pratiche ed oneri, ivi comprese le indennità per danni di qualsiasi genere e per perdita di frutti pendenti, connessi con le occupazioni temporanee, al di fuori delle aree demaniali per formazione di cantieri, strade provvisorie e piste di servizio, per deviazioni temporanee di corsi d'acqua e di strade (eccettuate solo quelle eventuali di strade statali provinciali e comunali imposte dalle Amministrazioni interessate in corrispondenza degli attraversamenti di progetto), per cave di prestito, aree di deposito e scarico, ed, in genere, per ogni altra necessità a carattere temporaneo.

#### **ART. 39 RESPONSABILITÀ DELL'IMPRESA**

Sarà obbligo dell'Impresa adottare nell'esecuzione dei lavori tutti i provvedimenti e le cautele necessarie per garantire l'incolumità degli operai; rimane comunque stabilito che l'Impresa assumerà ogni più ampia responsabilità sia civile che penale nel caso di infortuni, della quale responsabilità si intende quindi sollevato il personale preposto alla direzione e sorveglianza.

L'Appaltatore deve osservare le norme e prescrizioni contrattuali dei contratti collettivi, delle leggi e dei regolamenti sulla tutela, sicurezza, salute, assicurazione ed assistenza lavori.



L'Impresa accetta che l'Amministrazione possa ordinare per lo stesso argomento anche maggiori disposizioni precauzionali e protettive, pur restando in ogni caso l'Impresa unica e piena responsabile di ogni eventuale danno alle persone e alle cose, sollevando l'Amministrazione ed il personale di questa compresa la Direzione dei Lavori ed i suoi componenti, da qualsiasi responsabilità.

L'Impresa si obbliga pertanto a rilevare l'Amministrazione e chi per essa, compresa la Direzione dei Lavori ed i suoi componenti, da ogni qualsiasi azione, pretesa e molestia da parte di terzi che abbia comunque origine dalla esecuzione dei lavori o siano comunque in connessione con gli stessi.

L'Appaltatore è l'unico responsabile dell'esecuzione delle opere appaltate in conformità alle migliori regole dell'arte, della rispondenza di dette opere e parti di esse alle condizioni contrattuali, del rispetto di tutte le norme di legge e di regolamento.

Le disposizioni impartite dalla Direzione dei Lavori, la presenza nei cantieri del personale di assistenza e sorveglianza, la eventuale approvazione di opere e disegni e qualunque altro intervento devono intendersi esclusivamente connessi con la miglior tutela dell'Amministrazione e non diminuiscono la responsabilità dell'Appaltatore, che sussiste in modo assoluto ed esclusivo dalla consegna dei lavori al collaudo.

il rispetto di tutte le norme, di qualsiasi grado e fonte normativa, applicabili in relazione all'esecuzione dell'appalto.

L'Impresa è anche obbligata all'osservanza delle norme di legge eventualmente emanate durante l'esecuzione delle opere dalle Autorità statali, regionali, provinciali, comunali aventi giurisdizione sui luoghi delle opere da eseguire.

L'Impresa terrà indenne il Committente da ogni responsabilità, anche verso gli utenti pubblici e privati di disservizi in genere, per danni derivati, anche in minima parte, dal mancato rispetto delle norme che l'Impresa è obbligata ad osservare o comunque dalle modalità di esecuzione dell'opera realizzata.

Il rispetto della normativa non esime l'Impresa dalle proprie responsabilità per l'esecuzione dei lavori a perfetta regola d'arte.

#### **ART. 40 OSSERVANZA DELLE NORME SULLA SICUREZZA**

L'Appaltatore è tenuto a rispettare gli obblighi di cui al D.Lgs. 81/2008, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro; in particolare, a seguire quanto richiamato ai successivi punti:

1. all'osservanza, durante l'esecuzione dei lavori o dell'opera, delle misure generali di tutela di cui all'art. 95 (Titolo IV - "Cantieri temporanei o mobili") del D.Lgs. 81/2008, curando in particolare:
  - il mantenimento del cantiere in condizioni ordinate e di soddisfacente salubrità;
  - la scelta dell'ubicazione di posti di lavoro tenendo conto delle condizioni di accesso a tali posti, definendo vie o zone di spostamento o di circolazione;
  - le condizioni di movimentazione dei vari materiali;
  - la manutenzione, il controllo prima dell'entrata in servizio e il controllo periodico degli impianti e dei dispositivi al fine di eliminare i difetti che possono pregiudicare la sicurezza e la salute dei lavoratori;
  - la delimitazione e l'allestimento delle zone di stoccaggio e di deposito dei vari materiali, in parti colare quando si tratta di materie e di sostanze pericolose;
  - l'adeguamento, in funzione dell'evoluzione del cantiere, della durata effettiva da attribuire ai vari tipi di lavoro o fasi di lavoro;
  - la cooperazione tra datori di lavoro e lavoratori autonomi;



- le interazioni con le attività che avvengono sul luogo, all'interno o in prossimità del cantiere.
2. al rispetto degli obblighi del datore di lavoro di cui all'art. 96 del D.Lgs. 81/2008 , per cui i medesimi:
- adottano le misure conformi alle prescrizioni di cui all'allegato XIII - “prescrizioni di sicurezza e di salute per la logistica di cantiere”;
  - predispongono l'accesso e la recinzione del cantiere con modalità chiaramente visibili e individuabili;
  - curano la disposizione o l'accatastamento di materiali o attrezzature in modo da evitarne il crollo o il ribaltamento;
  - curano la protezione dei lavoratori contro le influenze atmosferiche che possono compromettere la loro sicurezza e la loro salute;
  - curano le condizioni di rimozione dei materiali pericolosi, previo, se del caso, coordinamento con il committente o il responsabile dei lavori;
  - curano che lo stoccaggio e l'evacuazione dei detriti e delle macerie avvengano correttamente;
  - redigono il piano operativo di sicurezza di cui all'articolo 89, comma 1, lettera h).
3. è inoltre tenuto a controllare il rispetto, da parte dei lavoratori autonomi, degli obblighi per quanto con-cerne:
- l'utilizzazione delle attrezzature di lavoro e l'utilizzazione dei dispositivi di protezione individua le in conformità alle disposizioni del titolo III del D.Lgs. 81/2008;
  - l'adeguamento alle indicazioni fornite dal coordinatore per l'esecuzione dei lavori, ai fini della sicurezza.
4. al rispettare gli ulteriori adempimenti previsti dal D.Lgs. 81/2008, riguardanti:
- l'obbligo di fornire non solo a tutto il proprio personale impegnato nel cantiere, ma anche agli eventuali subappaltatori dettagliate informazioni circa rischi, misure di prevenzione e misure di emergenza relative ai rispettivi ambienti di lavoro;
  - promuovere il coordinamento tra gli eventuali subappaltatori per l'adozione delle misure di sicurezza, assicurando la propria partecipazione per la relativa attuazione;
  - curare la reciproca informazione circa le misure di prevenzione e protezione, attuate o da adottare, per eliminare i rischi legati alla interferenza tra i lavoratori della diverse imprese.

In conformità di quanto disposto dalla vigente normativa, entro 30 (trenta) giorni dall'aggiudicazione dell'appalto, e comunque prima della consegna dei lavori, l'Appaltatore è tenuto a consegnare al Coordinatore per l'esecuzione, eventuali proposte integrative del “piano di sicurezza e di coordinamento” (PSC), nonché “il piano operativo di sicurezza” (POS) per quanto attiene alle proprie autonome scelte e relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori. Quando non sussistono gli obblighi della redazione del piano di sicurezza e coordinamento, rispettando i termini summenzionati, l'Appaltatore dovrà presentare il piano sostitutivo della sicurezza (PSS).

Il suddetto piano di “sicurezza e di coordinamento” o il “piano sostitutivo della sicurezza” farà parte integrante dei documenti contrattuali.



Nel caso di consegna in via d'urgenza, da effettuare in pendenza della stipula del contratto d'appalto, ma non prima della scadenza dei suddetti 30 giorni, la mancata presentazione delle proposte integrative e del piano operativo di sicurezza, ovvero del piano sostitutivo della sicurezza, entro il termine disposto comporta il differimento della consegna dei lavori; in tale eventualità, la decorrenza del termine contrattuale resta comunque quella della data corrispondente alla scadenza suddetta.

Il mancato rispetto delle disposizioni sopra richiamate comporta, da parte del Direttore dei lavori e del Coordinatore per la sicurezza in cantiere, in relazione alla gravità delle inadempienze, la sospensione di singole lavorazioni e l'allontanamento di imprese o lavoratori autonomi dal cantiere in caso di gravi inosservanze delle norme in materia di sicurezza, oppure, in caso di reiterata inadempienza, la proposta alla stazione appaltante di risoluzione del contratto ai sensi dell'art. 108 del D.Lgs. 50/2016.

#### **ART. 41 OSSERVANZA DELLE CONDIZIONI NORMATIVE-RETRIBUTIVE RISULTANTI DAI CONTRATTI COLLETTIVI DI LAVORO – TUTELA DEI LAVORATORI**

Nell'esecuzione dei lavori che formano oggetto del presente appalto, ed in relazione alle categorie dei lavori, l'Impresa si obbliga ad applicare integralmente le norme contenute nei contratti collettivi nazionali di lavoro per gli operai dipendenti dalle aziende edili o affini, e negli accordi provinciali integrativi degli stessi, in vigore per il tempo e nella località in cui si svolgono i lavori anzidetti.

L'Impresa si obbliga, altresì, ad applicare il contratto e gli accordi medesimi anche dopo la scadenza e fino alla loro sostituzione e, se cooperative, anche nei rapporti con i soci.

I suddetti obblighi vincolano l'Impresa anche se non sia aderente alle associazioni stipulanti o receda da esse e indipendentemente dalla natura industriale e artigiana, dalla struttura e dimensione dell'Impresa stessa e da ogni altra sua qualificazione giuridica, economica e sindacale.

In caso di inottemperanza agli obblighi precisati nel presente articolo, accertata dalla Stazione Appaltante o ad essa segnalata dall'Ispettorato del Lavoro, la Stazione Appaltante comunicherà all'Impresa e, se del caso, anche all'Ispettorato suddetto, l'inadempienza accertata e potrà procedere nei modi previsti dall'art. 30, commi 5 e 6 del D.Lgs. n. 50/2016.

Per le detrazioni e sospensioni dei pagamenti di cui sopra, L'Impresa non può opporre eccezioni alla Stazione Appaltante né ha titolo a risarcimento danni.

**Identificabilità dei lavoratori: L'appaltatore e gli eventuali subappaltatori devono munire il personale occupato di apposita tessera di riconoscimento corredata di fotografia, contenente le generalità del lavoratore e l'indicazione del datore di lavoro.** I lavoratori sono tenuti ad esporre detta tessera di riconoscimento. Tale obbligo grava anche in capo ai lavoratori autonomi che esercitano direttamente la propria attività nei cantieri, i quali sono tenuti a provvedervi per proprio conto, ovvero nei confronti dei datori di lavoro con meno di dieci dipendenti.

Ai fini della normativa in materia di tutela del lavoro, degli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari l'appaltatore è tenuto al rispetto di tutti gli obblighi derivanti dal D.Lgs. 81/2008 e dalla L. 136/2010.

Ai sensi della art. 105, comma 8 del codice il contraente principale è responsabile in via esclusiva nei confronti della stazione appaltante. L'aggiudicatario è responsabile in solido con il subappaltatore in relazione agli obblighi retributivi e contributivi, ai sensi dell'articolo 29 del decreto legislativo 10 settembre 2003, n. 276. Nelle ipotesi di cui al comma 13, lettere a) e c) del codice, l'appaltatore è liberato dalla responsabilità solidale di cui al primo periodo.





## **ART. 42 CONTO FINALE, COLLAUDO DEFINITIVO E PROVVISORIO DEI LAVORI, PAGAMENTO SALDO**

L'ultimazione dei lavori, in conformità di quanto disposto dall'art. 199, comma 1, del D.P.R. n. 207/2010, deve essere formalmente comunicata per iscritto dall'Appaltatore al Direttore dei lavori, il quale, previa formale convocazione dell'Appaltatore medesimo, provvede ad effettuare il relativo accertamento in contraddittorio, va a redigere in duplice originale, in caso di esito positivo, apposito certificato sottoscritto anche dall'Appaltatore o da un suo rappresentante, e lo trasmette al Responsabile del procedimento per la relativa conferma.

Ove ricorrano le condizioni di cui all'art. 199, comma 2, del D.P.R. n. 207/2010, il Direttore dei lavori può rilasciare il certificato di ultimazione qualora accerti la mancata esecuzione di lavorazioni del tutto marginali e non incidenti sull'uso e sulla funzionalità dei lavori, assegnando formalmente, nello stesso certificato, il termine perentorio di 60 (sessanta) giorni per il relativo completamento e fissando la data per l'effettuazione dell'accertamento in contraddittorio dell'intervenuto adempimento, con la specificazione che la verbalizzazione del mancato rispetto del termine suddetto comporta automaticamente l'inefficacia del certificato di ultimazione e la necessità di redazione di nuovo certificato che accerti l'avvenuto integrale completamento delle lavorazioni sopraindicate.

Copia conforme del certificato di ultimazione viene rilasciata dal Responsabile del procedimento all'Appaltatore che ne abbia fatto richiesta.

Intervenuta l'ultimazione dei lavori, il Responsabile del procedimento provvede a trasmettere al Sindaco del Comune dove si sono svolte le opere, perché venga effettuata, ai sensi dell'art. 218 del D.P.R. n. 207/2010, la pubblicazione di un avviso contenente l'invito per coloro i quali vantino crediti verso l'appaltatore per indebite occupazioni, di aree o stabili e danni arrecati nell'esecuzione dei lavori, a presentare entro un termine non superiore a sessanta giorni le ragioni dei loro crediti e la relativa documentazione.

Entro 60 (sessanta) giorni dalla data del certificato di ultimazione dei lavori il Direttore dei lavori redige il conto finale e lo trasmette al Responsabile del procedimento in conformità di quanto disposto dall'art. 200, comma 1, del D.P.R. n. 207/2010, unitamente a propria relazione e alla documentazione di cui al comma 2 dello stesso articolo. Il conto finale deve essere sottoscritto dall'Appaltatore o dal suo rappresentante, con o senza riserve e con le modalità e le conseguenze di cui all'articolo 201 del citato D.P.R. n. 207/2010, entro 10 (dieci) giorni dall'invito che il Responsabile del procedimento provvede a rivolgergli per iscritto, previo svolgimento delle verifiche di sua competenza.

Ove l'Appaltatore non firmi il conto finale entro il termine come sopra assegnato, o qualora lo firmi senza confermare le riserve iscritte nel registro di contabilità, "il conto finale si ha come da lui definitivamente accettato", come espressamente dispone il comma 3 del richiamato art. 201 del D.P.R. n. 207/2010.

Il conto finale viene trasmesso, nei successivi 15 (quindici) giorni, all'organo di collaudo a cura dello stesso Responsabile del procedimento, unitamente a propria relazione finale riservata, alla documentazione di cui all'art. 202 del richiamato D.P.R. n. 207/2010, integrata dall'ulteriore documentazione di cui all'art. 217 dello stesso Decreto, nonché all'esito dell'avviso ai creditori di cui all'art. 218 del Decreto medesimo e alla dichiarazione di esistenza o meno di intervenuta cessione dei crediti.

Come disposto dal comma 2 dello stesso art. 202 "nella relazione finale riservata, il Responsabile del procedimento esprime parere motivato sulla fondatezza delle domande dell'appaltatore, per le quali non sia intervenuto un accordo bonario di cui all'articolo 205 del D.Lgs. 50/2016.

Secondo il disposto del comma 4 del richiamato art. 217 del D.Lgs. n. 207/2010 fa carico all'organo di collaudo la responsabilità nel custodire la documentazione ricevuta, che va trasmessa in originale, ma il Responsabile del procedimento è tenuto a duplicarla prima della trasmissione e a custodirne copia conforme.



Ai sensi dell'art. 102, comma 3, del D.Lgs. 50/2016, le operazioni di collaudo dovranno concludersi entro 6 mesi dalla data di ultimazione lavoro salvo inadempienze dell'Appaltatore che abbiano ritardato la redazione e la firma del conto finale e fatti altresì salvi gli ulteriori tempi richiesti dall'organo di collaudo, ai sensi dell'articolo 219 del D.P.R. n. 207/2010.

Come già previsto al precedente articolo, l'Appaltatore è tenuto a provvedere alla custodia ed alla buona conservazione, nonché alla gratuita manutenzione per tutte le opere e impianti in genere oggetto dell'appalto fino all'approvazione del collaudo, ferma restando la facoltà dell'Appaltante di richiedere la consegna anticipata di tutte o parte delle opere ultimate, al fine della relativa utilizzazione, previa redazione, da parte dell'organo di collaudo, del verbale di cui all'art. 230 del D.P.R. n. 207/2010.

Qualora la Stazione appaltante, nei limiti previsti dall' articolo 102, comma 2, del D.Lgs. 50/2016, non ritenga necessario conferire l'incarico di collaudo, si darà luogo ad un certificato di regolare esecuzione dei lavori, secondo il disposto dell'art. 237 del D.P.R. 207/2010, da emettersi non oltre tre mesi dalla data di ultimazione dei lavori.

Il pagamento del saldo non costituisce presunzione di accettazione dell'opera, mentre, fermo restando quanto disposto dall'art. 1669 del codice civile, l'Appaltatore risponde per difformità e vizi dell'opera, ancorché riconosci-bili, purché denunciati prima che il collaudo divenga definitivo.

I lavori di gratuita manutenzione, legati a difetti di esecuzione, ritenuti indifferibili a insindacabile giudizio dell'Appaltante, alla cui esecuzione l'Appaltatore non abbia provveduto nei termini che gli siano stati prescritti, sono eseguiti direttamente in economia dallo stesso Appaltante, con applicazione delle procedure di cui alla normativa vigente, con addebito della relativa spesa all'Appaltatore inadempiente.

La presa in consegna delle opere ultimate oggetto dell'appalto da parte dell'Appaltante deve risultare da apposito verbale in duplice originale, sottoscritto dal Direttore dei lavori, dal Responsabile del procedimento, dal rappresentante dell'amministrazione usuaria incaricato della gestione e dall'Appaltatore o suo rappresentante, unita-mente ad uno stato di consistenza redatto in contraddittorio tra le parti e alla consegna di tutta la documentazione di cui agli obblighi ed oneri dell'appaltatore come da articolo relativo.

#### **ART. 43 DIREZIONE TECNICA DEL CANTIERE, UFFICIO DL PER REALIZZAZIONE DELLE OPERE**

L'Appaltatore che non conduce i lavori personalmente deve conferire mandato con rappresentanza a persona fornita dei requisiti d'idoneità tecnici e morali, per l'esercizio delle attività necessarie per l'esecuzione dei lavori a norma del contratto. L'Appaltatore rimane responsabile dell'operato del suo rappresentante.

L'Appaltatore o il suo rappresentante deve, per tutta la durata dell'appalto, garantire la presenza sul luogo dei lavori.

Quando ricorrono gravi e giustificati motivi l'Amministrazione committente, previa motivata comunicazione all'Appaltatore, ha diritto di esigere il cambiamento immediato del suo rappresentante, senza che per ciò spetti alcuna indennità all'Appaltatore od al suo rappresentante.

L'Ufficio di Direzione Lavori, nominato dal Responsabile del Procedimento, è preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile e amministrativo dell'esecuzione dell'intervento secondo le disposizioni di cui al Titolo IX del Regolamento e nel rispetto degli impegni contrattuali.

#### **ART. 44 DISCIPLINA NEL CANTIERE**

L'Appaltatore è responsabile della disciplina e del buon ordine nel cantiere e ha l'obbligo di osservare e far osservare al proprio personale le norme di legge e di regolamento.



L'Appaltatore, tramite il direttore di cantiere assicura l'organizzazione, la gestione tecnica e la conduzione del cantiere.

La direzione del cantiere è assunta dal direttore tecnico dell'Impresa o da altro tecnico formalmente incaricato dall'Appaltatore ed eventualmente coincidente con il rappresentante delegato ai sensi dell'art. 4 del Capitolato Generale.

In caso di appalto affidato ad associazione temporanea di imprese od a consorzio, l'incarico della direzione di cantiere è attribuito mediante delega conferita da tutte le imprese operanti nel cantiere; la delega deve indicare specificatamente le attribuzioni da esercitare dal direttore anche in rapporto a quelle degli altri soggetti operanti nel cantiere.

Il Direttore dei Lavori ha il diritto, previa motivata comunicazione all'appaltatore, di esigere il cambiamento del direttore di cantiere e del personale per indisciplina, incapacità o grave negligenza.

L'Appaltatore è comunque in tutti i casi responsabile dei danni causati dall'imperizia o dalla negligenza dei suoi agenti ed operai, nonché della malafede o della frode nella somministrazione o nell'impiego dei materiali.

#### **ART. 45 ORARIO DI LAVORO E LAVORO STRAORDINARIO**

L'orario giornaliero dei lavori sarà quello stabilito dal contratto collettivo valevole nella zona o da quello risultante dagli accordi locali.

L'Appaltatore può ordinare ai propri dipendenti di lavorare oltre il normale orario giornaliero, o di notte, ove consentito dagli accordi sindacali di lavoro, dandone preventiva comunicazione al Direttore dei Lavori. In ogni caso L'Appaltatore non ha diritto ad alcun compenso oltre i prezzi contrattuali.

Salva l'osservanza delle norme relative alla disciplina del lavoro, se il Direttore dei Lavori ravvisa la necessità che i lavori siano continuati ininterrottamente o siano eseguiti in condizioni eccezionali, su autorizzazione del Responsabile del Procedimento ne dà ordine scritto all'Appaltatore, il quale è obbligato ad uniformarvisi.

All'infuori dell'orario normale e nei giorni festivi l'Impresa non potrà eseguire lavori che richiedano la presenza del personale dell'Ufficio di Direzione Lavori.

#### **ART. 46 ORDINI DELLA DL PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE**

Gli ordini di servizio, le istruzioni e prescrizioni della Direzione Lavori dovranno essere eseguiti con la massima cura e prontezza, nel rispetto delle norme di contratto e Capitolato.

L'Impresa non potrà mai rifiutarsi di dare loro immediata esecuzione sotto pena dell'esecuzione di ufficio, con addebito delle maggiori spese che la Stazione Appaltante avesse a sostenere rispetto alle condizioni di contratto.

Resta comunque fermo il suo diritto di avanzare per iscritto le osservazioni che ritenesse opportune in merito all'ordine impartitogli.

L'Appaltatore o un suo incaricato dovranno recarsi nell'ufficio della Direzione Lavori, nei giorni e nelle ore che saranno indicati, per collaborare alla compilazione della contabilità degli stessi e per sottoscrivere quei documenti contabili che L'Impresa è tenuta a firmare.

#### **ART. 47 INADEMPIENZE DELL'APPALTATORE, RECESSO E RISOLUZIONE**

Quando il direttore dei lavori o il responsabile dell'esecuzione del contratto, se nominato, accerta un grave inadempimento alle obbligazioni contrattuali da parte dell'appaltatore, tale da comprometterne la buona riuscita delle prestazioni, invia al responsabile del procedimento una



relazione particolareggiata, corredata dei documenti necessari, indicando la stima dei lavori eseguiti regolarmente, il cui importo può essere riconosciuto all'appaltatore. Egli formula, altresì, la contestazione degli addebiti all'appaltatore, assegnando un termine non inferiore a quindici giorni per la presentazione delle proprie controdeduzioni al responsabile del procedimento. Acquisite e valutate negativamente le predette controdeduzioni, ovvero scaduto il termine senza che l'appaltatore abbia risposto, la stazione appaltante su proposta del responsabile del procedimento dichiara risolto il contratto.

Qualora, al di fuori di quanto previsto al comma 3, l'esecuzione delle prestazioni ritardi per negligenza dell'appaltatore rispetto alle previsioni del contratto, il direttore dei lavori o il responsabile unico dell'esecuzione del contratto, se nominato gli assegna un termine, che, salvo i casi d'urgenza, non può essere inferiore a dieci giorni, entro i quali l'appaltatore deve eseguire le prestazioni. Scaduto il termine assegnato, e redatto processo verbale in contraddittorio con l'appaltatore, qualora l'inadempimento permanga, la stazione appaltante risolve il contratto, fermo restando il pagamento delle penali.

Nel caso di risoluzione del contratto l'appaltatore ha diritto soltanto al pagamento delle prestazioni relative ai lavori, servizi o forniture regolarmente eseguiti, decurtato degli oneri aggiuntivi derivanti dallo scioglimento del contratto.

Con riguardo alla risoluzione del contratto si rimanda all'art. 108 del D.Lgs. 50/2016.

L'Appaltante può dichiarare risolto il contratto nei seguenti casi:

- a) quando ricorrano le condizioni di cui all'art. 108 del D.Lgs. 50/2016 e a causa di reati accertati o di violazione reiterata degli obblighi relativi alla sicurezza;
- b) nel caso di mancato rispetto delle ingiunzioni fattegli dal Direttore dei lavori su indicazione del Responsabile del procedimento, nel caso di grave inadempimento, grave irregolarità o di grave ritardo, nei modi e nei termini di cui all'art. 108 del D.Lgs. 50/2016.

Le stazioni Appaltanti hanno il diritto di valersi della cauzione definitiva per l'eventuale maggiore spesa sostenuta per il completamento dei lavori nel caso di risoluzione del contratto disposta in danno dell'esecutore, come di-sposto dall'art. 103 comma 2 del D.Lgs. 50/2016.

Qualora l'esecutore risulti inadempiente alle obbligazioni di contratto, come nell'ipotesi di cui alla precedente lettera b), la Stazione appaltante, conformemente a quanto disposto dall'art. 108 del D.Lgs. 50/2016, si riserva di provvedere d'ufficio, a fare eseguire i lavori in economia in danno all'esecutore inadempiente nel limite di spesa non superiore a 200.000 euro.

Nei casi sopraindicati di risoluzione del contratto, oppure di esecuzione d'ufficio, la comunicazione della decisione assunta dall'Appaltante è fatta all'Appaltatore da parte del Responsabile del procedimento nella forma dell'ordine di servizio o della raccomandata con avviso di ricevimento.

La comunicazione suddetta dovrà riportare la contestuale indicazione della data alla quale avranno luogo sia il collaudo dei lavori eseguiti, sia gli ulteriori seguenti adempimenti:

- nel caso di risoluzione del contratto, l'accertamento, da parte del Direttore dei lavori, dello stato di consistenza dei lavori già eseguiti, la redazione dell'inventario dei materiali di cui si intenda prendere possesso, concordandone, ove possibile, il prezzo, nonché la precisazione dei termini assegnati all'Appaltatore inadempiente per il totale sgombero del cantiere e di relativa presa di possesso da parte dell'Amministrazione, che dovrà disporre la indispensabile guardiana fino alla immissione di nuova impresa aggiudicataria dell'appalto di completamento;
- nel caso di esecuzione d'ufficio, l'accertamento, da parte del Direttore dei lavori, dello stato di consistenza dei lavori già eseguiti, la redazione dell'inventario di materiali, macchine e mezzi d'opera di cui si intenda prendere possesso perché utilizzabili ai fini dell'affidamento parziale o totale dei lavori di completamento progressivamente ai soggetti che hanno partecipato alla originaria procedura di gara ai sensi dell'art. 110, del D.Lgs. 50/2016 o tramite nuovo appalto, concordandone



anche in questo caso, ove possibile, il prezzo, nonché la verbalizzazione di materiali, componenti, attrezzature fisse o mobili, impianti e opere provvisionali da sgomberare.

In relazione a quanto sopra:

– nel caso di risoluzione del contratto, ove alla data stabilita per la presa di possesso del cantiere da parte dell'Amministrazione il totale sgombero non risultasse effettuato, si procederà d'ufficio con trasporto di quanto non sgomberato a depositaria comunale a carico dell'Appaltatore inadempiente e alla successiva presa di possesso;

– nel caso di esecuzione d'ufficio, la risoluzione del rapporto contrattuale con l'Appaltatore inadempiente è rinviata a data successiva alla quale l'Amministrazione avrà proceduto alla formale immissione del nuovo Appaltatore nel possesso del cantiere soltanto dopo l'avvenuto affidamento dei lavori di completamento, parziale o totale, al secondo classificato o all'aggiudicatario di nuovo appalto; fino a tale immissione l'Appaltatore inadempiente è tenuto ad effettuare a propria cura e spese la guardiania del cantiere e la custodia dei materiali, macchinari e attrezzature lasciati a disposizione dell'Appaltante. Sempre nel caso di esecuzione d'ufficio, all'atto della immissione formale nel possesso del cantiere dell'aggiudicatario dei lavori di completamento, il Direttore dei lavori pro-cede a verbalizzare definitivamente con apposito stato di consistenza redatto in contraddittorio con l'Appaltatore inadempiente e con l'Appaltatore subentrante o, in assenza del primo, con l'assistenza di due testimoni materiali, macchinari e attrezzature da consegnare all'Appaltatore subentrante ed a disporre lo sgombero di quanto non utilizzabile. Gli eventuali materiali, macchinari e attrezzature che risultassero mancanti in occasione della redazione del nuovo stato di consistenza, comportano il riconoscimento del relativo costo a favore dell'Appaltatore subentrante con l'applicazione dei prezzi correnti al netto del ribasso d'asta, con maggiore costo a carico dell'Appaltatore inadempiente.

Ove nel riappalto non sia stata prevista la cessione, ma solo l'uso di macchinari e attrezzature da impiegare per l'ultimazione dei lavori, l'Appaltatore subentrante è tenuto ad assicurarne il buon uso e a mantenerli in condizioni di normale manutenzione, ai fini della riconsegna, su convocazione del Direttore dei lavori ogni qualvolta non se ne renda più necessario l'utilizzo, con verbali redatti in contraddittorio tra i due appaltatori, restando esonerata l'Amministrazione appaltante da eventuale contenzioso che dovesse tra gli stessi incorrere per eventuale cattivo uso di quanto preso in consegna.

Con la sottoscrizione del contratto l'Appaltatore dichiara sin d'ora il proprio incondizionato consenso a quanto sopra specificato ove abbia a trovare applicazione una delle ipotesi di rescissione del contratto e di esecuzione di ufficio dei lavori di cui al presente articolo, con conseguente riappalto dei lavori di completamento.

Nei casi di rescissione del contratto, di esecuzione d'ufficio o comunque di riappalto in danno, come pure in caso di fallimento dell'Appaltatore, i rapporti economici con questo o con il curatore sono definiti, con salvezza di ogni diritto e ulteriore azione dell'Appaltante:

1) ponendo a base d'asta del riappalto oppure a base dell'affidamento al secondo classificato l'importo lordo dei lavori di completamento da eseguire in danno, risultante dal computo metrico-estimativo dei lavori necessari per il completamento delle opere, comprensivo degli ulteriori lavori previsti da eventuali perizie in corso d'opera oggetto di regolare atto di sottomissione o atto aggiuntivo sottoscritti dall'Appaltatore inadempiente;

2) ponendo a carico dell'Appaltatore inadempiente medesimo:

a) l'eventuale maggiore costo derivante dalla differenza tra importo netto di aggiudicazione del riappalto, o di affidamento, e importo netto delle stesse opere di completamento risultante dall'aggiudicazione a suo tempo effettuata all'Appaltatore inadempiente e dagli eventuali atti di sottomissione o aggiuntivi;

b) l'eventuale maggiore spesa di gara sostenuta per affidare ad altra impresa i lavori, ove l'Appaltante non si sia avvalso della facoltà di affidamento o derivata dalla ripetizione della gara di



riappalto eventualmente andata deserta, da effettuare necessariamente con importo a base d'asta opportunamente maggiorato;

c) il costo della eventuale guardiania del cantiere, nel caso di risoluzione del contratto, per il periodo intercorrente tra la ripresa in possesso del cantiere e la immissione della impresa aggiudicataria dell'appalto di completamento;

d) l'importo delle penali per il periodo di ritardo, determinato secondo quanto appresso specificato;

e) il costo dell'eventuale carico e trasporto a depositaria comunale o a pubblica discarica di quanto non

sgomberato secondo il verbale a suo tempo redatto;

3) lasciando invece a carico della Stazione appaltante il costo di eventuali lavorazioni aggiuntive rispetto a quelle previste nel contratto con l'Appaltatore inadempiente, per la determinazione del quale il Direttore dei lavori dovrà provvedere ad una contabilizzazione separata..

Nel caso di risoluzione del contratto, ai sensi dell'art. 108 del D.lgs. 50/2016 , ai fini dell'applicazione delle penali di cui alla lettera d) del precedente capoverso, il periodo di ritardo è determinato sommando al ritardo accumulato dall'Appaltatore rispetto al programma esecutivo dei lavori, di cui all'art. 43, comma 10 del D.L. 207/2010, dello stesso decreto, e il termine assegnato dal Direttore dei lavori per compiere i lavori, il cui mancato rispetto ha portato alla risoluzione del contratto o alla comunicazione di avvio dell'eventuale esecuzione d'ufficio.

#### **ART. 48 DEFINIZIONE DEL CONTENZIOSO – ACCORDO BONARIO**

Relativamente alla definizione del contenzioso si rimanda a quanto specificatamente riportato all'art. 205 del D.lgs. 50/2016 che prevede quanto di seguito riportato.

##### Accordo bonario.

Qualora in seguito all'iscrizione di riserve sui documenti contabili, l'importo economico dell'opera possa variare tra il 5 ed 15 per cento dell'importo contrattuale, si attiverà il procedimento dell'accordo bonario di tutte le riserve iscritte fino al momento dell'avvio del procedimento stesso.

Prima dell'approvazione del certificato di collaudo ovvero del certificato di regolare esecuzione, qualunque sia l'importo delle riserve, il RUP attiverà l'accordo bonario per la risoluzione delle riserve e valuterà l'ammissibilità e la non manifesta infondatezza delle riserve ai fini dell'effettivo raggiungimento del limite di valore del 15% del contratto.

Non potranno essere oggetto di riserva gli aspetti progettuali che sono stati oggetto di verifica ai sensi dell'art. 26 del D.Lgs. n. 50/2016.

Il D.L. darà immediata comunicazione al RUP delle riserve, trasmettendo nel più breve tempo possibile una propria relazione riservata.

Il RUP, acquisita la relazione riservata del DL e, ove costituito, dell'organo di collaudo, provvederà direttamente alla formulazione di una proposta di accordo bonario ovvero per il tramite degli esperti segnalati dalla Camera Arbitrale istituita presso l'ANAC con le modalità previste dall'art. 205 del D.Lgs. n.50/2016.

Se la proposta è accettata dalle parti, entro quarantacinque giorni dal suo ricevimento, l'accordo bonario è concluso e viene redatto verbale sottoscritto dalle parti.

L'accordo ha natura di transazione.

Sulla somma riconosciuta in sede di accordo bonario sono dovuti gli interessi al tasso legale a decorrere dal sessantesimo giorno successivo all'accettazione dell'accordo bonario da parte della stazione appaltante.

In caso di reiezione della proposta da parte del soggetto che ha formulato le riserve ovvero di inutile decorso del termine di cui al secondo periodo possono essere aditi gli arbitri o il giudice ordinario.

##### Collegio consultivo tecnico.



In via preventiva, al fine di prevenire le controversie relative all'esecuzione del contratto, le parti possono convenire che prima dell'avvio dell'esecuzione, o comunque non oltre 90 giorni da tale data, sia costituito un collegio consultivo tecnico con funzioni di assistenza per la rapida risoluzione delle dispute di ogni natura suscettibili di insorgere nel corso dell'esecuzione del contratto.

Le proposte di transazione formulate dal collegio costituito con le modalità dell'art. 207 del D.Lgs n.50/2016, non saranno comunque vincolanti per le parti.

#### Arbitrato.

Ciascuna delle parti, nella domanda di arbitrato o nell'atto di resistenza alla domanda, designerà l'arbitro di pro-pria competenza scelto tra soggetti di provata esperienza e indipendenza nella materia oggetto del contratto cui l'arbitrato si riferisce.

Il presidente del collegio arbitrale sarà designato dalla Camera arbitrale istituita presso l'ANAC tra i soggetti iscritti all'albo in possesso di particolare esperienza nella materia.

La nomina del collegio arbitrale effettuata in violazione delle disposizioni di cui ai commi 4,5 e 6 dell'art 209 del D.Lgs. n. 50/2016, determina la nullità del lodo.

Esauriti gli adempimenti necessari alla costituzione del collegio, il giudizio si svolgerà secondo i disposti dell'art.

209 e 210 del D.Lgs. n.50/2016.

Il collegio arbitrale deciderà con lodo definitivo e vincolante tra le parti in lite.

Su iniziativa della stazione appaltante o di una o più delle altre parti, l'ANAC potrà esprimere parere relativamente a questioni insorte durante lo svolgimento delle procedure di gara, entro trenta giorni dalla ricezione della richiesta.

Il parere obbligherà le parti che vi abbiano preventivamente acconsentito ad attenersi a quanto in esso stabilito.

### **ART. 49 SPESE CONTRATTUALI - ONERI FISCALI**

Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore, ai sensi dell'art. 8 del D.M. n. 145/2000, tutti gli oneri inerenti e conseguenti alla stipulazione e registrazione del contratto di appalto, compresi quelli tributari.

A carico esclusivo dell'Appaltatore restano, altresì, le imposte e in genere qualsiasi onere, che, direttamente o indirettamente, nel presente o nel futuro, abbia a gravare sulle forniture e opere oggetto dell'appalto, che contrattualmente risultavano a suo carico, anche qualora la tassa, l'imposta o l'onere qualsiasi risulti intestato a nome dell'Appaltante. L'imposta sul valore aggiunto è regolata come per legge.





## INDICE – PARTE SECONDA

ART. 1 CARATTERISTICHE GENERALI	2
ART. 2 MATERIALI NATURALI, DI CAVA E ARTIFICIALI	3
ART. 3 MANUFATTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO IN OPERA	4
ART. 4 ALTRE MISCELE	37
ART. 5 TABELLE	51
ART. 6 ACCIAI	58
ART. 7 CONTROLLI DI QUALITA'	107
ALLEGATO 1 (ALLEGATO ALL'ART.10 - PAR.1)	109
A.1 Saldature	115
A.2 Controlli	118
A.3 Correzioni	120
A.4 Bullonature	120
ART. 8 LEGNAMI	122
ART. 9 MATERIALI PER PAVIMENTAZIONI	123
ART. 10 PRODOTTI VERNICIANTI – PITTURE – VERNICI – SMALTI	124
ART. 11 PRODOTTI DI CEMENTO E AGGREGATI GRANULARI	128
ART. 12 LEGANTI IDROCARBURATI E AFFINI – MATERIALI PER IMPERMEABILIZZAZIONI	133
ART. 13 ADESIVI – SIGILLANTI – GUARNIZIONI – IDROFUGHI – IDROREPELLENTI – ADDITIVI	137
ART. 14 PRODOTTI DI MATERIE PLASTICHE	141
ART. 15 MATERIALI DIVERSI E SPECIALI	148
ART. 16 DEMOLIZIONI	157
ART. 17 SCAVI E SBANCAMENTI IN GENERALE	158
ART. 18 SCAVI TRINCEE, COORD. ALTIMETRICO, LIVELLETTE PER POSA IN OPERA TUBAZIONI	161
ART. 19 LETTO DI POSA PER TUBAZIONI	167
ART. 20 MODALITÀ ESECUTIVE POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI	169
ART. 21 RINTERRO DELLE TUBAZIONI	171
ART. 22 DRENAGGI E FOGNATURE DI RISANAMENTO	173
ART. 23 PALIFICAZIONI	175
ART. 24 PALI	175
ART. 25 MICROPALI	211
ART. 26 ANCORAGGI	228
ART. 27 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO TRADIZIONALI	250
ART. 28 MISTI CEMENTATI PER STRATI FONDAZIONE E DI BASE	261
ART. 29 MISTI GRANULARI PER STRATI DI FONDAZIONE	266
ART. 30 MANTI DI USURA SPECIALI	271
ART. 31 DIFESA DEL CORPO STRADALE	281
ART. 32 OPERE D'ARTE	287
ART. 33 BARRIERE STRADALI DI SICUREZZA	297
ART. 34 OPERE DI SISTEMAZIONE A VERDE	305
ART. 35 SEGNALETICA	316



---

## **PARTE SECONDA - QUALITÀ, PROVENIENZA E NORME DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI, DEI MANUFATTI E DELLE FORNITURE IN GENERE**

### **Art. 1 CARATTERISTICHE GENERALI**

#### **1.1 CONDIZIONI DI ACCETTAZIONE**

##### **1.1.1 Generalità**

I materiali, i manufatti e le forniture in genere da impiegare nelle opere da eseguire dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio, possedere i requisiti stabiliti dalle leggi e dai regolamenti vigenti in materia ed inoltre corrispondere alle specifiche norme che saranno indicate nel Capitolato Speciale d'Appalto e negli altri atti contrattuali. Essi inoltre, se non diversamente prescritto o consentito, dovranno rispondere alle specificazioni tecniche dei relativi Enti di unificazione e normazione (UNI, EN, ISO, CEI, ecc.) con la notazione che, ove il richiamo del presente testo fosse indirizzato a norme ritirate o sostituite, la relativa valenza dovrà ritenersi rispettivamente prorogata (salvo diversa specifica) o riferita alla norma sostitutiva.

Potranno essere impiegati materiali e prodotti conformi ad una norma armonizzata o ad un benestare tecnico europeo come definiti dalla Direttiva 89/106/CEE, ovvero conformi a specifiche nazionali dei Paesi della Comunità Europea, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali allegati alla citata direttiva. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei lavori, ne siano riconosciute l'idoneità e la corrispondenza ai requisiti prescritti.

L'Appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire o a far eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove che saranno prescritte dal Capitolato Speciale d'Appalto o dalla Direzione dei Lavori sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che formati in opera, e sulle forniture in genere. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme UNI, UNI EN, ecc., verrà effettuato in contraddittorio e sarà appositamente verbalizzato.

L'Appaltatore farà sì che tutti i materiali abbiano ad avere, durante il corso dei lavori, le medesime caratteristiche riconosciute ed accettate dalla Direzione dei Lavori. Pertanto, qualora in corso di coltivazione di cave o di esercizio di fabbriche, stabilimenti, ecc. i materiali e le forniture non fossero più rispondenti ai requisiti prescritti, ovvero venissero a mancare e si presentasse quindi la necessità di cambiamenti nell'approvvigionamento, nessuna eccezione potrà accampare l'Appaltatore, né alcuna variazione di prezzi, fermi restando gli obblighi di cui al primo capoverso.

Le provviste non accettate dalla Direzione dei lavori, in quanto ad insindacabile giudizio non riconosciute idonee, dovranno essere immediatamente allontanate dal cantiere, a cura e spese dell'Appaltatore, e sostituite con altre rispondenti ai requisiti richiesti. Lo stesso resta comunque totalmente responsabile in rapporto ai materiali forniti la cui accettazione, in ogni caso, non pregiudica i diritti che l'Amministrazione si riserva in sede di collaudo finale.

##### **1.1.2 Marchio CE**

Nel caso in cui i materiali da costruzione debbano garantire il rispetto di uno o più requisiti essenziali di cui all'allegato A del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246, gli stessi dovranno essere dotati di marcatura CE. Tale marcatura (art. 3, D.P.R.) sarà indice di:



- x conformità alle norme nazionali che recepiscono norme armonizzate;
- x conformità, nel caso non esistano norme armonizzate, alle norme nazionali riconosciute dalla Commissione a beneficiare della presunzione di conformità;
- x conformità al “Benestare tecnico europeo” di cui all’art. 5 del citato D.P.R.

L’attestato di conformità CE rilasciato da parte di un organismo riconosciuto o la dichiarazione di conformità rilasciata dal fabbricante o da un suo mandatario in rapporto alle procedure previste dall’art. 7 del D.P.R. n. 246/93, dovrà contenere gli elementi informativi particolarmente elencati all’art. 10 dello stesso decreto.

### *1.2.3 Materiali e prodotti per uso strutturale*

I materiali ed i prodotti per uso strutturale dovranno rispondere ai requisiti indicati al capitolo 11 delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” approvate con D.M. 14 gennaio 2008. In particolare dovranno essere:

- x identificati mediante la descrizione, a cura del fabbricante, del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- x certificati mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nelle superiori “Norme Tecniche”;
- x accettati dal Direttore dei lavori mediante controllo delle certificazioni di cui in precedenza e mediante le prove sperimentali di accettazione previste nelle stesse norme per misurarne le caratteristiche di cui sopra.

Nei casi in cui per i materiali e prodotti per uso strutturale è prevista la marcatura CE ai sensi del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 (modificato con D.P.R. 10 dicembre 1997, n. 499), ovvero la qualificazione secondo le superiori norme tecniche, la relativa “attestazione di conformità” dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori. Negli altri casi, l’idoneità sarà accertata attraverso le procedure stabilite dal Servizio Tecnico Centrale che dovranno essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate ovvero a quelle previste dalle superiori norme.

### *1.2.4 Materiali e prodotti pericolosi*

Ai sensi del D.Lgs. 9 Aprile 2008, n. 81, sulla salute e sicurezza dei lavoratori, i materiali ed i prodotti pericolosi (pitture, vernici, impregnanti, malte particolari, ecc.) dovranno essere corredati, da parte del produttore, di apposita “Scheda informativa di sicurezza”.

## **Art. 2 MATERIALI NATURALI, DI CAVA E ARTIFICIALI**

### **2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L’Appaltatore sarà tenuto all’osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In particolare dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- Legge 1086 del 5 Novembre 1971, “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- Circ. Min. LL. PP., 14/02/1974, n. 11951, “Applicazione della legge n.1086/71”



- D.M. 14-1-2008 – Norme tecniche per le costruzioni.
  - UNI EN 196-1. Metodi di prova del cemento.
  - UNI EN 197-1. Cemento – Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.
  - UNI EN 206-1. Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
  - UNI 11104. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.
  - Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici - Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996.
  - Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici - Linee guida per la Produzione, il Trasporto ed il Controllo del calcestruzzo preconfezionato, 2003.
- Si dovranno sempre utilizzare le versioni più recenti delle norme. Nel caso in cui una normativa ne richiami un'altra superata e sostituita, si dovrà sempre fare riferimento alla nuova norma sostitutiva, anche nel caso in cui i contenuti siano stati ridotti.

### **Art. 3 MANUFATTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO IN OPERA**

Il presente capitolo si riferisce alle opere in calcestruzzo “normale” secondo la norma UNI EN 206-1, ovvero un “calcestruzzo avente massa volumica, dopo essiccamento in stufa, maggiore di 2000 kg/m<sup>3</sup> ma non maggiore di 2600 kg/m<sup>3</sup>”.

Qualora l'Appaltatore impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiamano la norma UNI EN 206-1 e le “Linee guida per la Produzione, il Trasporto ed il Controllo del calcestruzzo preconfezionato”, le prescrizioni sulla qualifica dei materiali e degli impasti, sulle modalità esecutive e sui controlli e prove dovranno essere comunque rispettate.

L'Appaltatore resta l'unico responsabile nei confronti del Direttore dei Lavori per l'impiego di conglomerato cementizio preconfezionato nelle opere in oggetto dell'appalto e si obbliga a rispettare ed a far rispettare scrupolosamente tutte le norme regolamentari e di legge stabilite sia per i materiali sia per il confezionamento e trasporto in opera del conglomerato dal luogo di produzione.

### **3.1 REQUISITI DI BASE DEI MATERIALI**

#### **3.1.1 Generalità**

I materiali componenti non devono contenere sostanze nocive in quantità tali che possano compromettere la durabilità del calcestruzzo o causare corrosione dell'armatura e devono essere idonei all'impiego previsto nel calcestruzzo.

Nel calcestruzzo, che dovrà essere conforme alla UNI EN 206-1, devono essere utilizzati solo i componenti di idoneità accertata per la specifica applicazione.

Nel seguito si definiscono i requisiti dei materiali componenti il calcestruzzo:

- x cemento (§ 3.1.1);
- x inerti (§ 3.1.2);
- x acqua di impasto (§ 3.1.3);
- x aggiunte (§ 3.1.4);
- x additivi (§ 3.1.5);
- x e le caratteristiche di altri materiali utilizzati nell'esecuzione delle opere:
- x acciaio per armature (§ 3.1.6);
- x disarmanti (§ 3.1.7);
- x antievaporanti (§ 3.1.8).



### 3.1.2 Cemento

#### 3.1.2.1 Classificazione

I cementi da utilizzare sono quei leganti idraulici di cui all'articolo 1, lettera A, della legge 26/05/1965, definiti in modo dettagliato nella UNI EN 197-1 ai § 4 (definizione), § 5 (costituenti) e § 6 (denominazione):

CEM I (Portland)  
CEM II (Portland composito) CEM III (Altoforno)  
CEM IV (Pozzolánico) CEM V (Composito)

E' vietato l'utilizzo di cemento alluminoso, definito in base alla legge n° 595 del 26/05/1965 come "il prodotto ottenuto con la macinazione del clinker costituito essenzialmente da alluminati idraulici di calcio".

E' vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo.

#### 3.1.2.2 Fornitura ed accettazione del cemento

Il produttore ed il centro di distribuzione dei cementi dovranno essere controllati e certificati secondo le procedure definite dal D.M. 12/07/1999 n° 314 "Regolamento recante norme per il rilascio dell'attestato di conformità per i cementi destinati alle opere di ingegneria strutturale e geotecnica [...]" e relativi allegati. L'attestato di conformità per i cementi può essere rilasciato solo dall'I.C.I.T.E. (Istituto Centrale per l'Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia) del C.N.R. o da altri organismi abilitati.

In particolare, sia il produttore che il centro di distribuzione dovranno essere certificato anche in base alla UNI EN 197-2 e secondo i criteri di conformità esposti nella UNI EN 197-1 al § 7, come indicato dallo stesso D.M. 12/07/1999 n° 314.

I cementi devono essere identificati in base alla denominazione normalizzata precisata al § 8 della UNI EN 197-1.

L'Appaltatore dovrà inoltre approvvigionare il cemento presso cementifici che diano garanzie di qualità, costanza del tipo e continuità di fornitura. Ogni partita di cemento ricevuta in cantiere dovrà essere accompagnata da certificato di controllo qualità all'origine. All'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori un impegno, assunto dalle cementerie prescelte, a fornire cemento per il quantitativo previsto e i cui requisiti soddisfino i requisiti chimici e fisici richiesti. Tale dichiarazione sarà essenziale affinché la Direzione Lavori possa dare il benestare per l'approvvigionamento del cemento presso le cementerie prescelte.

I cementi debbono essere forniti in "sacchi sigillati, in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione o alla rinfusa", rispettando le indicazioni di cui all'art. 3, 4 e 5 della legge n° 595 del 26/05/1965.

#### 3.1.2.3 Caratteristiche del cemento

Le resistenze meccaniche ed i requisiti chimici e fisici del cemento dovranno rispettare le prescrizioni stabilite dalla UNI EN 197-1, ed in particolare:

Requisiti meccanici (§ 7.1): classe di resistenza (definita attraverso delle prove a compressione, normalizzata ed iniziale, eseguite in conformità alla UNI EN 196-1).

Requisiti fisici (§ 7.2): prova dei tempi di presa e prova di stabilità (UNI EN 196-3).

Requisiti chimici (§ 7.3): perdita al fuoco; residuo insolubile; contenuto di solfati SO<sub>3</sub>; contenuto di cloruri; pozzolanicità (solo per cementi pozzolanici).



In molte applicazioni, in particolare in condizioni ambientali severe, la scelta del cemento ha una influenza sulla durabilità del calcestruzzo, per esempio in termini di resistenza al gelo, resistenza chimica e protezione dell'armatura. La scelta del cemento, nell'ambito della UNI EN 197-1 ed UNI 11104, con particolare riguardo al tipo e alla classe di resistenza per diverse applicazioni e classi di esposizione, deve rispettare le norme e/o i regolamenti adeguati relativi al calcestruzzo; lo stesso Produttore del cemento potrà aiutare l'Appaltatore in base ad esperienze precedenti. L'Appaltatore dovrà tempestivamente fornire alla Direzione Lavori una copia delle prove e dei certificati d'origine rilasciati dal produttore del cemento, relativamente alle prove sopra elencate.

### *3.1.3 Inerti o aggregati*

#### *3.1.3.1 Classificazione*

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature.

Gli inerti da utilizzare per il confezionamento del calcestruzzo strutturale sono quelli definiti come "aggregati" nella norma europea armonizzata UNI EN 12620; ove specificato nel progetto, nel caso di impiego di "aggregati leggeri", si dovrà invece fare riferimento alla norma UNI EN 13055-1:2003.

E' consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella

- del D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio.

Nella prescrizioni di progetto si potrà fare utile riferimento anche alle norme UNI 8520-1:2005 ed UNI 8520-2:2005 al fine di individuare i requisiti chimico fisici aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali.

La denominazione degli aggregati dovrà pertanto essere conforme:

alla UNI 8520-1, per le normative che fanno riferimento a tale classificazione (tra cui la UNI 8520-2);

alla UNI EN 12620, per le normative che fanno riferimento a tale classificazione (tra cui la UNI EN 206-1).

In generale sarà quindi necessario definire gli aggregati secondo questa doppia classificazione, necessaria a seconda dell'utilizzo e delle prove da effettuarsi sull'aggregato stesso.

In relazione alla loro granulometria:

per la UNI 8520-1, gli aggregati sono classificati come:

- filler: con passante allo staccio 0,063 mm UNI EN 933-2 > 90%;
- aggregati fini: con passante allo staccio 4 mm UNI EN 933-2 > 95%;
- aggregati grossi: con passante allo staccio 4 mm UNI EN 933-2 < 5%;
- aggregati misti: costituiti da una miscela di aggregati grossi e fini.

per la UNI EN 12620, si definiscono gli aggregati tramite la designazione d/D, che stabilisce una coppia di stacci per la quale si ottiene un passante in massa indicato al prospetto 2 della norma stessa; si distinguono aggregati grosso, fine, naturale 0/8 e misto; la granulometria del filler dovrà essere conforme ai limiti del prospetto 7 della norma stessa.

#### *3.1.3.2 Caratteristiche dell'aggregato*

I requisiti chimici e fisici dell'aggregato sono quelli stabiliti dalla UNI 8520-2, ed in particolare: "caratteristiche fondamentali": minerali nocivi; granulometria (e dimensione massima nominale dell'aggregato); percentuale passante allo staccio 0,063 UNI EN 933-2; equivalente in sabbia (ES) e valore di blu di metilene (MB); contenuto di grumi di argilla e particelle friabili; contenuto di solfati



solubili in acido; contenuto di cloruri solubili in acqua; massa volumica media del granulo (MV) saturo a superficie asciutta; assorbimento superficiale; contenuto di sostanza humica negli aggregati fini.

“caratteristiche aggiuntive”: contenuto di contaminanti leggeri; resistenza a compressione; indice di forma; coefficiente di appiattimento; resistenza alla frammentazione; resistenza ai cicli di gelo e disgelo; degradabilità mediante soluzione solfatica; confronto in calcestruzzo delle proprietà meccaniche rispetto ad aggregati di caratteristiche note; potenziale reattività in presenza di alcali.

I valori limite per questi requisiti dipendono dalla classe di esposizione del calcestruzzo (vedere § 3.2.3).

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da trattamento vagliatura e lavaggio dei materiali alluvionali oppure da idonea frantumazione vagliatura e lavaggio di materiali di cava.

#### *3.1.4 Acqua di impasto*

L'acqua d'impasto dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate; dovrà essere definita la sua provenienza ad avere caratteristiche costanti nel tempo.

L'acqua dovrà essere conforme ai requisiti della UNI EN 1008, con riferimento a:

- valutazione preliminare (colore; presenza di oli e grassi, detergenti e sostanze in sospensione; odore; acidità; sostanza humica) (§ 4.2 della norma citata);

- proprietà chimiche (cloruri, solfati, alcali, sostanza dannosa) (§ 4.3 della norma citata);

- tempo di presa e resistenza (§ 4.4 della norma citata);

L'acqua della rete potabile è considerata conforme ai requisiti del presente paragrafo.

Sono escluse come acqua d'impasto le acque provenienti da scarichi industriali o di qualunque genere.

L'acqua di riciclo proveniente dalla produzione di calcestruzzo potrà essere utilizzata nel rispetto dell'Appendice A della UNI EN 1008.

#### *3.1.5 Aggiunte*

Secondo la UNI EN 206-1, si definisce aggiunta un “materiale finemente suddiviso usato nel calcestruzzo allo scopo di migliorare certe proprietà o di ottenere proprietà speciali”. Si distinguono due tipi di aggiunte inorganiche:

aggiunte praticamente inerti (tipo I): filler e pigmenti;

aggiunte pozzolaniche o ad attività idraulica latente (tipo II): ceneri volanti e fumi di silice.

E' ammesso l'impiego di aggiunte di tipo I e di tipo II, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito, prescritte nei paragrafi relativi.

L'impiego di tutte le aggiunte dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio progettata in fase di qualifica. La Direzione Lavori deciderà, a suo insindacabile giudizio, se le aggiunte proposte dall'Appaltatore potranno o no essere usate, anche in base alle conoscenze disponibili da precedenti lavori o sperimentazioni. Su richiesta della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà inoltre esibire certificati di prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti; dovrà essere garantita la qualità e la costanza delle caratteristiche dei prodotti da impiegare.

Particolare cura dovrà essere posta alla loro influenza sulla richiesta d'acqua, sul dosaggio di cemento, sul rapporto A/C, sulla lavorabilità del calcestruzzo fresco, sulla durabilità dell'opera e sul controllo del ritiro ed espansione del calcestruzzo.

##### *3.1.5.1 Filler*





I filler dovranno essere conformi alla UNI EN 12620.

#### 3.1.5.2 Pigmenti

I pigmenti dovranno essere conformi alla UNI EN 12878.

#### 3.1.5.3 Ceneri volanti

Le ceneri volanti dovranno essere conformi alla UNI EN 450, con riferimento alle prove di perdita al fuoco, finezza, variazione della finezza, cloruro, ossido di calcio, anidride solforica, stabilità ed indice di attività.

Le ceneri volanti non dovranno contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, etc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

#### 3.1.5.4 Fumi di silice (o silica fume)

I fumi di silice sono costituiti essenzialmente da silice attiva colloidale amorfa, costituita da particelle sferiche isolate di SiO<sub>2</sub> con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron, ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silicio metallico o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche che dovranno essere comprese entro i valori indicati nella Tabella 1.

Caratteristiche	Unità di misura	Limiti di accettazione
SiO <sub>2</sub>	%	t 85
CaO	%	d 1,2
Superficie specifica	m <sup>2</sup> /gr	da 20 a 35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	d 0,4
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	%	d 4,0
Cl	%	d 0,2
MgO	%	d 0,9
Carbone libero (da calcinazione)	%	d 4,0
Umidità (in fono a 106°C)	%	d 1,0
PH	-	6,3 - 6,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	d 0,3
Massa volumica reale	t/m <sup>3</sup>	2,1 - 2,4

Tabella 1: Requisiti della microsilice.

Il dosaggio della silice fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento.

Poichè i fumi di silice possiedono un elevato potere di ritenzione d'acqua, il loro impiego dovrà sempre essere associato a quello di additivi fluidificanti compatibili. Nel caso di utilizzo dell'autobetoniera come mescolatore, i fumi in polvere dovranno essere immessi contemporaneamente ad almeno il 50% dell'acqua totale, per formare una sospensione acquosa.

#### 3.1.6 Additivi

Per getti di calcestruzzi a vista, saranno impiegati componenti migliorativi della coesione a base di microsilicati fini e di additivi superfluidificanti di tipo melamminico, per realizzare calcestruzzo facilmente pompabile privo di fenomeni di segregazione degli inerti. Dosaggio secondo le prescrizioni del Produttore, comunque > 10% in peso dell'impasto.

Gli additivi dovranno essere impiegati secondo le prescrizioni dei Produttore. Il Produttore dovrà



esibire risultati provenienti da una ampia sperimentazione pratica sul tipo e sulla dose dell'additivo da usarsi; dovrà inoltre esibire prove di Laboratori Ufficiali che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti e garantire la qualità e la costanza delle caratteristiche del prodotto stesso.

Il Produttore di additivi dovrà mettere a disposizione, su richiesta, propri tecnici qualificati e specializzati nell'impiego degli additivi, per la risoluzione dei vari problemi tecnici connessi all'impiego degli stessi, in relazione alla migliore esecuzione dell'opera.

Sono da ricomprendere fra gli additivi sopra citati gli antigelivi che dovranno essere ricompresi nei costi unitari offerti e da utilizzarsi quando, viste le condizioni metereologiche in atto (temperatura inferiore ai 5° nelle successive 24 ore al getto), sentita la Direzione Lavori vengano prescritti dal Produttore. Qualora comunque le condizioni metereologiche siano al di sotto dell'efficacia dei suddetti additivi (-10° prevedibile nelle successive 24 ore al getto) le operazioni di getto devono essere comunque sospese.

#### *3.1.6.1 Doppia additivazione*

Nel caso di impiego di additivi fluidificanti e superfluidificanti, in particolari condizioni di posa in opera (climi estremamente caldi, lunghe percorrenze dall'impianto di betonaggio alla bocca di getto, prevedibili lunghe attese prima del getto, ecc.) potrà essere autorizzata anche una doppia additivazione, ovvero l'aggiunta di una quantità nota di additivo residuo, caricato all'impianto, da miscelare in cantiere; il dosaggio complessivo di additivo al metro cubo non dovrà superare la quantità stabilita nel mix design.

L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo.

Nel caso in cui, il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.

Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo; la Direzione Lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.

#### *3.1.7 Acciaio per armature*

##### *3.1.7.1 Classificazione*

L'acciaio per cemento armato comprende le tipologie indicate al § 11.3.2 del D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni":

- 3 acciai B450C / A in barre tonde ad aderenza migliorata, saldabili;
- 4 fili di acciaio trafilato o laminato a freddo
- 5 reti e tralicci di acciaio elettrosaldati.

##### *3.1.7.2 Caratteristiche dell'acciaio*

L'acciaio utilizzato per opere in cemento armato dovrà rispettare le prescrizioni di cui al § 11.3.2 del D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" per quanto riguarda proprietà meccaniche, prove di aderenza e saldature.

##### *3.1.7.3 Fornitura, accettazione e stoccaggio*

Non si devono porre in opera armature eccessivamente ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne diminuiscano la resistenza, o ricoperte da sostanze che possano ridurre sensibilmente l'aderenza al conglomerato.

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, ove prescritto dalle suddette



norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

I controlli in stabilimento da parte del Produttore dovranno rispettare le prescrizioni riportate al § 11.3.1.2 del D.M. 14/01/2008.

### *3.1.8 Disarmanti*

Dovranno invece essere impiegati disarmanti specifici, conformi alla Norma UNI 8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

### *3.1.9 Antievvaporanti*

Eventuali prodotti antievvaporanti filmogeni dovranno rispettare le prescrizioni contenute nella UNI 8656, relativamente a:

- 3 ritenzione d'acqua;
- 4 tempo di essiccazione;
- 5 fattore di riflessione;
- 6 influenza del prodotto sulle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo mediante prova di abrasione.

Tali prove dovranno essere eseguite in base alle UNI da 8657 a 8660.

L'Appaltatore deve sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione; egli deve accertarsi, che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

## **3.2 REQUISITI DI BASE PER LA COMPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO**

### *3.2.1 Generalità*

L'Appaltatore, sulla scorta delle prescrizioni contenute nei progetti esecutivi delle opere in conglomerato cementizio e in base a quanto contenuto nel presente Capitolato, durante tutte le fasi di esecuzione dei lavori, comprese quelle preliminari, dovrà rispettare tutti i requisiti richiesti per i materiali e per il calcestruzzo.

Le modalità per determinare le caratteristiche dei materiali e del calcestruzzo dovranno rispettare le indicazioni contenute nella norma UNI EN 206-1, nel D.M. 14/01/2008 e nel Capitolato d'appalto "Manufatti in conglomerato cementizio".

I valori limite per questi requisiti dovranno in generale essere dedotti dalle tavole del Progettista; nel presente Capitolato verranno definiti dei requisiti aggiuntivi:

- per la scelta dei materiali (§ da 3.2.2 a 3.2.5); a differenza delle caratteristiche del § 3.1, in questi paragrafi si definiscono i requisiti dei materiali nell'ottica di composizione di un calcestruzzo ottimale;
- per il calcestruzzo (§ da 3.2.6 a 3.2.11), soprattutto nell'ottica della durabilità e della lavorabilità.

Quando lo riterrà opportuno e se necessario, la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori limitazioni, sia nella fase di accettazione dello studio preliminare di qualifica che durante l'esecuzione dei lavori.



Questi requisiti dovranno essere scelti tenendo in debito conto il tipo e il volume di produzione, i lavori, le particolari apparecchiature, le procedure e le regole in uso sul luogo di produzione e sul luogo di impiego del calcestruzzo. Ulteriori requisiti possono essere necessari per particolari situazioni del luogo di produzione o per requisiti specifici relativi a particolari strutture o elementi strutturali.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà comunque essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-1, ovvero "calcestruzzo le cui proprietà richieste e caratteristiche aggiuntive sono specificate al produttore, il quale è responsabile della fornitura di un calcestruzzo conforme alle proprietà richieste e alle caratteristiche aggiuntive". Le proprietà minime da richiedere sono:

- classe di resistenza;
- classe di esposizione;
- classe di consistenza;
- diametro massimo dell'aggregato.

Nel presente Capitolato si definiranno tutte le altre "caratteristiche aggiuntive" che potranno essere richieste dal Progettista o dalla Direzione Lavori in funzione dell'opera.

In nessun caso verrà ammesso l'impiego di "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la stessa Norma.

### 3.2.2 Scelta del cemento

Il dosaggio e le caratteristiche del cemento, esposte nel § 3.1.1.3, dovranno essere scelte tenendo presente:

- resistenze meccaniche e durabilità;
- la necessaria velocità di sviluppo della resistenza; l'esecuzione dell'opera;
- l'uso finale del calcestruzzo;
- le condizioni di maturazione (per esempio trattamento termico); le dimensioni della struttura (lo sviluppo di calore);
- le condizioni ambientali alle quali la struttura sarà esposta (secondo UNI 11104); la potenziale reattività degli aggregati agli alcali provenienti dai componenti.

Potranno essere effettuate ulteriori prove relative alla resistenza ai solfati secondo UNI 9156 e alla resistenza alle acque dilavanti secondo UNI 9606.

Il contenuto massimo di cemento di norma deve essere inferiore od uguale a 450 kg/mc. In casi particolari, per far fronte a specifiche esigenze, modifiche al dosaggio massimo potranno essere richieste alla Direzione Lavori. Tali richieste dovranno essere opportunamente motivate ed accompagnate in sede di qualifica del conglomerato cementizio per verificare gli effetti connessi con alti dosaggi di cemento (ritiro, crepe, etc.).

### 3.2.3 Scelta dell'aggregato

Il tipo di aggregato, la granulometria e le proprietà definite al § 3.1.2.2 devono essere scelti considerando:

- l'esecuzione dell'opera;
- l'impiego finale del calcestruzzo;
- le condizioni ambientali alle quali la struttura sarà esposta (secondo UNI 11104); ogni requisito per le finiture del calcestruzzo;
- la potenziale reattività degli aggregati agli alcali provenienti dai componenti.

Per l'utilizzo di aggregati in frazione unica e di aggregati di recupero valgono le indicazioni dei § 5.2.3.2 e 5.2.3.3 della UNI EN 206-1 e del § 4.3 della UNI 11104.



### 3.2.4 Prescrizioni sulla durabilità e classi di esposizione

In molte applicazioni, in particolare in condizioni ambientali severe, la scelta dell'aggregato ha un'influenza sulla durabilità del calcestruzzo.

Gli aggregati vengono classificati in "categorie" in base alla classe di esposizione del calcestruzzo:

- Categoria A: senza limitazioni per classi di esposizione.
- Categoria B: per classi di esposizione X0 e XC1 (UNI 11104, prospetto 1).
- Categoria C: per calcestruzzi di classe di resistenza inferiore a C12/15 (UNI EN 206-1, prospetto 7).

In funzione delle categorie "A", "B" o "C", gli aggregati dovranno soddisfare le limitazioni riguardanti le "caratteristiche fondamentali" definite al prospetto 1 della norma UNI 8520-2 (già elencate al § 3.1.2.2).

Su indicazione del progettista o a discrezione della Direzione Lavori, potranno essere richieste anche le "caratteristiche aggiuntive" definite al prospetto 2 della norma UNI 8520-2.

Con riferimento alle "caratteristiche fondamentali e aggiuntive", si precisa quanto segue:

- contenuto di solfati solubili in acido: è consigliabile ridurre a 0,05% il limite di contenuto di SO<sub>3</sub>;
- resistenza al gelo-disgelo: si potrà eseguire una prova secondo l'appendice F della UNI EN 12620:2003, oltre che secondo UNI EN 1397-1;
- reattività alcali-silice. La presenza di minerali nocivi (pirite, marcasite e pirrotina) e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane) viene inoltre accertata in base ad un esame mineralogico (UNI EN 932-3), già prescritto nel presente Capitolato in quanto rientrante nelle "caratteristiche fondamentali" definite al prospetto 1 della norma UNI 8520-2; ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione della prova "Potenziale reattività in presenza di alcali" della UNI 8520-22; non è ammessa la presenza di pirite, marcasite e pirrotina. Utili informazioni sono presenti anche nell'appendice G della UNI EN 12620:2003.
- degradabilità mediante soluzione solfatica: è consigliabile ridurre a 10% il limite di materiale disgregato dopo 5 cicli.

Anche se non specificato dal progettista, la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori prove per valutare la durabilità in termini di:

- resistenza all'abrasione con prova Los Angeles (UNI EN 1097-2), con una perdita di massa inferiore al 30%;
- stabilità di volume (per valutare la fessurazione per ritiro disgregativo del calcestruzzo), secondo § 5.7.2 della UNI EN 12620:2003.

### 3.2.5 Prescrizioni sul diametro nominale massimo

La dimensione massima (D<sub>max</sub>) dell'aggregato dovrà essere commisurata alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature, in modo che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre di armatura senza pericolo di segregazione; il diametro nominale massimo dovrà pertanto risultare almeno:

- minore di 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura,



- diminuita di 5mm;  
• minore di 1.3 volte il copriferro.

### 3.2.6 Granulometria degli aggregati

Secondo le “Prescrizioni per il calcestruzzo” ATECAP, gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse; nella composizione della curva granulometrica nessuna frazione potrà essere dosata in percentuale maggiore del 55%, salvo preventiva autorizzazione della Direzione Lavori.

Le classi granulometriche dovranno essere mescolate tra loro in percentuali tali da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche di riferimento, scelte in modo che l’impasto fresco ed indurito abbia i prescritti requisiti. Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, garantisca la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo.

Per aggregati con diametro massimo maggiore di 4 mm, le singole frazioni necessarie a comporre la curva granulometrica non dovranno contenere più del 15% di frazioni granulometriche che dovrebbero appartenere alle pezzature inferiore e superiore.

Il diametro inferiore (d) di una data frazione dovrà sempre risultare minore o uguale al diametro superiore (D) della frazione precedente.

Sarà facoltà della Direzione Lavori approvare eventualmente l'adozione di granulometria discontinua con preventiva verifica che l'impasto risponda alla prova di omogeneità.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell’essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

La Direzione Lavori potrà richiedere dei fusi granulometrici più restrittivi di quelli indicati al prospetto 2 della UNI EN 12620 per quanto riguarda la classificazione dell’aggregato.

### 3.2.7 Utilizzo di aggiunte

Le quantità di aggiunte di tipo II (ceneri volanti o silica fume) dovranno essere dedotte in base al “concetto del valore k” descritto al § 5.2.5 della UNI EN 206-1 al § 4.2 della UNI 11104.

Nel caso si usino delle ceneri volanti, il loro contenuto in carbone può influire in modo non prevedibile sul contenuto d’aria inglobata.

### 3.2.8 Utilizzo di additivi

Per il quantitativo di additivi, si dovranno rispettare le prescrizioni indicate al § 5.2.6 della UNI EN 206-1.

### 3.2.9 Classi del conglomerato cementizio

Le classi di conglomerato cementizio indicano la resistenza cubica caratteristica del conglomerato cementizio a 28 giorni di maturazione, espressa in MPa, secondo il Prospetto 7 della UNI EN 206.

### 3.2.10 Contenuto d’acqua e di cemento

Per determinare il rapporto acqua/cemento si dovrà fare riferimento alle indicazioni del § 5.4.2 della UNI EN 206-1.

Il quantitativo d’acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato.

La quantità d’acqua da usare per il confezionamento dell’impasto dovrà essere calcolata in base alla definizione di “contenuto totale d’acqua” della UNI EN 206-1, ovvero “acqua aggiunta più l’acqua già contenuta nell’aggregato e sulla superficie dell’aggregato più l’acqua degli additivi e delle aggiunte



usate in forma di sospensione (slurry) e l'acqua derivante da una eventuale aggiunta di ghiaccio o da riscaldamento mediante vapore”.

Si dovrà fare riferimento alla condizione “satura a superficie asciutta”, nella quale l’aggregato non assorbe né cede acqua all’impasto (UNI 1097-6).

Il contenuto minimo di cemento non dovrà mai essere inferiore a 300 kg per mc di impasto.

### 3.2.11 Durabilità

La durabilità delle opere in conglomerato cementizio è definita dalla capacità di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione.

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l’attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati.

Si deve tener conto che la durabilità si ottiene mediante l’impiego di conglomerato cementizio poco permeabile, eventualmente aerato, a basso rapporto acqua/cemento, di elevata lavorabilità, con adeguato dosaggio di cemento del tipo idoneo, mediante compattazione adeguata, rispettando i limiti del tenore di ione cloruro totale nel conglomerato cementizio e curando scrupolosamente la stagionatura.

La Direzione Lavori, d’intesa con il Progettista e con l’Appaltatore, verificherà in fase di qualifica dei materiali e degli impasti, l’efficacia dei provvedimenti da adottare in base alle Norme UNI relative.

Alcune prescrizioni relative ai materiali per il controllo della durabilità del calcestruzzo sono già state definite nei precedenti paragrafi (vedere ad esempio § 3.2.3).

Per le caratteristiche del calcestruzzo, il controllo della durabilità è in primo luogo basato sulla misura della resistenza meccanica: calcestruzzi ad alta resistenza hanno anche ottime caratteristiche di durabilità, visto che entrambe queste proprietà dipendono fortemente dal rapporto a/c (§ 7.1 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”). A tale riguardo, si dovrà fare riferimento ai § 3 e § 5 della UNI 11104; in particolare si dovranno rispettare le indicazioni del prospetto 4, che riporta, in funzione della classe di esposizione:

- massimo rapporto a/c;
- minima classe di resistenza;
- minimo contenuto in cemento;
- contenuto minimo in aria;
- altri requisiti secondari (gelo/disgelo, cementi resistenti ai solfati).

La durabilità delle strutture è vincolata al rispetto dei valori di copriferro previsti nelle tavole di progetto e dalla normativa. Per quanto riguarda la corrosione delle armature si può fare riferimento alle UNI 8981-5 e UNI 9747.

Al fine di migliorare la durabilità si dovranno inoltre evitare la formazione di fessure da ritiro e l’interruzione anticipata della stagionatura protetta (§ 3.3.8)

Alcune indicazioni utili sulle azioni aggressive più tipiche sono presenti nella serie delle UNI 8981 e al § 7.1 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”; in caso di contrasto tra le parti della UNI 8981 e la UNI EN 206-1, questa ultima deve essere presa come riferimento, come indicato nella UNI 11104.

Per quanto attiene ad agenti chimici aggressivi non considerati nelle predette norme UNI 8981, all’Appaltatore compete l’onere dell’accertamento sistematico della presenza e concentrazione d’agenti aggressivi nel terreno, nelle acque di contatto e nell’ambiente in generale ai fini della valutazione dell’attacco chimico a cui potrebbero essere sottoposti i conglomerati cementizi, facendo anche riferimento al prospetto 2 della UNI EN 206-1 (attacco chimico di agenti presenti nell’acqua del terreno e nel terreno stesso). I rimedi verranno concordati anche con il Progettista dell’opera e con quelli del mix design, e comunicati di volta in volta alla Direzione Lavori.

In generale, le prescrizioni da normativa presuppongono una vita utile della struttura di 50 anni; per





opere importanti, si dovranno prevedere limiti più restrittivi, ad esempio sulla base di quanto riportato al § 7.2 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”.

#### *Conglomerati cementizi resistenti al gelo*

Possono essere soggette al ciclo di gelo/disgelo tutte le parti di struttura fuori terra o comunque a contatto con l’atmosfera.

I calcestruzzi di queste opere dovranno essere sufficientemente impermeabili e compattati, nel rispetto delle prescrizioni delle classi di esposizione XF2, XF3 ed XF4.

La prevenzione più efficace per contrastare i cicli di gelo-disgelo consiste nell’inglobare un minimo volume di aria sotto forma di microbolle stabili del diametro di 10-300  $\mu\text{m}$ , tra loro uniformemente spaziate di 100-300  $\mu\text{m}$  e quindi non comunicanti: in queste condizioni, allorché si formano i primi cristalli di ghiaccio, l’aumento di volume che ne consegue sospinge l’acqua liquida non ancora congelata nelle microbolle adiacenti provocando un benefico allentamento delle tensioni interne. A tale scopo si potranno utilizzare degli additivi aeranti opportunamente dosati.

Si dovrà porre particolare attenzione alla resistenza del calcestruzzo, visto che l’inglobamento delle microbolle d’aria provoca anche una diminuzione della resistenza meccanica indicativamente attorno al 20%. Pertanto, qualora questa diminuzione di resistenza meccanica non sia compatibile con la  $R_{ck}$  di progetto, occorre ridurre il rapporto acqua/cemento per incrementare la resistenza meccanica ed utilizzare eventuali additivi fluidificanti compatibili per incrementare la lavorabilità.

Nel caso di calcestruzzi aerati, il minimo contenuto di aria inglobata, in volume percentuale, dovrà essere scelto in funzione del diametro massimo nominale dell’aggregato secondo il prospetto 2 della UNI 8981-4 (per diametri intermedi a quelli riportati nel prospetto, si potrà interpolare linearmente). L’immissione dell’additivo aerante deve avvenire contemporaneamente al caricamento di almeno il 50% dell’acqua.

Un utile riferimento per la resistenza ai cicli di gelo-disgelo è dato anche dalle seguenti indicazioni aggiuntive:

- il calcestruzzo dovrà essere confezionato secondo UNI 8981-4;
- gli aggregati dovranno essere non gelivi secondo la norma UNI 8520-2;
- per opere di una certa importanza, si potrà eseguire una prova di assorbimento d’acqua, secondo UNI 7699: il valore massimo dovrà essere minore di 50 mm ed i valori medi di penetrazione minori di 20 mm (corrispondente ad una permeabilità  $K < 10^{-11}$  m/s secondo le “Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale”).

Tali conglomerati, qualora prescritto o richiesto dalla Direzione Lavori, saranno sottoposti alla prova di determinazione della resistenza a degradazione per cicli di gelo e disgelo secondo la Norma UNI 7087, rispettando i seguenti limiti indicativi (dopo 300 cicli):

riduzione del modulo di elasticità:

30%; perdita di massa: 2%;

espansione lineare: 0.2 %;

coefficiente di permeabilità:

- ai primi cicli: 10-9 cm/sec;
- dopo i primi cicli: 10-8 cm/sec.

#### *3.2.12 Reazioni alcali-aggregato*

In base all’esperienza locale o all’identificazione delle caratteristiche mineralogiche degli aggregati (§ 3.2.3.1), si dovrà valutare la possibilità che si manifesti la reazione chimica tra gli alcali (ioni sodio  $\text{Na}^+$  e potassio  $\text{K}^+$  presenti in tutti i costituenti la miscela di calcestruzzo) ed eventuali aggregati reattivi.

Nel caso in cui si preveda che l’opera da realizzare possa risultare satura d’acqua, costantemente o



frequentemente, le misure prevedibili per impedire o rallentare il fenomeno sono:

- scelta di componenti la miscela a basso contenuto di alcali;
- utilizzo di aggregato inerte (§ 3.2.3.1);
- impermeabilizzazione della struttura;
- utilizzo di idonei quantitativi di aggiunte di tipo II o di idonei additivi a base di sali di litio.

### *3.2.13 Lavorabilità*

Il parametro indicatore della lavorabilità del conglomerato cementizio fresco è la misura dell'abbassamento al Cono di Abrams, conforme alle indicazioni del § 4.2.1 e 5.4.1 della UNI EN 206-1. Non sono ammesse classi di consistenza S1 ed S2, se non dopo approvazione della Direzione Lavori. La prova è considerata significativa per abbassamenti compresi fra 2 e 24 cm. Il conglomerato dovrà inoltre presentarsi non segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122, dovrà essere inferiore al 0.1% (0.2% nel caso di opere secondarie, quali fondazioni non armate, riempimenti...). In alternativa, per abbassamenti inferiori ai 2 cm, si dovrà eseguire la prova con altre metodologie del § 5.4.1 della UNI EN 206-1.

Nel caso si verifichi una perdita di lavorabilità sono ammesse nuove aggiunte di additivi superfluidificanti dello stesso tipo già inserito precedentemente nell'impasto, con un quantitativo massimo di 300cc per ogni 100 kg di cemento. Nel caso che la lavorabilità prevista non venga ottenuta dopo la nuova aggiunta di additivi a piè d'opera, il calcestruzzo dovrà essere scartato.

Oltre alle prescrizioni del presente Capitolato, si potranno trovare utili indicazioni nel § 4 delle "Linee guida sul calcestruzzo strutturale".

### *3.2.14 Temperatura*

In generale, la temperatura del calcestruzzo fresco al momento del getto deve essere compresa tra +5°C e +35°C, secondo le indicazioni riportate nel § 3.3.7.5.

### *3.2.15 Omogeneità*

Quando il trasporto del conglomerato cementizio avviene mediante autobetoniere, si dovrà controllare l'omogeneità del conglomerato cementizio all'atto del getto, prelevando due campioni a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera. Dovrà risultare:

- la percentuale in peso del materiale trattenuto nel vaglio ad umido dei due campioni non dovrà differire più del 10%, usando un vaglio a maglia quadrata da 4 mm;
- lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm;
- dopo una verifica visiva di segregazione, il calcestruzzo appare non segregato.

## **3.3 LAVORAZIONI E MODALITÀ ESECUTIVE**

### *3.3.1 Personale, apparecchiature ed installazioni*

Il personale, le apparecchiature e le installazioni dovranno rispettare le indicazioni della UNI EN 206-1, con riferimento ai § 9.6 e § 9.9.

### *3.3.2 Stoccaggio dei materiali*

#### *3.3.2.1 Cemento*

Il cemento dovrà essere immagazzinato:

- in silos metallici;



- in depositi coperti e protetti dall'umidità.

Il cemento, se sfuso, sarà conservato in silos che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ogni silo conterrà un unico tipo e classe di cemento proveniente da uno stesso stabilimento di produzione; a tale scopo il silo dovrà essere, chiaramente identificato mediante un cartello di idonee dimensioni facilmente visibile dalla cabina di comando della centrale o dell'impianto di betonaggio. I silos metallici saranno completamente svuotati e puliti a intervalli non superiori a quattro mesi.

Il cemento, se in sacchi, sarà sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto ed in ambiente chiuso. I sacchi dovranno essere impermeabili; nel caso in cui il cemento non sia fornito in confezioni impermeabili, esso dovrà essere utilizzato entro quattro mesi dalla data della confezione in cemeniteria. I sacchi di cemento di diverso tipo verranno conservati separatamente e chiaramente identificati con idonei cartelli.

Nel caso in cui il cemento venga approvvigionato allo stato sfuso, il relativo trasporto dovrà effettuarsi a mezzo di contenitori che lo proteggano dall'umidità ed il pompaggio del cemento nei silos deve essere effettuato in modo da evitare la miscelazione fra tipi diversi.

Al momento dell'uso, il cemento dovrà essere in perfetto stato di conservazione. Il cemento che presentasse grumi o segni di deperimento sarà allontanato dai cantieri e sostituito a cura e spese dell'Appaltatore.

Il posizionamento dei filtri deve essere tale da impedire che il materiale captato possa confluire in un carico di calcestruzzo per il quale sia previsto un cemento diverso.

#### 3.3.2.2 *Aggregati*

Tutti gli aggregati dovranno essere tassativamente ed accuratamente lavati in modo tale da eliminare impurità, materiali dannosi o polvere aderenti alla superficie. Il lavaggio dovrà sempre avvenire a valle dell'ultima frantumazione. Gli aggregati dovranno essere stoccati in quantità congruente con il programma lavori e comunque sufficiente a completare qualsiasi opera che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di stoccaggio dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire l'immagazzinamento con segregazione delle diverse pezzature che dovranno essere separate da appositi setti.

Per ogni cumulo dovrà essere apposto un cartello di idonee dimensioni indicante la classe granulometrica dell'aggregato.

Per evitare che l'acqua piovana possa alterare bruscamente l'umidità degli aggregati nelle tramogge, queste dovranno essere coperte con idonee tettoie. Analogamente i nastri caricatori delle tramogge e quelli che vanno dall'impianto di miscelazione alla bocca di carico dovranno essere coperti anche al fine di ridurre l'inquinamento acustico ed il sollevarsi di polveri specie in presenza di forte vento.

#### 3.3.2.3 *Acqua*

Ove si renda opportuno un accumulo d'acqua, questo verrà realizzato mediante cisterne, serbatoi o bacini nei quali sia evitato il rischio di inquinamento con elementi dannosi al calcestruzzo.

In relazione alle condizioni ambientali, dovranno essere predisposte eventuali protezioni che consentano all'acqua di mantenere una temperatura adeguata alla produzione di calcestruzzo; in particolare dovranno essere protette dall'irraggiamento diretto, ad esempio con tettoie.

#### Aggiunte

Le aggiunte dovranno essere immagazzinate se consegnate in sacchi, conservate in silos impermeabili nei confronti dell'umidità atmosferica se consegnate sfuse, in cisterne se liquide. I depositi dovranno essere chiaramente identificati mediante cartelli di idonea dimensione.

Non è consentito immagazzinare aggiunte di diverso tipo miscelandole tra di loro.



#### 3.3.2.4 Additivi

Non è permesso mescolare tra loro additivi di diverso tipo e provenienza; gli additivi dovranno essere depositati in contenitori a tenuta e chiaramente identificati.

### 3.3.3 Confezionamento del conglomerato cementizio

#### 3.3.3.1 Centrali di betonaggio ed impianti di cantiere

I conglomerati cementizi dovranno essere confezionati in centrali di betonaggio o impianti di cantiere che dovranno essere preventivamente esaminati ed approvati dalla Direzione Lavori.

L'impianto dovrà essere di tipo completamente automatizzato. Il sistema di gestione e controllo dell'impianto dovrà essere in grado di stampare per ogni carico una bolla ove devono essere riportati per le varie colonne:

- n° identificativo del mix in produzione;
- soggetto (ad esempio impresa esecutrice) richiedente la fornitura;
- cantiere di destinazione; opera (ed eventualmente parte d'opera) cui si riferisce la fornitura;
- ora di fine carico del mix prodotto;
- identificazione (ad esempio targa) del mezzo di trasporto;
- materiali componenti il mix con indicati:
  - per gli aggregati: la pezzatura nominale e la cava di provenienza;
  - per i cementi: tipo, classe, produttore e cementificio;
  - per le aggiunte (ceneri volanti e microsilice): tipo e provenienza;
  - per gli additivi (fluidificanti, superfluidificanti, aeranti, ecc.): marca e tipo;
  - per l'acqua: se proveniente da acquedotto, pozzo, cisterna.
- la ricetta, per un mc, del mix in fase di produzione;
- la ricetta del mix per gli n mc in fase di produzione;
- l'umidità relativa alle singole classi di aggregati (rilevata automaticamente con le sonde almeno per gli aggregati fini);
- la ricetta per gli n mc in produzione, corretta in funzione dell'umidità relativa alle varie classi degli aggregati;
- l'effettivo carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- la differenza ( $\pm D$ ) tra quanto effettivamente caricato e il teorico corretto;
- l'errore percentuale di carico (dosaggio) per ogni singolo componente;
- il rapporto acqua/cemento di progetto del mix (considerando gli aggregati saturi con superficie asciutta) e quello effettivamente ottenuto dopo il carico (dosaggio) tenuto anche conto dell'umidità degli aggregati.

Si dovrà inoltre avere automaticamente evidenza ogni qual volta si passa da funzionamento automatico a quello manuale dell'impianto.

Ogni centrale di betonaggio od impianto di cantiere dovrà essere dotato di un sistema di recupero e trattamento dei calcestruzzi freschi di risulta, nonché delle acque di lavaggio per il loro eventuale ricircolo (secondo § 3.1.3).

Il calcestruzzo residuo contenuto nelle autobetoniere, nei bilici, autocarri, pompe, ecc. e quello eventualmente rifiutato dalla Direzione di Cantiere ovvero respinto dalla Direzione Lavori non potrà essere portato e gettato a discarica ma dovrà essere inviato ad un apposito impianto di recupero del calcestruzzo fresco da installarsi a cura e spese dell'Appaltatore che provvederà, tramite idonei macchinari e vasche, alla separazione del cemento e degli aggregati, al recupero di quest'ultimi ed al trattamento dell'acqua.

Nel luogo di produzione ed in cantiere dovranno essere installati dei termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura giornaliera dell'aria.



### 3.3.3.2 Pesatura e miscelazione

Si dovranno rispettare le prescrizioni contenute nella UNI EN 206-1, con particolare riferimento alle indicazioni su:

- tolleranze e modalità di dosaggio (§ 9.7 della UNI EN 206-1);
- miscelazione del calcestruzzo (§ 9.8 della UNI EN 206-1); controllo delle apparecchiature (prospetto 23 della UNI EN 206-1).

Il cemento, l'acqua, le eventuali aggiunte (ceneri e microsilice) e gli additivi, dovranno essere misurati con dispositivi separati, usati esclusivamente per ciascuno di essi e di opportuna sensibilità ; gli aggregati dovranno essere dosati per pesate (singole o cumulative) di almeno tre classi.

La centrale-impianto di betonaggio dovrà essere dotata di pesi campione o di altri dispositivi ausiliari di taratura, per controllare l'accuratezza di ogni misura in tutto il campo di valori consentito da ogni strumento. Verrà predisposto un programma di controlli delle tarature eseguito da personale qualificato: le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

Il tenore di umidità di tutte le diverse classi di aggregati dovrà essere controllato almeno una volta al giorno e comunque ogni volta che cambiano le condizioni atmosferiche nel corso della giornata; inoltre le tramogge contenenti le sabbie dovranno essere dotate di strumenti idonei (sonde di rilevamento) a misurare l'umidità nelle sabbie stesse all'inizio di ciascuna pesata in modo da eseguire automaticamente la correzione di peso effettivo rispetto al teorico e la detrazione dell'acqua presente nell'aggregato.

Per gli aggregati grossi, in assenza di sonde di rilevamento la percentuale di umidità potrà essere impostata in modo fisso in base alle rilevazioni giornaliere che dovranno essere registrate su idoneo modulo. In centrale/impianto di betonaggio dovrà essere disponibile un quaderno dove dovranno essere riportati almeno una volta al giorno tutti i valori del tenore di umidità per le varie classi di aggregati confrontati, per quelli finiti con quelli letti automaticamente dalle sonde. Per questi ultimi, nel caso in cui il valore letto dalle sonde differisca più dello 0,5% rispetto a quello ottenuto con la prova manuale dovranno essere indicati i provvedimenti apportati per la correzione della taratura delle sonde e per la correzione della miscela.

La percentuale di umidità nelle sabbie non dovrà, di massima, superare l'8% in peso di materiale secco. L'impianto dovrà essere costruito in maniera tale che i componenti di un nuovo impasto non possano essere pesati finché non sia stata ultimata la pesata e lo scarico dei componenti dell'impasto precedente.

Ai fini della omogeneità dell'impasto, il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere adeguati. L'impasto dovrà avere:

- sufficiente coesività tale da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi separazione di singoli elementi;
- sufficiente lavorabilità tale che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti al termine della vibrazione in opera.

Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna.

Al fine di garantire un migliore controllo del rapporto acqua/cemento e una corretta miscelazione dell'impasto, si raccomanda l'impiego di impianti di betonaggio con premiscelatore a satelliti, correzione automatica del rapporto acqua-cemento e controllo della consistenza.

In caso di impiego di impianti di betonaggio tradizionali (privi di premiscelatore) onde garantire la



corretta miscelazione dell'impasto in betoniera occorre che la stessa giri alla massima velocità per un tempo (T)

$$T \cdot n + 2$$

n = numero dei metri cubi di calcestruzzo caricati;

T = tempo in minuti

L'autobetoniera non dovrà essere caricata per un volume superiore a quello indicato dal costruttore; i componenti dell'impasto dovranno essere immessi in modo uniforme durante il carico, per quanto possibile.

#### 3.3.4 *Trasporto e scarico del conglomerato cementizio*

Il trasporto del conglomerato cementizio dal luogo del confezionamento a quello di impiego dovrà avvenire utilizzando mezzi ed attrezzature idonee ad evitare che si verifichi la segregazione dei vari componenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso.

Il sistema di trasporto dovrà essere comunicato alla Direzione Lavori per approvazione.

Ove possibile, è consigliabile il trasporto con autobetoniera. Durante il trasporto e l'attesa dello scarico, essa dovrà rimanere costantemente in movimento. Le autobetoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare la diminuzione dell'efficacia dovuta sia ad accumulo di conglomerato indurito o legante sia all'usura delle lame. L'autobetoniera dovrà essere dotata di apposito libretto che attesti le revisioni periodiche effettuate (ogni 4000 mc. e almeno ogni mese).

Il trasporto del calcestruzzo con autocarro potrà avvenire a condizione che:

- il calcestruzzo venga miscelato da un mescolatore fisso di impianto;
- il calcestruzzo abbia consistenza umida e la lunghezza del percorso e la sua accidentalità siano tali da non causare la segregazione dell'impasto;
- non siano stati immessi additivi aeranti;
- il cassone dell'autocarro sia a tenuta stagna ad evitare perdite.

Non saranno ammessi gli scivoli.

Per i nastri trasportatori, approvati dalla Direzione Lavori, è indispensabile che: l'inclinazione del nastro sia tale da non causare il riflusso del calcestruzzo a nastro fermo;

la tensione del tappeto e la distanza tra i rulli sia tale da non causare evidenti sobbalzi alla massa di calcestruzzo;

al termine del nastro, il calcestruzzo finisca in una tramoggetta che ne permetta lo scarico verticale nel punto di messa in opera;

è vietato aggiungere acqua o qualsiasi componente direttamente sul nastro.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del calcestruzzo alla bocca d'uscita della pompa; è vietato aggiungere acqua o qualsiasi componente nella tramoggia di alimentazione della pompa. Nel caso di interruzione del flusso di pompaggio per qualsiasi ragione, l'addetto alla pompa avrà cura di procedere a frequenti brevi aspirazioni e spinte del calcestruzzo per tenerlo in movimento. Nella messa in opera si raccomanda che:

il terminale in gomma della pompa sia posto in posizione verticale per evitare la



segregazione del calcestruzzo;  
nel caso di getti verticali, la tubazione della pompa venga fatta penetrare il più possibile nel cassero per evitare la segregazione del calcestruzzo.

Il tempo intercorrente tra il confezionamento dell'impasto all'impianto (ovvero il momento in cui si aggiunge l'acqua all'impasto) ed il getto non dovrà essere superiore a 60 minuti, nel caso il calcestruzzo venga mantenuto in movimento durante il tempo di trasporto. In caso di particolari condizioni operative, prevedendo opportune misure (come additivi ritardanti), potrà essere autorizzato un maggior tempo limite per il getto dal momento del confezionamento fino a 120 minuti. In tal caso per il mix in esame dovrà essere eseguito uno specifico studio di qualifica che attesti il mantenimento della lavorabilità nel tempo con controllo dell'abbassamento al cono di Abrams ogni 15'.

Il trasporto del calcestruzzo mediante veicoli non provvisti di dispositivo di agitazione (autocarri) sarà permesso solo se il tempo tra l'impasto e la messa in opera non supera 15 minuti, salvo diversa autorizzazione.

Nel caso in cui per il mantenimento della lavorabilità a lungo periodo occorresse una ritempera della miscela di calcestruzzo fresco, questa potrà avvenire solo mediante aggiunta di additivo superfluidificante, secondo § 3.1.5.1.

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla indicante:

- numero di serie;
- identificazione dell'autobetoniera;
- la centrale-impianto di produzione;
- la data e l'ora di carico, arrivo in cantiere e scarico;
- la temperatura ambiente;
- il numero del mix;
- la classe di conglomerato, il diametro massimo dell'aggregato, il dosaggio teorico corretto ed effettivo con gli scostamenti assoluti e percentuali dei vari componenti (acqua, cemento, additivi, aggiunte e singole classi di aggregati);
- i metri cubi trasportati;
- l'opera per la quale dovrà essere impiegato.

In calce alla bolla dovranno essere indicati gli eventuali prelievi e prove eseguiti all'impianto. Il personale dell'Appaltatore sarà tenuto ad esibire dette bolle, su richiesta, al personale della Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà tenere idonea documentazione in base alla quale sia possibile individuare il punto della struttura su cui ciascun carico è stato destinato.

All'atto dello scarico saranno controllate l'omogeneità e la lavorabilità dell'impasto, secondo quanto indicato al § 3.2 e § 3.4.

E' facoltà della Direzione Lavori rifiutare carichi di calcestruzzo non rispondenti ai requisiti prescritti.

La localizzazione in ambito urbano delle aree di cantiere non deve inficiare le caratteristiche prestazionali del calcestruzzo, che dovrà comunque possedere le caratteristiche prescritte al momento della posa in opera indipendentemente dalla distanza dall'impianto di produzione e dalle difficoltà insite nell'operare in spazi ristretti.

### 3.3.5 Casseforme

Per tali opere provvisorie l'Appaltatore comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono





riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare per l'approvazione al Direttore dei Lavori i disegni di dettaglio di tutte le casseforme principali, corredati dei calcoli di stabilità.

Nella progettazione e nell'esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

#### *3.3.5.1 Caratteristiche delle casseforme*

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Tutte le casseforme dovranno essere solide, indeformabili e atte a sopportare ogni sollecitazione sia durante che dopo il getto.

Apposite matrici potranno essere adottate se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo.

Nel caso di eventuale utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. Il legname delle casseforme in legno dovrà essere sufficientemente stagionato in modo che non si verifichino ritiri tali da creare fessure fra i vari elementi componenti le casseforme. Se sono di legno non impermeabilizzato, prima del loro impiego è opportuno umidificarle per impedire che assorbano acqua dal calcestruzzo.

Nel caso di cassetteria a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

#### *3.3.5.2 Pulizia e trattamento*

I casseri dovranno essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito. Le casseforme potranno essere eventualmente trattate con idonee sostanze disarmanti per facilitarne il disarmo.

Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti, secondo quanto prescritto al § 3.1.7. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto. Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

#### *3.3.5.3 Giunti e riprese di getto*



I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature; potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici.

Le riprese di getto saranno, sulla faccia vista, delle linee rette e, qualora richiesto dalla Direzione Lavori, saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

Particolare cura dovrà essere posta, in relazione al contesto operativo definitivo dell'elemento d'opera, all'impermeabilizzazione dei giunti di ripresa mediante l'inserimento di idonei profili in gomma o altro materiale idroespandente, con modalità e metodi indicati nella parte specifica delle norme di Capitolato.

#### *3.3.5.4 Legature delle casseforme*

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo; in particolare viene prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi delle casseforme vengano fissati nella esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla Direzione Lavori, potranno essere adottati altri sistemi prescrivendo le cautele da adottare.

#### *3.3.5.5 Predisposizione di fori, tracce, cavità, etc.*

L'Appaltatore avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature, ecc., nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle di ispezione, sedi di tubi e cavi, attacchi di parapetti, mensole, sicurvia, segnalazioni, parti di impianti, ecc.

L'onere relativo è compreso e compensato nei prezzi unitari e pertanto è ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

Ove richiesto le casseforme dovranno possedere dispositivi atti all'alloggiamento ed al fissaggio dei tubi in acciaio necessari per effettuare le iniezioni di contatto e di consolidamento a tergo del rivestimento.

### *3.3.6 Armatura*

#### *3.3.6.1 Controllo del peso e della sezione*

Per gli opportuni controlli da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà dichiarare, per ogni partita di acciaio in barre che entra in cantiere, la provenienza e la qualità del materiale stesso, nonché il peso complessivo della partita e quello dei tondini di uno stesso diametro.

Per partita si intenderà il quantitativo di materiale che, pervenendo da un'unica ferriera o da un unico fornitore nello stesso giorno o in un limitato numero di giorni, può essere considerato come unica fornitura omogenea, sia per tipo che per caratteristiche fisiche dei trafilati.

Da ogni partita, per il controllo del peso effettivo, saranno prelevate delle barre campione.

Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste al §11.3.28 di cui al D.M. 14/01/2008, il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse ammissibile in base alle tolleranze ed alle normative in vigore, dovranno essere aggiunte (previe opportune modifiche ai disegni di progetto ed informazione alla Direzione Lavori) barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.



### *3.3.6.2 Saldature, sovrapposizioni e manicotti*

Eventuali giunzioni, quando non evitabili, dovranno essere realizzate con: manicotti filettati; saldature;

sovrapposizioni definite secondo la normativa vigente e comunque almeno 40 volte il diametro se barre ad aderenza migliorata in posizione rettilinea.

Le modalità di saldatura dovranno essere comunicate tempestivamente dall'Appaltatore e dovranno essere supportate con l'esito di prove sperimentali.

Nel caso di impiego di manicotti, l'Appaltatore dovrà consegnare preventivamente alla Direzione Lavori per approvazione le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare.

La lunghezza ed il diametro dei manicotti dovranno essere compatibili con l'armatura. Le giunzioni saranno realizzate in acciaio ad alta resistenza e saranno compresi, oltre agli oneri di installazione, gli oneri di esecuzione delle filettature troncoconiche alle estremità delle barre da giuntare, la fornitura del tappo di protezione in materiale plastico della parte di manicotto non occupato dalla barra di prima fase durante il getto del calcestruzzo, la piastrina di fissaggio del manicotto alla eventuale cassaforma, l'impiego di eventuali dime per il corretto posizionamento degli stessi l'avvitamento delle barre filettate ai manicotti per mezzo di chiave dinamometrica certificata ed ogni altro eventuale onere per la finitura del lavoro a regola d'arte.

Il manicotto dovrà essere fornito da Ditta con sistema di qualità certificato in grado di accompagnare ogni fornitura con test di trazione eseguiti in fase produttiva da un proprio laboratorio interno.

Le filettature troncoconiche o cilindriche delle barre e quelle del manicotto dovranno essere realizzate in modo che la barra, in opera, non presenti sezioni ridotte al di fuori del manicotto, garantendo così un perfetto accoppiamento che non renda necessario l'uso di controdadi.

### *3.3.6.3 Posa in opera*

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori, sia prefabbricati in malta di cemento sia in materiale plastico; è vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici. Lungo le pareti verticali si dovrà ottenere la necessaria distanza esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazioni armate.

La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile, si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e semisferiche.

Copriferro ed interferro dovranno rispettare quanto indicato nel progetto e dalle Norme vigenti, per quanto riguarda copriferro minimo e correlazione allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali.

Le gabbie d'armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate i filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a mm 0,6 in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

L'Appaltatore dovrà adottare, inoltre, tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

E' a carico dell'Appaltatore l'onere della posa in opera delle armature metalliche anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici.

### *3.3.6.4 Tolleranze*

Le tolleranze nel posizionamento delle armature normali sono riportate di seguito; chiamando S lo scarto tra la posizione definita nel progetto e quella effettiva in opera, sono ammessi questi valori: copriferro armature strutturali:



- $S = - 0.0 \text{ cm}$
- $S = + 1.5 \text{ cm}$  (  $1.0 \text{ cm}$  per solette) armature di ripartizione o di diffusione (nel senso ortogonale al copriferro):
- $S = r 2.0 \text{ cm}$  (purchè siano rispettati i valori di copriferro ed interferro da Norma) interasse delle staffe:
- $S = r 2.0 \text{ cm}$  (purchè le differenze positive e negative si compensino nello spazio di  $1 \text{ m}$ ).

### 3.3.7 Esecuzione dei getti

#### 3.3.7.1 Preparazione del getto

L'Appaltatore è tenuto a presentare, ogni giorno alla Direzione Lavori un modulo, preventivamente concordato con la stessa, riportante il dettagliato programma dei getti previsti, con indicati almeno:

- il luogo, l'opera e la struttura;
- i  $\text{m}^3$  di calcestruzzo previsti, la classe di resistenza e i codici del/dei mix utilizzati;
- i relativi impianti di confezionamento.

La Direzione Lavori potrà, a sua esclusiva discrezione, verificare la preparazione e la rettifica dei piani di posa, delle casseforme, delle armature metalliche e delle eventuali guaine dei cavi per la precompressione, nonché la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.) e segnalare, qualora le opere non fossero in accordo al progetto approvato o alle prescrizioni del Capitolato d'appalto, le eventuali anomalie.

Nel caso di getti contro terra, si dovrà controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesa di materiale isolante, impermeabilizzante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e di Capitolato.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Prima del getto, tutte le superfici di contenimento del conglomerato cementizio dovranno essere lavate con acqua od aria in pressione ed i ristagni d'acqua saranno allontanati dal fondo della cassetta; tali superfici, se porose, dovranno inoltre essere mantenute umide nell'arco delle 2 ore precedenti l'inizio delle operazioni di getto.

I getti potranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

#### 3.3.7.2 Operazioni di getto

Il calcestruzzo deve essere messo in opera e compattato immediatamente dopo l'impasto, anche in base a quanto stabilito al § 3.3.4. Qualora non sia possibile eseguire immediatamente queste operazioni occorre proteggere il calcestruzzo per il tempo necessario ad evitare l'influenza delle condizioni ambientali come il sole, il vento e la pioggia; in climi secchi e caldi il calcestruzzo deve essere messo in opera e compattato entro 30 minuti dalla fine dell'impasto, in climi freddi e secchi entro 60 minuti.

Lo scarico del conglomerato cementizio dal mezzo di trasporto nelle casseforme, dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. E' ammesso l'uso di scivoli soltanto se risulta garantita l'omogeneità dell'impasto. L'impiego di benne a scarico di fondo e di nastri trasportatori dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori.

Salvo casi particolari, opportunamente giustificati dall'Appaltatore ed accettati dalla Direzione Lavori,



l'altezza di caduta libera del conglomerato fresco sarà funzione delle caratteristiche di segregabilità dell'impasto, ma comunque mai superiore ad 1,0 m.

Il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione. L'altezza di caduta libera del conglomerato fresco non dovrà mai essere superiore a 100 cm misurati dall'uscita dello scivolo o dalla bocca del tubo convogliatore.

Qualora il conglomerato cementizio dovesse essere gettato in presenza d'acqua, l'Appaltatore dovrà adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione. L'onere di tali accorgimenti è a carico dell'Appaltatore.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera ed assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari ed esenti anche da macchie e chiazze.

E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

#### *3.3.7.3 Vibrazione del calcestruzzo*

Il calcestruzzo, dopo essere stato posto in opera, dovrà essere costipato alla massima densità possibile mediante vibratori ad immersione o vibratori applicati alle casseforme.

La vibrazione per immersione dovrà essere eseguita immergendo il vibratore verticalmente. Il vibratore dovrà penetrare in ogni suo punto per almeno 5 cm nella parte superiore dello strato orizzontale di calcestruzzo gettato precedentemente.

In linea di massima la durata di vibrazione per metro cubo di calcestruzzo sarà compresa tra 2 e 3 minuti allorché eseguita con vibratore ad immersione avente diametro di 60-70 mm.

I vibratori avranno possibilmente frequenze variabili commisurate a tutta la scala granulometrica dell'impasto.

Durante la posa in opera i vespai di ghiaia, eventualmente formati, dovranno essere dispersi prima della vibrazione del conglomerato cementizio.

Per getti in pendenza, dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di conglomerato cementizio troppo sottili per essere vibrato efficacemente.

#### *3.3.7.4 Riprese di getto*

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa; nel caso in cui ciò non fosse possibile, prima di effettuare la ripresa, la superficie di conglomerato cementizio indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata ed eventualmente scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa da garantire una perfetta aderenza tra i getti. Il giunto di costruzione già formatosi potrà essere umidificato e omogeneamente ricoperto da uno strato di malta plastica che penetri in tutte le irregolarità; tale malta dovrà avere caratteristiche non inferiori alla pasta del conglomerato cementizio.

Tra le successive riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario l'Appaltatore dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti al vapore d'acqua.

Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di lavorazione con accorgimenti autorizzati dalla Direzione Lavori.

Per opere particolari l'Appaltatore potrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori specifiche modalità di ripresa di getto, che dovranno essere accompagnate da idonee prove in laboratorio ed in campo su opere e/o parti d'opera e/o manufatti campione appositamente realizzati in sede adeguata.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa; per questo titolo l'Appaltatore non



potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi e ciò, neppure nel caso che, in dipendenza di questa prescrizione, il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive.

### *3.3.7.5 Condizioni climatiche*

Nel luogo di produzione ed in cantiere saranno installati termometri atti a misurare la temperatura atmosferica, dei materiali e degli impasti. Tali termometri saranno forniti dall'Appaltatore, in modo da fornire i valori con una tolleranza di 0.1°C.

Nel caso di clima freddo, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio dovranno essere sospese nel caso in cui la temperatura ambientale al momento del getto sia compresa fra 0°C e + 5° C, a meno che sia garantita una temperatura dell'impasto appena miscelato non inferiore a + 8°C (l'Appaltatore dovrà fornire indicazioni circa le modalità e la frequenza dei controlli di temperatura dell'impasto appena miscelato). Questa temperatura potrà essere ottenuta eventualmente anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto in dotazione all'impianto di betonaggio.

Per temperature comprese fra -5°C e 0°C non è ammessa l'esecuzione di getti a meno che non si tratti di quelli relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell'impasto di cui al capoverso precedente.

La produzione ed il getto del calcestruzzo dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura scenda al di sotto di -5°C.

Per i plinti bisognerà comunque adottare le seguenti precauzioni:

- occorre confezionare il getto con inerti privi di grumi congelati o residui di neve o ghiaccio;
- adottare la massima cura nella vibrazione e compattazione del conglomerato;
- provvedere ad eliminare dalle cassature, dalle superfici di fondo o di contenimento del getto e/o dai ferri d'armatura ogni traccia di neve o ghiaccio mediante getti d'aria calda o vapore; proteggere ed isolare i getti mediante opportune protezioni da concordare preventivamente con la Direzione Lavori onde permettere l'avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;
- mantenere le strutture cassate per un periodo minimo di due giorni;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata.

Le prescrizioni di cui all'elenco sopra dovranno adottarsi in tutti i casi qualora la temperatura media diurna sia inferiore ai +2° C.

La temperatura della superficie di posa (riprese di getto, casseri, terreno, roccia, ecc.) non dovrà essere inferiore a + 1°C.

Nel caso di clima caldo, se durante le operazioni di getto la temperatura ambiente supera i 35°C, la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C; per getti massivi tale limite sarà convenientemente abbassato.

Affinché la temperatura dell'impasto rispetti i limiti suddetti, durante la stagione fredda l'Appaltatore dovrà riscaldare i componenti la miscela, in particolare gli inerti e l'acqua, fino ad una temperatura massima di +40°C, mentre durante la stagione calda l'Appaltatore dovrà proteggere o raffreddare gli stessi componenti se necessario; potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, assicurandosi che tutto il ghiaccio sia sciolto all'atto della posa in opera.

Gli accorgimenti tecnici impiegati per il riscaldamento ed il raffreddamento, dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

Potranno essere eventualmente impiegati additivi per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio. Schede tecniche dei prodotti che l'Appaltatore intende utilizzare dovranno essere preventivamente inviate alla Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere rispettati i limiti di temperatura sopra indicati.

In caso di getto di ampie superfici esposte all'azione del vento (ad esempio lastre di pavimentazione)



la superficie esposta del calcestruzzo dovrà essere adeguatamente protetta con idonei prodotti e/o con idonei materiali (es. teloni) atti ad evitare la rapida evaporazione dell'acqua d'impasto.

E' tassativo l'obbligo di fare ricorso, sulle superfici esposte, a prodotti filmogeni o bagnatura continuamente rinnovata.

Per queste limitazioni, l'Appaltatore non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

#### *3.3.7.6 Stagionatura protetta*

Per stagionatura protetta si intende l'insieme di precauzioni che, durante il processo di indurimento e maturazione, permette di trasformare l'impasto fresco in un materiale resistente, impermeabile e durevole.

I metodi di stagionatura e la loro durata dovranno essere tali da garantire per il conglomerato cementizio indurito:

- la prescritta durabilità e resistenza;
- la totale assenza di fessure o cavillature date dal ritiro per rapida essiccazione delle superfici di getto o per sviluppo di elevati gradienti termici all'interno della struttura.

I metodi di stagionatura e maturazione, utilizzati dall'Appaltatore, saranno preventivamente comunicati alla Direzione Lavori per approvazione.

Utili indicazioni sulla stagionatura e sui fattori che la influenzano sono riportate al § 5 delle "Linee guida sul calcestruzzo strutturale". Si prescrive il rispetto dei limiti sulle differenze di temperatura indicati al § 5.1 delle stesse.

#### *3.3.7.7 Stagionatura ordinaria*

Si definisce stagionatura ordinaria quella che avviene a temperatura ambiente, nell'intervallo tra +5°C e +35°C, senza interventi esterni di riscaldamento e raffreddamento controllati.

L'Appaltatore dovrà controllare i fattori che influenzano maggiormente la maturazione, ovvero la temperatura e l'umidità, al fine di evitare:

- un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo;
- variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, che produrrebbero fessurazioni o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del conglomerato cementizio indurito. Dovrà essere accuratamente quantificato, in fase progettuale, il bilancio termico complessivo durante la fase di indurimento, in funzione del calore di idratazione e della temperatura esterna, al fine di evitare congelamenti superficiali o di intere strutture sottili, oppure riscaldamento troppo elevato con conseguente abbattimento delle proprietà del conglomerato cementizio indurito.

Quando le condizioni atmosferiche siano tali da lasciare presupporre un eccesso di evaporazione superficiale, le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme, dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile, con una umidità relativa superiore al 95 %, per mezzo di:

- prodotti antievaporanti (§ 3.1.8), da applicare a spruzzo subito dopo il getto;
- continua bagnatura;
- copertura con sacchi di juta bagnati ad intervalli regolari;
- stagionatura a vapore.





Il numero di giorni minimi di stagionatura protetta sono indicati nella Tabella 7 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”, rispetto alla velocità di sviluppo della resistenza, temperatura dell’impasto e condizioni ambientali, e comunque per almeno 2 giorni. I riferimenti indicati in norma individuano un numero di giorni di stagionatura minimo per classi di esposizione X0, XC\_ ed XA1: tali giorni dovranno essere adeguatamente aumentati nel caso di classi di esposizione più gravose.

Per le solette è fatto obbligo di applicare esclusivamente i prodotti antievaporanti o la bagnatura continuamente rinnovata. Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, l’Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

Le superfici del calcestruzzo dovranno essere protette dall’azione del sole, del vento e del gelo ove necessario, ad esempio con teli o materassini isolanti.

Durante il periodo di stagionatura i getti dovranno essere accuratamente protetti per evitare urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Nel caso siano previste, nelle 24 ore successive al getto durante la fase di stagionatura, temperature dell’aria con valori minori di +5°C o maggiori di +35°C, l’Appaltatore dovrà utilizzare esclusivamente casseri in legno coibentati sull’intera superficie del getto ed eventualmente teli isolanti. In generale, qualora sia necessario eseguire getti durante la stagione invernale, l’Appaltatore dovrà riparare e/o riscaldare le superfici del calcestruzzo, affinché durante il primo periodo della stagionatura siano evitati danni causati da gelo.

Qualora il prodotto antievaporante venisse applicato su una superficie di ripresa o in caso di applicazione di protettivi, prima di eseguire il successivo getto si procederà alla scarificazione della superficie di ripresa.

L’Appaltatore deve proporre una dettagliata descrizione delle procedure di maturazione che dovrà essere preventivamente approvata dalla Direzione Lavori.

#### *3.3.7.8 Stagionatura accelerata*

Con riferimento alla realizzazione delle predalle, la maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa qualora siano state fatte indagini sperimentali sul trattamento termico che si intende adottare, particolarmente per controllare che ad un aumento delle resistenze iniziali non corrisponda una resistenza finale minore di quella prevista in progetto.

Nella produzione di elementi prefabbricati viene, di norma, adottata la maturazione accelerata del conglomerato cementizio mediante trattamento termico.

Dovranno essere rispettate le prescrizioni del § 5.3 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”, oltre ai seguenti punti:

- la durata di prestagionatura non dovrà essere minore di 3 ore, alla temperatura massima di +30°C;
- il gradiente termico di riscaldamento non dovrà superare il valore di 15°C/ora e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo punto d);
- la temperatura massima all'interno del conglomerato cementizio non dovrà superare i 60°C, puntuale 65°C, ed inoltre la variazione di temperatura non supererà i 15°C da punto a punto della superficie stessa;
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 20°C;

il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l’andamento delle temperature nel tempo.

#### *3.3.7.9 Disarmo*

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunte le



prescritte resistenze e comunque quando il calcestruzzo abbia raggiunto una maturazione sufficiente per evitare danneggiamenti alla struttura.

Utili indicazioni sono riportate al § 5.2.1 delle “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”, con riferimento a:

- tempi di presa in funzione del cemento e dell’umidità; tali indicazioni sono relative ai tempi per conseguire un’adeguata impermeabilità dello strato superficiale e non prendono in considerazione i tempi per raggiungere la resistenza necessaria per la rimozione dei casseri;
- giorni minimi di stagionatura protetta (§ 3.3.8).

#### *3.3.7.10 Finitura dei calcestruzzi*

La cassetatura, il getto, la vibrazione e le finiture dovranno essere eseguiti in modo tale che le superfici dei calcestruzzi risultino il più possibile lisce, uniformi, compatte, omogenee e regolari. Nessun ripristino o stuccatura dovrà essere eseguito dopo il disarmo del conglomerato cementizio senza il preventivo controllo ed autorizzazione della Direzione Lavori.

Sarà cura dell’Appaltatore presentare alla Direzione Lavori le modalità di ripristino ipotizzate e le caratteristiche dei materiali che intende utilizzare. Se richiesto dalla Direzione Lavori, prima di procedere ai definitivi ripristini, l’Appaltatore effettuerà delle prove per valutare la qualità tecnica ed estetica degli interventi proposti.

La regolarità dei getti dovrà essere verificata con un’asta rettilinea della lunghezza di 2.00 metri, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni, longitudinale e trasversale. I gradi di finitura per le superfici cassate sono i seguenti:

- **Grado F-1.** Questo grado di finitura si applicherà alle superfici che saranno ricoperte con rinterri oppure ove è previsto il rivestimento successivo con contropareti, laterizi o altri materiali. Le irregolarità superficiali brusche e gradualì non dovranno superare i 15 mm.
- **Grado F-2** Questo grado di finitura si applicherà alle superfici che saranno destinate ad essere esposte alla vista, ma senza funzione idraulica. Le irregolarità superficiali non dovranno superare 3 mm se brusche e 8 mm se gradualì.
- **Grado F-3** Questo grado di finitura si applicherà alle superfici destinate ad avere una funzione idraulica ed alle strutture a faccia vista. Le irregolarità superficiali non dovranno superare 1 mm se brusche e 3 mm se gradualì.
- **Grado F-4** Questo grado di finitura si applicherà alle superfici dei prefabbricati. Per questo grado non sono ammesse irregolarità superficiali sia brusche che gradualì.

Per scostamenti inferiori a mm 10, le eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo.

Ciò qualora tali difetti siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori riterrà tollerabili, fermo restando che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell’Appaltatore. Qualora le irregolarità siano mediamente superiori ai 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura ed onere dell’Appaltatore, mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, potrà essere costituito da:

- malte o betoncino reoplastici a base cementizia, a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a mm 15.



Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere dai getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita, e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento; queste prestazioni non saranno in nessun caso oggetto di compensi a parte.

I tiranti di ancoraggio delle casseforme dovranno essere tali che possano essere tagliati ad almeno 10 mm dalla superficie senza che si creino sbecature al calcestruzzo. Il foro necessario al taglio sarà sigillato con malta di cemento. I tiranti di ancoraggio delle casseforme per tutte le superfici con funzione idraulica devono essere del tipo a tenuta stagna.

Quando, a giudizio del Direttore dei Lavori, si riscontrassero difetti non rettificabili con normali procedimenti l'Appaltatore dovrà provvedere alla loro eliminazione mediante smerigliatura o ricostruendo parte della struttura difettosa.

Le superfici non casserate dovranno essere finite a semplice staggia, a frattazzo lungo o a lisciatura con frattazzo metallico.

#### *3.3.7.11 Caratteristiche estetiche*

La superficie esterna dei getti in calcestruzzo dovrà essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazioni di malta fine, macchie che ne pregiudichino l'uniformità e la compattezza sia ai fini della durabilità che dell'aspetto estetico.

Qualora previsto nel progetto o prescritto dalla Direzione Lavori le murature in conglomerato cementizio possono venire rivestite sulla superficie esterna con parametri speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione; in tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento.

Il colore superficiale è determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma e pertanto per garantirne l'uniformità, per ogni singola opera, il cemento dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre della stessa qualità, così pure la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante.

Le opere o i componenti delle opere che dovranno avere lo stesso aspetto superficiale, dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura. In particolare si dovrà curare che l'essiccazione della massa del conglomerato cementizio sia lenta ed uniforme.

Si dovranno evitare le condizioni per le quali si possa verificare la formazione di efflorescenze sul conglomerato cementizio, e, qualora queste si formino, sarà facoltà della Direzione Lavori chiedere che esse vengano eliminate a cura dell'Appaltatore.

Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.

Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza di ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del conglomerato cementizio dovrà essere eliminato a cura dell'Appaltatore con i provvedimenti che la Direzione Lavori riterrà più idonei.

#### *3.3.7.12 Tolleranza di posizionamento e dimensionali*

Le opere in calcestruzzo dovranno essere eseguite in base alle dimensioni ed al posizionamento indicati sui Disegni Esecutivi.

Nelle opere finite gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito; per i vari elementi strutturali; lo scostamento "S" è espresso in cm:

Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto:  $S = \pm 3.0 \text{ cm}$
- dimensioni in pianta:  $S = - 3.0 \text{ cm o } + 5.0 \text{ cm}$
- dimensioni in altezza (superiore)  $S = - 0.5 \text{ cm o } + 3.0 \text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso  $S = - 0.5 \text{ cm o } + 2.0 \text{ cm}$



Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate agli allineamenti di progetto:  $S = r \pm 2.0 \text{ cm}$
- dimensione in pianta (anche per pila piena):  $S = -0.5 \text{ cm o } +2.0 \text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle:  $S = -0.5 \text{ cm o } +2.0 \text{ cm}$
- quota altimetrica sommità:  $S = r \pm 1.5 \text{ cm}$
- verticalità per  $H < 600 \text{ cm}$   $S = r \pm 2.0 \text{ cm}$
- verticalità per  $H > 600 \text{ cm}$   $S = r \pm H/12$

Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

- spessore:  $S = -0.5 \text{ cm o } +1.0 \text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso:  $S = r \pm 1.0 \text{ cm}$

Vani, cassette, inserterie:

- posizionamento e dimensione vani e cassette:  $S = r \pm 1.5 \text{ cm}$
- posizionamenti inserti (piastre boccole):  $S = r \pm 1.0 \text{ cm}$

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

Le tolleranze relative a tutte le altre strutture in calcestruzzo gettato in opera sono le seguenti:

- Deviazione dalla posizione relativa:  $\pm 10 \text{ mm}$ ;
- Deviazione dalla verticale:  $\pm 5 \text{ mm}$  in  $3 \text{ m}$  con un massimo di  $\pm 15 \text{ mm}$ ;
- Deviazione dalla pendenza:  $\pm 5 \text{ mm}$  in  $6 \text{ m}$  con un massimo di  $\pm 10 \text{ mm}$ .

### 3.3.7.13 Giunti di discontinuità

Nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio dovranno essere realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari ed imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte, tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc.).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti in faccia vista secondo linee rette, continue o spezzate. La larghezza e la conformazione dei giunti dovranno essere approvate dalla Direzione Lavori.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Appaltatore, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole classi di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura, l'elenco prezzi dovrà prevedere espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unicamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto e definitivo assetto del giunto.

I manufatti, di tenuta o di copertura dei giunti, possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butadiene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioossipropilene, polioossicloro-propilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile.

In luogo dei manufatti predetti, può essere previsto l'impiego di sigillanti. Essi possono essere costituiti



da sostanze oleoresinose, bituminose siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, un'aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primer, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra, dopo la messa in opera.

È tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.). In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

### **3.4 PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE**

Sulla base delle indicazioni contenute nel Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Generali, relative alle prove e verifiche da eseguire sui materiali e più in generale sul calcestruzzo, la successione dei controlli si dovrà articolare nelle seguenti fasi:

- studio preliminare di qualificazione (§ 3.4.1);
- controlli in corso d'opera (§ 3.4.2);
- controlli sulle opere finite (§ 3.4.3).

La garanzia di qualità dei calcestruzzi e dei materiali potrà essere comprovata a seguito di apposite prove sistematiche effettuate dai Laboratori Ufficiali di cui all'Art. 20 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 e di altri autorizzati con decreto del Ministro dei Lavori Pubblici come previsto dalla normativa cogente.

#### **3.4.1 Studio preliminare di qualificazione**

Lo studio preliminare si articola in due fasi, comprendendo una fase di qualifica delle miscele in laboratorio ed una messa a punto delle miscele all'impianto di produzione.

In primo luogo, la Direzione Lavori fornirà all'Appaltatore eventuali prescrizioni riguardanti i materiali, l'impasto di calcestruzzo e le modalità esecutive, aggiuntive rispetto a quelle del Progettista e del presente Capitolato. Tali prescrizioni non sono definitive e potranno essere modificate in corso d'opera se necessario. L'Appaltatore dovrà sollecitare la Direzione Lavori al fine di ottenere tali indicazioni.

Successivamente, l'Appaltatore dovrà qualificare gli impasti di calcestruzzo presso un Laboratorio Ufficiale riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture, sottoponendo all'esame della Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, la seguente documentazione:

- i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo, caratteristiche, qualità e stoccaggio dei medesimi, secondo le indicazioni del § 3.1;
- la caratteristiche del conglomerato cementizio usato, secondo quanto indicato al § 3.2; si dovrà fare esplicito riferimento a:
  - la resistenza  $R_{ck}$ ;
  - il mix design;
  - il tipo ed il dosaggio del cemento (§ 3.2.2), il rapporto acqua/cemento (§ 3.2.7);
  - il tipo di aggregato, il diametro massimo e lo studio della composizione granulometrica (§ 3.2.3);
  - il tipo ed il dosaggio degli additivi e delle aggiunte che intende usare (§ 3.2.4 e 3.2.5);
  - il tipo e la classe di conglomerato secondo il § 3.2.6;
  - la durabilità (§ 3.2.8), con indicazioni sugli eventuali cicli di gelo-disgelo;
  - la lavorabilità (§ 3.2.8.1);
- le caratteristiche della tecnologia esecutiva delle opere, secondo quanto indicato al § 3.3,



con particolare riferimento all'impianto di confezionamento ed ai sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;

- i risultati delle prove preliminari, effettuate dall'Appaltatore presso un Laboratorio Ufficiale riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture, relative all'impasto di calcestruzzo al fine di controllare tutte le caratteristiche richieste dal Progettista, dal Capitolato d'appalto e dalla Direzione lavori; per la valutazione preliminare di resistenza si dovrà fare riferimento alle verifiche indicate al §11.2.3 del D.M. 14/01/2008;
- l'elenco delle prove in corso d'opera che dovrà eseguire mettendo a disposizione uomini, mezzi e quanto è necessario, in modo tale che il materiale sia consegnato al Laboratorio in condizioni idonee ad eseguire la sperimentazione; resta inteso che a carico della Direzione Lavori sarà solo la spesa di laboratorio;
- i progetti delle opere provvisori (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

Tale documentazione dovrà essere presentata per ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura nei calcoli statici delle opere. Lo studio di composizione non dovrà essere più vecchio di un anno. La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo:

- aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio;
- aver effettuato, in contraddittorio con l'Appaltatore, impasti di prova del calcestruzzo presso l'impianto di produzione per la verifica dei requisiti di resistenza e durabilità.

Dette prove saranno eseguite sui campioni confezionati in conformità a quanto proposto dall'Appaltatore ai punti a), b), c), d). La qualifica si intenderà superata quando:

- la resistenza a compressione media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, risulti superiore alla resistenza indicata nella relazione di qualificazione;
- il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe dichiarata;
- il rapporto a/c (UNI 6393) non superi di 0.04 quello dichiarato in fase di qualifica in laboratorio;
- il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 97% di quello ottenuto nella qualifica delle miscele in laboratorio;
- i valori di altre caratteristiche scelte dalla Direzione Lavori rientrino nei limiti da Essa definiti.

Le caratteristiche dei materiali e la composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificate in corso d'opera, salvo autorizzazione scritta della Direzione Lavori. Qualora si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica, di cui al presente paragrafo, dovrà essere ripetuta.

### *3.4.2 Controlli in corso d'opera*

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera sui materiali (§ 3.4.2.1) e su ciascun impasto di calcestruzzo (§ 3.4.2.2), al fine di evidenziare eventuali differenze rispetto alle indicazioni dello studio preliminare di qualificazione (§ 3.4.1).

Si dovranno comunque effettuare anche tutti i controlli già definiti al § 3.3 riguardo a impianti, apparecchiature, etc.

L'Appaltatore dovrà consentire alla Direzione Lavori libero accesso ai luoghi di stoccaggio dei materiali



ed ai luoghi di produzione del conglomerato, per poter effettuare, in contraddittorio con il rappresentante dell'Appaltatore, i prelievi ed i controlli previsti nel presente Capitolato.

La frequenza delle prove prescritte dal presente Capitolato sarà stabilita dalla Direzione Lavori, considerando che le stesse dovranno essere eseguite:

- nel rispetto della frequenza minima definita nel presente Capitolato (§ 3.4.2.1 e § 3.4.2.2);
- comunque sempre all'inizio dei lavori prima di autorizzare l'inizio dei getti, per le proprietà dei materiali (l'impasto viene già qualificato in fase preliminare);
- in caso di dubbio, anche conseguente al semplice esame visivo;
- almeno una volta all'anno per le proprietà del calcestruzzo (come stabilito dalla UNI EN 206-1 § 8.2.3.2) (a meno di prescrizioni più restrittive);
- alla prima consegna da parte di un nuovo Fornitore, cava o luogo di provenienza.

I risultati ottenuti dalle prove in corso d'opera non dovranno scostarsi in maniera significativa da quelli individuati in fase di studio preliminare, con una tolleranza definita dalla Direzione Lavori e comunque:

- per la resistenza a compressione del calcestruzzo, nel rispetto dei criteri del "controllo di accettazione" di cui al §11.2.5 del D.M. 14/01/2008;
- secondo il Prospetto 17 della UNI EN 206-1 per i singoli risultati delle caratteristiche del calcestruzzo elencate nel prospetto stesso; per quanto riguarda i valori medi:
- il rapporto a/c non deve essere superiore al valore di riferimento;
- il contenuto di cemento non deve essere inferiore al valore di riferimento;
- per la consistenza, la misurazione deve rientrare nella classe specificata;
- per la granulometria:
- le singole percentuali di passante grosso (UNI 8520) non si discostino di più del 5% da quelle definite in fase di qualifica;
- le singole percentuali di passante fine (UNI 8520) non si discostino di più del 3% da quelle definite in fase di qualifica;
- con uno scarto mai superiore al 5% o rientrante nella classe corrispondente, se non diversamente indicato dalla UNI EN 206-1 o nel presente Capitolato.

Possono essere utilizzati altri metodi di prova rispetto a quelli indicati nel presente Capitolato, purché vengano definite idonee correlazioni o relazioni affidabili tra i risultati ottenuti con l'impiego di tali metodi e quelli dei metodi di riferimento.

L'esame dei requisiti deve essere effettuato separatamente per ogni luogo di produzione avente diverse condizioni operative, a meno che le relazioni non siano definite nelle norme nazionali o nelle disposizioni valide nel luogo di impiego della norma.

#### *3.4.2.1 Prove sui materiali*

Con le modalità e la frequenza minima indicate nel precedente paragrafo, si dovranno controllare quelle caratteristiche dei materiali prescritte nel presente Capitolato, oltre a quelle che la Direzione Lavori riterrà di volta in volta opportune.





In ogni caso, ad ogni consegna di cementi, aggregati, additivi ed aggiunte, prima del loro scarico in cantiere, si dovrà verificare che il documento di consegna riporti una dichiarazione di conformità con l'ordine, effettuato secondo quanto richiesto nelle norme o nelle specifiche relative.

Ad ogni consegna di cementi, additivi ed aggiunte, si raccomanda che vengano prelevati e conservati dei campioni da assoggettare a prova in caso di dubbio.

Qualora sorgesse il dubbio di un degradamento delle caratteristiche del materiale o di un cambiamento dell'impasto di calcestruzzo, dovuto ad una causa qualsiasi, è facoltà insindacabile della Direzione Lavori richiedere la ripetizione delle prove esclusivamente a carico dell'Appaltatore, anche se non prescritte nel presente Capitolato.

#### *3.4.2.2 Prove sul calcestruzzo*

Nel paragrafo seguente sono specificate quali caratteristiche del calcestruzzo dovranno essere verificate e con quale frequenza minima; tutte quelle indicate come facoltative dovranno essere controllate a discrezione della Direzione Lavori.

In ogni caso si dovranno rispettare le indicazioni delle norme UNI EN 12350 (Prove sul calcestruzzo fresco) e UNI EN 12390 (Prove sul calcestruzzo indurito).

I criteri di conformità ed accettazione per le proprietà diverse dalla resistenza sono indicati al § 8.2.3 della UNI EN 206-1.

Nel caso di impiego di un calcestruzzo di nuova composizione, dovranno essere effettuate idonee prove iniziali al fine di garantire un calcestruzzo che abbia le proprietà specificate con adeguati margini. Le prove iniziali non sono richieste nel caso si abbia un'esperienza di lunga data con un analogo calcestruzzo o una famiglia di calcestruzzi, ai sensi della UNI EN 206-1.

Per opere sottofalda, si prescrive l'esecuzione della prova di "Resistenza alla penetrazione dell'acqua" con una frequenza minima di:

- ogni 300 mc di getto
- una prova per ogni getto differente (ad esempio per interruzione, fondo, muri, volta, etc).

#### *3.4.2.3 Resistenza del conglomerato cementizio*

Per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati, per la preparazione e stagionatura dei provini, per la forma e dimensione degli stessi e relative casseforme, si dovrà fare riferimento alle indicazioni di cui al §11.2 del D.M. 14/01/2008 ed alla norma UNI EN 12390; in particolare, per quanto riguarda la frequenza dei controlli si seguiranno le indicazioni di cui al § 11.2.5 del D.M. 14/01/2008.

I provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio dei trefoli o fili aderenti nelle strutture prefabbricate, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura secondo quanto indicato dalla Norma UNI EN 12390-2. \

#### *3.4.2.4 Controlli sulle opere finite*

Il controllo della qualità del calcestruzzo in opera sarà eseguito su tutte le strutture realizzate, a prescindere dall'esito dei controlli di accettazione, e riguarderà la resistenza caratteristica.

Laddove si prescriva il raggiungimento di specifici valori di resistenza a tempi di maturazione inferiori a 28 giorni, anche questi saranno soggetti a controllo in opera.

Come metodologie si potrà determinare la resistenza:

- tramite carote prelevate secondo UNI 6131 ed UNI 12504-1;
- tramite sclerometro secondo UNI 12504-2, eventualmente combinato con la misurazione della velocità di impulsi d'onde vibrazionali secondo UNI 9524;



- tramite prova di estrazione di tasselli post-inseriti (pull-out test) secondo UNI 10157.

Il numero di prove da effettuare dovrà essere:

- per opere fino a 300 mc: 2 carotaggi ogni 100 mc o frazione;
- per opere oltre i 300 mc: 3 carotaggi e 5 prove (sclerometro o pull-out) ogni 100 mc o frazione.

#### 3.4.2.5 Non conformità

Nel caso in cui, durante i controlli in corso d'opera, si riscontri una non conformità di una o più caratteristiche dei requisiti di base (riguardo materiali, calcestruzzo e modalità esecutive), si dovranno intraprendere le seguenti azioni:

- interrompere le operazioni di getto interessate dal calcestruzzo non conforme;
- verificare i risultati di prova e le modalità di esecuzione della stessa, ripetendo eventualmente la prova (a spese dell'Appaltatore);
- se la non conformità viene confermata, intraprendere le azioni correttive necessarie nel processo di produzione al fine di rispettare i requisiti richiesti, dopo aver individuato la causa del problema;
- nel caso in cui sia stato già utilizzato il calcestruzzo non conforme per il getto in opera, si dovrà procedere secondo le indicazioni di cui al § 11.2.5.3 del D.M. 14/01/2006; la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori prove da eseguire sull'opera finita, secondo §11.6.2. del medesimo D.M.;
- adottare i provvedimenti necessari al fine di evitare il ripetersi del problema.

Tutte le azioni intraprese dovranno essere riportate su di un apposito registro. In caso di applicazione di un Sistema Qualità aziendale certificato, le non conformità verranno registrate e gestite secondo le procedure del Manuale della Qualità applicato.

In caso di assenza di un Sistema Qualità, si dovranno comunque indicare: la causa della non conformità, i provvedimenti relativi assunti, i tempi di intervento, la destinazione del prodotto non conforme. Le prove complementari potranno riguardare qualunque caratteristica del calcestruzzo.

### Art. 4 ALTRE MISCELE

Oltre al conglomerato cementizio, si definiscono le seguenti miscele:

- malta: "calcestruzzo con diametro massimo dell'aggregato di 4 mm o minore" secondo la UNI EN 206-1 (§ 7.1); è detto infatti microcalcestruzzo;
- betoncino: termine improprio per definire una malta con diametri dell'aggregato fino a 15 mm; ha le stesse caratteristiche di una malta (a cui si rimanda per le prescrizioni); rispetto ad una malta, il betoncino viene usato per il riempimento di grandi volumi;
- boiaccia: miscela di acqua, cemento ed eventuali additivi, ma senza l'uso di aggregati;
- magrone: "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la UNI EN 206-1, con classe di resistenza solitamente Rck 15 (§ 7.2).

Si dovrà porre attenzione alle caratteristiche della miscela proposta dal produttore, tenendo conto che spesso in commercio si trovano prodotti con una nomenclatura differente da quella adottata (ad esempio, la malta può essere definita come una miscela con cemento e sabbia –  $D_{max} = 2\text{mm}$  –, il betoncino con cemento, sabbia e ghiaietto –  $D_{max} = 25\text{mm}$  –, calcestruzzo altrimenti).

#### 4.1 MALTA E BETONCINO



Nel presente paragrafo si indicherà con malta anche il betoncino, con l'unica differenza già indicata in precedenza relativamente alla dimensione degli aggregati.

#### *4.1.1 Requisiti dei materiali*

Gli aggregati per il confezionamento delle malte dovranno essere conformi alla UNI EN 12620. Il cemento, l'acqua e gli additivi dovranno rispettare gli stessi requisiti di cui ai § 3.1.1, § 3.1.3 e § 3.1.5 per le opere in cemento armato. Solitamente si utilizza una malta a ritiro compensato, ottenuta attraverso l'uso di additivi atti a provocare attraverso controllate reazioni chimiche l'espansione della malta.

Schede Tecniche dei prodotti che l'Appaltatore intende utilizzare dovranno essere inviate per informazione alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori stessi.

Solitamente si utilizzano malte a base di cemento ("malte cementizie"), fornite in confezioni sotto forma di miscela secca che viene impastata con un quantitativo prefissato di acqua. Si dovrà fare riferimento alla UNI EN 459 e alla legge n° 595 del 26/05/1965 per la classificazione e l'utilizzo di calce da costruzione, utilizzate come leganti (invece del cemento) per la preparazione di malte (da muratura e per intonaci interni ed esterni) e per la produzione di altri prodotti da costruzione.

Riguardo ai requisiti per le malte, la Direzione Lavori potrà, a sua discrezione, richiedere prove aggiuntive per determinare i requisiti ritenuti necessari per l'uso della malta stessa.

Il dosaggio dei materiali e dei leganti verrà effettuato con mezzi meccanici suscettibili di esatta misurazione e controllo che l'Appaltatore dovrà fornire e mantenere efficienti a sua cura e spese.

Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato; gli impasti residui che non avessero immediato impiego saranno portati a rifiuto.

##### *4.1.1.1 Posa in opera*

Si dovrà eseguire il getto di malta e betoncino nel rispetto delle indicazioni date dal Fornitore.

Ove necessario, si dovrà:

- rimuovere dalla superficie di fondazione il calcestruzzo deteriorato o l'eventuale laticine di boiacca, ed irruvidire la superficie;
- eliminare l'olio, grasso, detriti e polvere dalla fondazione, dai pozzetti di ancoraggio, dai bulloni e dalla piastra di appoggio;
- le armature esposte dovranno essere pulite;
- verificare, osservando la superficie dell'acqua in un recipiente posto sulla piastra della struttura da ancorare, che le vibrazioni generate da eventuali macchine operanti nelle vicinanze non siano trasmesse alla fondazione della struttura che si sta ancorando; qualora ciò si verifichi, è necessario arrestare queste macchine finché non sia terminata la presa ed iniziato l'indurimento;
- eseguire il getto con continuità senza alcuna interruzione ed evitando di smuovere eccessivamente o di vibrare il betoncino o la malta sotto la piastra;

durante l'esecuzione del getto, la temperatura del substrato non deve essere inferiore a +5°C; tutte le parti esposte all'aria debbono essere immediatamente protette dall'evaporazione e stagionate per almeno 24 ore mediante bagnatura e/o teli umidi o mediante applicazione a spruzzo di uno stagionante.

##### *4.1.1.2 Utilizzo*

Le malte (o betoncini) potranno essere usati per:

- muratura (§ 7.1.3.1);



- intonaco (§ 7.1.3.2);
- espansiva di livellamento e riempimento (§ 7.1.3.3);
- espansiva per ancoraggi (§ 7.1.3.4);
- rivestimenti e finiture.

#### *4.1.1.3 Malta per muratura*

Si dovrà fare riferimento alla UNI EN 998-2, relativa a malte per murature, per quanto riguarda:

- la classificazione in base al § 3 della norma stessa;
- la composizione dell'impasto, nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla Direzione Lavori per approvazione;
- i requisiti delle malte definiti al § 5 della norma stessa, che dovranno essere specificati per ottenere l'approvazione dalla Direzione Lavori.

Di norma, le malte per muratura di mattoni saranno dosate con kg 400 di cemento per mc di sabbia e passate al setaccio ad evitare che i giunti tra mattoni siano troppo ampi; le malte per muratura di pietrame saranno dosate con kg 350 di cemento per mc di sabbia; quelle per intonaci con kg 400 di cemento per mc di sabbia e così pure quelle per la stuccatura dei paramenti delle murature.

#### *4.1.1.4 Malta per intonaco*

Si dovrà fare riferimento alla UNI EN 998-1, relativa a malte per intonaco esterno ed interno, per quanto riguarda:

- la classificazione in base al § 3 della norma stessa;
- la composizione dell'impasto, nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla Direzione Lavori per approvazione;

i requisiti delle malte definiti al § 5 della norma stessa, che dovranno essere specificati per ottenere l'approvazione dalla Direzione Lavori.

#### *4.1.1.5 Malta espansiva di livellamento e riempimento*

Sono malte utilizzate per la formazione di piani di appoggio, livellamenti, riempimento di cavità o di giunti, collegamenti rigidi tra elementi di calcestruzzo.

Le dimensioni degli inerti (sabbia) saranno di norma tra 0.8 e 2.0 mm. La quantità di acqua sarà quella necessaria per ottenere una malta plastica idonea a riempire perfettamente gli spazi.

Prima di effettuare la posa in opera della malta di livellamento, le superfici dovranno essere accuratamente pulite.

#### *4.1.1.6 Malta espansiva per ancoraggi*

Le malte espansive per ancoraggi dovranno essere conformi alle norme UNI dalla 8993 alla 8998.

Tali malte potranno essere usate per l'ancoraggio di zanche, barre e tirafondi, macchinari o strutture metalliche nel calcestruzzo.

## **4.2 BOIACCA**

Vale quanto riportato al § 7.1 per le malte. Le boiacche possono essere utilizzate per:

- iniezioni nei cavi di precompressione (§ 7.2.1) ed in generale per l'ancoraggio di



- barre o tiranti in fori orizzontali od inclinati, mediante iniezione in piccoli volumi;
- riempimenti di cavità, fessure, porosità su murature o roccia;
- iniezioni in murature.

#### *4.2.1 Caratteristiche dei materiali*

Si dovranno rispettare tutte le indicazioni riportate al § 4 della UNI EN 447.

Per l'impasto, è richiesto l'impiego di acqua con caratteristiche di cui al § 3.1.3. Non sono ammessi aggregati.

E' preferibile l'impiego di cemento tipo 32,5 (usando il 42,5 solo per gli impieghi in inverno).

La boiaccia non dovrà contenere cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas aggressivi.

##### *4.2.1.1 Caratteristiche della boiaccia*

Si dovranno rispettare tutte le indicazioni riportate dalla norma UNI EN 447, ed in aggiunta:

- il ritiro dovrà essere assente;
- l'espansione, misurata su una serie di provini prismatici aventi dimensioni standard e maturati in acqua, dovrà essere di almeno 400 micron/metro a due giorni;
- il tempo di inizio presa, a 20°C e ad umidità relativa del 75%, dovrà essere superiore a tre ore, mentre il tempo di fine presa dovrà essere inferiore a 24 ore. Tale tempo di inizio presa va misurato secondo la norma UNI EN 196-3.

I metodi di prova dovranno essere conformi alla UNI EN 445.

### **4.3 MAGRONE**

Il magrone è un "conglomerato cementizio a composizione richiesta" secondo la UNI EN 206-1; esso viene usato per spianamenti, sottofondazioni, riempimenti, ecc.

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore dello strato sarà desunto dai documenti di progetto.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori il progetto della miscela (mix design) del magrone di fondazione la cui composizione dovrà essere mantenuta costante durante l'esecuzione delle opere.

Il magrone dovrà avere una resistenza media  $R_m > 15 \text{ N/mm}^2$ .

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato con componenti qualificati.

Il cemento dovrà essere di tipo III o IV di classe 32.5. Il dosaggio minimo di cemento sarà di 200 Kg/mc con un rapporto  $a/c < 0,7$ .

In corso d'opera si eseguiranno prove di controllo a compressione su due cubetti, aventi lato 15 cm, per la determinazione, presso un laboratorio qualificato, della ( $R_m$ ) resistenza media a compressione a 28 giorni. La frequenza delle prove sarà di una ogni 500 mc di magrone prodotto da ciascun impianto di betonaggio.

### **4.4 AGGREGATI PER SOVRASTRUTTURE STRADALI – GENERALITÀ**

Quando per gli strati di fondazione o di base della sovrastruttura stradale sia disposto di impiegare



detriti di cava o di frantoio o altro materiale, questo dovrà essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua (non solubile, né plasticizzabile), nonché privo di radici e di sostanze organiche.

La granulometria del materiale, qualora diversa dalle prescrizioni del presente Capitolo, sarà indicata dalla Direzione dei lavori o dall'Elenco. Il limite liquido (LL) del materiale (Atterberg), per la frazione con  $D_{max} = 4$  mm, dovrà essere comunque non maggiore di 25 e l'indice di plasticità (IP) di 6 ( $4 \div 9$  per gli strati di base). L'indice C.B.R. dovrà avere un valore non minore di 50. Per l'accettazione del materiale dovrà farsi riferimento ai "Criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali" di cui alle Norme C.N.R. 139/1992 ed in ogni caso, specie per le prescrizioni più ristrette, alle seguenti norme di unificazione.

- UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.
- UNI EN 13285 - Miscele non legate. Specifiche.
- UNI EN 13043 - Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico.
- Aggregati per sovrastruttura stradali – aggregati per materiali non legati o legati con leganti idraulici (uni en 13042)

#### Granulometria

Tutti gli aggregati dovranno essere descritti in termini di dimensioni dell'aggregato tramite la designazione d/D e dovranno soddisfare i requisiti granulometrici più avanti specificati. Le dimensioni dell'aggregati dovranno essere specificate utilizzando le dimensioni nominali indicate nel prospetto 1 della norma che comprende un gruppo base comune (stacci: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 31, 5 (32), 63 mm) più due gruppi (gruppo 1 e gruppo 2); le dimensioni degli aggregati dovranno essere separate da un rapporto tra la relativa dimensione della staccio superiore "D" e quella dello staccio inferiore "d" non minore di 1,4.

I requisiti generali di granulometria, per gli aggregati grossi, fini ed in frazione unica, dovranno essere conformi ai requisiti riportati al punto 4.3 della norma e del quale, in Tab. 11, si riporta il prospetto 2 (a meno delle annotazioni).

**TAB. 11 - Requisiti generali di granulometria secondo UNI EN 13242**

AGGREGATO	DIMENSIONE	Percentuale in massa del passante					Categoria G
		2 D	1,4 D	D	d	d/2	
Grosso	$d \geq 1$ e $D > 2$	100	da 98 a 100	da 85 a 99	da 0 a 15	da 0 a 5	$G_C$ 85-15
		100	da 98 a 100	da 80 a 99	da 0 a 20	da 0 a 5	$G_C$ 80-20
Fine	$d = 0$ e $D \leq 6,3$	100	da 98 a 100	da 85 a 99	–	–	$G_F$ 85
		100	da 98 a 100	da 80 a 99	–	–	$G_F$ 80
In frazione unica	$d = 0$  e $D > 6,3$	–	100	da 85 a 99	–	–	$G_A$ 85
		100	da 98 a 100	da 80 a 99	–	–	$G_A$ 80
		100	–	da 75 a 99	–	–	$G_A$ 75

#### Forma dell'aggregato grosso

La forma dell'aggregato grosso sarà determinata in termini di coefficiente di appiattimento (come specificato nella EN 933-3) e di coefficiente di forma (come specificato nella EN 933-4) e riferita alle rispettive categorie "FI" e "SI" di cui ai prospetti 5 e 6 della UNI EN13242.

#### Percentuale di particelle rotte o frantu-mate o totalmente arro-tondate negli aggregati grossi

Ove richiesto, tale percentuale, determinata in conformità alla EN 933-5, dovrà essere dichiarata in conformità alla categoria pertinente (C) specificata nel prospetto 7 della norma.

#### Contenuto di fini



Ove richiesto, il contenuto di fine per aggregato grosso, fine ed in frazione unica dovrà essere dichiarato in conformità alla categoria pertinente (f) della norma.

#### Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso

La resistenza alla frammentazione dovrà essere determinata in termini di coefficiente Los Angeles come specificato nella norma EN 1097-2; detto coefficiente dovrà essere dichiarato in conformità alla categoria pertinente (LA) specificata nel prospetto 9 della UNI EN 13242. Dove richiesto, il valore d'urto, determinato secondo EN 1097-2, punto 6, sarà dichiarato in conformità alla categoria pertinente (SZ) specificata nel prospetto 10 della norma.

#### Resistenza all'usura dell'aggregato grosso

Se richiesto, la resistenza all'usura dell'aggregato grosso (coefficiente di usura micro-Deval, MDE), determinato secondo EN 1097-1, sarà dichiarata in conformità alla categoria pertinente (MDE) specificata nel prospetto 11 della norma.

#### Requisiti chimici

Ove richiesti, in base alla particolare applicazione, destinazione d'uso o all'origine dell'aggregato, saranno determinati e specificati in conformità al punto 6 della norma.

#### Requisiti di durabilità

Per la resistenza al Sonnenbrand e al gelo-disgelo sarà fatto riferimento al punto 7 della norma. Se richiesto, il valore di assorbimento di acqua sotto forma di prova di screening dovrà essere determinato secondo EN 1097- 6, punto 7, o appendice B; in questo caso se l'assorbimento di acqua non è maggiore al massimo di un valore dello 0,5%, si dovrà presumere che

**TAB. 12 a - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e costruzione di strade**

Caratteristiche armonizzate (secondo appendice ZA della UNI EN 13242		Dichiarazione
Forma, dimensione e massa volumica delle particelle	Dimensione dell'aggregato	Si
	Granulometria	Si
	Forma dell'aggregato grosso	Si/NPD
	Massa volumica delle particelle	Si/NPD
Purezza	Contenuto di fini	Si
	Qualità dei fini	Si
Percentuale di particelle frantumate	Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	Si
Resistenza alla frammentazione/frantumazione	Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	Si (3)
Stabilità volumetrica	Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati	Si/NPD
Assorbimento/suzione di acqua	Assorbimento di acqua	Si/NPD
Composizione/contenuto	Solfato solubile in acido	Si
	Zolfo totale	Si/NPD
	Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legale con leganti idraulici	Si/NPD
Resistenza all'attrito	Resistenza all'usura dell'aggregato grosso	Si
Sostanze pericolose: Rilascio di metalli pesanti mediante lisciviazione Rilascio di altre sostanze pericolose	Conoscenza delle materie prime Gestione della produzione	(80)
Durabilità agli agenti atmosferici	"Sonnenbrand" del basalto	Si/NPD
Durabilità al gelo/disgelo	Resistenza al gelo o disgelo	Si/NPD





l'aggregato sia resistente al gelo-disgelo (v. prospetto 17 UNI EN 132). Se la resistenza al gelo-disgelo sarà determinata secondo EN 1367-1 o EN 1367-2, essa sarà dichiarata in conformità alla categoria pertinente (F) o (MS – categoria per l'integrità massima del solfato di magnesio) di cui ai prospetti 18 e 19 della norma (v. peraltro l'appendice B).

#### Designazione, marcatura ed etichettatura. Marcatura CE

Per la designazione, la marcatura e l'etichettatura si rinvia al precedente 42.3.7. Per la marcatura CE, v. quanto riportato nell'Appendice ZA, punto ZA.3 della norma. Il simbolo di marcatura dovrà figurare sull'etichetta o sulla confezione o sui documenti di accompagnamento e dovrà essere integrato dalle seguenti informazioni: numero di identificazione dell'Organismo di certificazione (solo per i prodotti sotto sistema "2+"); nome e marchio identificativo ed indirizzo registrato del produttore; le ultime due cifre dell'anno in cui si applica la marcatura; numero del certificato di controllo della produzione in fabbrica (solo per il sistema "2+"); riferimento alla norma; informazioni sui requisiti essenziali rilevanti elencati nel prospetto ZA.1.

#### Sistema di attestazione

Con riferimento al punto ZA.2 della norma, il sistema di attestazione degli aggregati sarà del tipo "2+" per attestati destinati ad impieghi con alti requisiti di sicurezza (dove sia richiesto l'intervento di terzi); per impieghi senza altri requisiti di sicurezza sarà del tipo "4".

TAB. 12 b - Esempio di informazioni sulla marcatura CE per aggregati sotto il sistema 2+

 01234 Any Co Ltd, PO Box 21, B-1050 02 0123-CPD-0456 EN 13242 Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici da utilizzare per opere di ingegneria civile e costruzione di strade		<b>Purezza</b> Contenuto di fini Categoria (per esempio $f_{10}$ ) Qualità dei fini Valore soglia "passa/non passa" (% $M_{RSE}$ ) Valore dichiarato <b>Percentuale di particelle frantumate</b> Categoria (per esempio $C_{900}$ ) <b>Resistenza alla frammentazione/frantumazione</b> Categoria (per esempio $L_{A_{90}}$ ) <b>Stabilità di volume</b> Categoria (per esempio $V_f$ ) <b>Assorbimento/suzione di acqua</b> Valore dichiarato (% di trazione di massa) <b>Composizione/contenuto</b> Solfati solubili in acido Categoria (per esempio $AS_{0.2}$ ) Zolfo totale Valore soglia "passa/non passa" (% $S$ ) Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento Valore soglia "passa/non passa" (Tempo di indurimento in min e resistenza alla compressione $S$ %) delle miscele legate con leganti idraulici <b>Resistenza all'attrito</b> Categoria (per esempio $M_{0.25}$ ) <b>Rilascio di metalli pesanti mediante lisciviazione</b> Valori soglia vigenti nel luogo d'impiego <b>Rilascio di altre sostanze pericolose</b> per esempio Sostanza X: $0,2 \mu m^3$ <b>Durabilità al gelo/disgelo</b> Categoria (per esempio $F_d$ o $MS_{25}$ )
Forma delle particelle	Valore dichiarato (F)	
Dimensione delle particelle	Designazione ( $d/D$ ) e tolleranza categoria (per esempio $G_1$ 80-20)	
Massa volumica delle particelle	Valore dichiarato ( $Mg/m^3$ )	

#### Aggregati per fondi e sottofondi stradali – miscele non legate

Ove particolarmente previsto in Elenco od ove prescritto dalla Direzione dei lavori le miscele in argomento dovranno possedere i requisiti di cui al punto 4 della norma UNI EN 13285, e inoltre, quando richiesto, le proprietà conformi alla norma UNI EN 13242 di cui al precedente punto 42.5.

#### Designazione della miscela

Le miscele definite dalla norma UNI EN 13285 dovranno essere designate e selezionate da uno dei tipi di cui alla Tab. 13 di seguito riportata ( $d = 0$ ):



TAB. 13 - Miscele non legate per fondi e sottofondi stradali. Designazione normalizzata

0/8	0/10	0/11,2	0/12,5	0/14	0/16	0/20
0/22,4	0/31,5	0/40	0/45	0/56	0/63	0/80

### Contenuto di fini

Il contenuto massimo o minimo di fini (passanti allo staccio di 0,063 mm), in rapporto alla categoria prescelta, dovrà soddisfare i valori riportati nei prospetti 2 e 3 della norma.

### Curva granulometrica generale

Con riferimento agli stacci di classificazione di cui alla Tab. 14, la percentuale in massa (determinata secondo UNI EN 933-1) del passante lo staccio A, lo staccio B, lo staccio C, lo staccio E, lo staccio F, e lo staccio G, dovrà rientrare nel campo granulometrico generale corrispondente alla categoria selezionata dalla Tab. 15. Inoltre, per le categorie GA, GB, GC, GO e GP il valore medio calcolato a partire da tutte le granulometrie dovrà rientrare nel campo granulometrico del valore dichiarato dal fornitore corrispondente alla categoria selezionata dalla Tab. 15.

TAB. 14 - Miscele non legate. Stacci per la classificazione granulometrica

Designazione della miscela	Staccio A	Staccio B	Staccio C	Staccio E	Staccio F	Staggio G
0/8	4	2	–	1	0,5	–
0/10	4	2	–	1	0,5	–
0/11,2	5,6	4	2	1	0,5	–
0/12,5	6,3	4	2	1	0,5	–
0/14	8	4	2	1	0,5	–
0/16	8	4	2	1	0,5	–
0/20	10	4	2	1	0,5	–
0/22,4	11,2	5,6	2	1	0,5	–
0/31,5	16	8	4	2	1	0,5
0/40	20	10	4	2	1	0,5
0/45	22,4	11,2	5,6	2	1	0,5
0/56	31,5	16	8	4	2	1
0/63	31,5	16	8	4	2	1
0/80	40	20	10	4	2	1

TAB. 15 - Miscele non legate. Classificazione granulometrica generale. Categorie

Campo granulometrico	Percentuale in massa del passante						Categoria <i>G</i>
	Staccio <i>A</i>	Staccio <i>B</i>	Staccio <i>C</i>	Staccio <i>E</i>	Staccio <i>F</i>	Staccio <i>G</i>	
Miscele classificate normali							
Generale	da 55 a 85	da 35 a 65	da 22 a 50	da 15 a 40	da 10 a 35	da 0 a 20	<i>G<sub>A</sub></i>
Valore dichiarato dal fornitore (S)	da 63 a 77	da 43 a 57	da 30 a 42	da 22 a 33	da 15 a 30	da 5 a 15	
Generale	da 55 a 85	da 35 a 68	da 22 a 60	da 16 a 47	da 9 a 40	da 5 a 35	<i>G<sub>B</sub></i>
Valore dichiarato dal fornitore (S)	da 63 a 77	da 43 a 60	da 30 a 52	da 23 a 40	da 14 a 35	da 10 a 30	
Generale	da 50 a 90	da 30 a 75	da 20 a 60	da 13 a 45	da 8 a 35	da 5 a 25	<i>G<sub>C</sub></i>
Valore dichiarato dal fornitore (S)	da 61 a 79	da 41 a 64	da 31 a 49	da 22 a 36	da 13 a 30	da 10 a 20	
Miscele classificate aperte							
Generale	da 50 a 78	da 31 a 60	da 18 a 46	da 10 a 35	da 6 a 26	da 0 a 20	<i>G<sub>O</sub></i>
Valore dichiarato dal fornitore (S)	da 58 a 70	da 39 a 51	da 26 a 38	da 17 a 28	da 11 a 21	da 5 a 15	
Generale	da 43 a 81	da 23 a 66	da 12 a 53	da 6 a 42	da 3 a 32	Nessun requisito	<i>G<sub>P</sub></i>
Valore dichiarato dal fornitore (S)	da 54 a 72	da 33 a 52	da 21 a 38	da 14 a 27	da 9 a 20		

### Designazione e descrizione

La designazione delle miscele dovrà includere almeno le seguenti informazioni: riferimento alla norma;



provenienza; classe granulometrica – valore della dimensione dello staccio maggiore (D); tipo (i) di aggregato utilizzato (i) nella miscela.

Aggregati per sovrastrutture stradali – Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali

Dovranno rispondere sia per l'aggregato grosso che per l'aggregato fine (1) ed il filler (1) ai requisiti riportati nella norma UNI EN 14043 richiamata al punto 5.4.

Granulometria

Tutti gli aggregati dovranno essere descritti in termini di dimensioni dell'aggregato tramite la designazione d/D e dovranno soddisfare i requisiti granulometrici più avanti specificati. Le dimensioni dell'aggregato dovranno essere espresse utilizzando le dimensioni nominali indicate nel prospetto 1 della norma che comprende un gruppo base comune (stacci: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 31,5, (32), 63 mm) più due gruppi; le dimensioni degli aggregati dovranno essere separate da un rapporto tra la relativa dimensione dello staccio superiore "D" e quella dello staccio inferiore "d" non minore di 1,4.

TAB. 16 - Requisiti generali di granulometria secondo UNI EN 13043

Aggregato	Dimensione mm	Percentuale passante in massa					Categoria G
		2 D	1,4 D	D	d	d/2	
Grosso	D > 2	100	100	da 90 a 99	da 0 a 10	da 0 a 2	G <sub>C</sub> 90/10
		100	da 89 a 100	da 90 a 99	da 0 a 15	da 0 a 5	G <sub>C</sub> 90/15
		100	da 98 a 100	da 90 a 99	da 0 a 20	da 0 a 5	G <sub>C</sub> 90/20
		100	da 98a 100	da 85 a 99	da 0 a 15	da 0 a 2	G <sub>C</sub> 85/15
		100	da 98a 100	da 85 a 99	da 0 a 20	da 0 a 5	G <sub>C</sub> 85/20
		100	da 98 a100	da 85 a 99	da 0 a35	da 0 a 5	G <sub>C</sub> 85/35
Fine	D ≤ 2	100	–	da 85 a 99	–	–	G <sub>F</sub> 85
In frazione unica	D ≤ 45 e d = 0	100	da 98 a 100	da 90 a 99	–	–	G <sub>A</sub> 90
		100	da 98 a 100	da 85 a 99	–	–	G <sub>A</sub> 85

I requisiti generali di granulometria, per gli aggregati grossi, fini ed in frazione unica dovranno essere conformi a quelli riportati al punto 4.1.3 della norma e del quale, in Tab. 16, si riporta il prospetto 2 (a meno delle annotazioni).

Forma dell'aggregato grosso

Si richiama sull'argomento quanto specificato al precedente punto 5.5.2. con riferimento, in questo caso, ai prospetti 7 e 8 della norma UNI EN 13043.

Percentuali di superficie frantumata negli aggregati grossi

Si richiama quanto specificato al precedente punto 5.5.2., con riferimento al prospetto 9 della UNI EN 13043.

Contenuto di fini

Ove richiesto, il contenuto di fini, determinato in conformità alla UNIEN933-1, dovrà essere espresso secondo la relativa categoria (f) specificata nel prospetto 5 della norma.

Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso

Si richiama, per questo punto, quanto specificato al precedente punto 5.5.5., con riferimento al prospetto 11 della UNI EN 13043. Per i valori massimi della resistenza all'urto (categoria SZ) sarà fatto riferimento al prospetto 12.

Resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso per manti superficiali – Abrasione superficiale Ove richiesto, la resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso per manti superficiali (valore di levigabilità – PSV) sarà determinata secondo EN 1097-8. Detto resistenza dovrà essere dichiarata in conformità



alla relativa categoria di cui al prospetto 13 della norma. La resistenza all'abrasione superficiale dovrà essere dichiarata in conformità alla relativa categoria (AAV) specificata nel prospetto 14 della norma.

#### Resistenza all'usura dell'aggregato grosso

Per tale resistenza (coefficiente micro-Deval – MDE), si rinvia a quanto specificato al precedente punto 5.5.6., con riferimento al prospetto 15 della UNI EN 13043.

#### Durabilità

Per la durabilità, verrà preso in considerazione il valore di assorbimento di acqua come prova di selezione per la resistenza al gelo/disgelo. Tale valore sarà determinato con i procedimenti della EN 1097-2, punto 7, o della EN 1097-6, appendice B.

#### Resistenza al gelo/disgelo

Ove richiesto, la resistenza al gelo/disgelo, determinata secondo EN 1367-1 o EN 1367-2, dovrà essere dichiarata in conformità alla relativa categoria specificata nel prospetto 19 (F) o del prospetto 20 (MS) della norma.

#### Sonnenbrand del basalto

Ove siano rilevabili segni di "Sonnenbrand", la perdita di massa e la resistenza alla frammentazione dovranno essere determinate in conformità alla EN 1367-3 ed alla EN 1097-2. Per le categorie dei valori massimi di resistenza al "Sonnenbrand" (SB) si farà riferimento al prospetto 21 della norma.

#### *Requisiti per l'aggregato filler*

Per tali requisiti (geometrici, fisici, chimici, di uniformità produttiva) sarà fatto riferimento al punto 5 della norma.

#### *Designazione, marcatura ed etichettatura – Marcatura CE*

Per la designazione, la marcatura l'etichettatura sarà fatto riferimento ai punti 7, 8 e all'appendice ZA della norma in analogia alle prescrizioni riportata nel precedente punto 2.5.9. Lo stesso dicasi per i sistemi di attestazione della conformità e di cui al precedente punto 2.5.10.

#### **Pietre naturali e marmi**

##### *Generalità – Caratteristiche tecniche e nomenclatura*

I materiali in argomento dovranno corrispondere alle "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2332.

In generale, le pietre da impiegarsi nelle costruzioni dovranno essere omogenee, a grana compatta (con esclusione di parti tratte dal cappellaccio), esenti da screpolature, peli, venature, piani di sfaldatura, sostanze estranee, nodi, scaglie, cavità, ecc. Dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego ed offrire una resistenza proporzionata all'entità delle sollecitazioni cui saranno sottoposte; in particolare, il carico di sicurezza a compressione non dovrà mai essere superiore al 20% del rispettivo carico di rottura.



**TAB. 17 - Pietre e marmi – Classificazione e caratteristiche tecniche indicative**  
(v. anche UNI EN 12370)

MATERIALE	Massa volumica kg/m³	RESISTENZA (N/mm²)			Modulo di elasticità N/mm²
		Rottura a flessione	Rottura a compressione	Sicurezza (di rif.)	
<b>ERUTTIVO</b>					
a) Di profondità					
Granito	2600	10	160	5	50.000
Sienile	2700	10	160	5	50.000
b) Effusivo					
Porfido di quarzo	2600	15	180	7	55.000
Basalto	2900	20	250	12	90.000
c) Detritico					
Tufo vulcanico	1600	–	5	1	10.000
<b>SEDIMENTARIO</b>					
Arenaria	2100	5	10	3	30.000
Calcare tenero	2200	5	30	3	30.000
Calcare compatto	2600	6	80	4	40.000
Travertino	2300	4	40	3	25.000
<b>METAMORFICO</b>					
Marmo	2700	6	120	3	40.000
Quarziti	2500	6	150	5	50.000

**TAB. 18 - Nomenclatura delle pietre rispetto alla lavorazione delle superfici**  
(v. anche la UNI EN 12370, p. 2.3)

NOMENCLATURA	DESCRIZIONE
Greggia di cava	Superficie del materiale che ha subito soltanto lo stacco dalla montagna naturale (crollo di cava) oppure con mine od altri mezzi (cunei, mazze, ecc.).
Greggia di spacco	Superficie ottenuta mediante spacco dalla roccia secondo i piani di divisibilità (sfaldamento, falda, controfalda e controverso).
Mano di sega	Superficie striata come risulta dopo la segatura.
Sbozzata	Superficie che in cava ha subito una prima lavorazione per una grossolana squadratura con piccone o con punta grossa (sabbia).
A punta grossa	Uniforme distribuzione di solchi e cavità di profondità 8 ÷ 12 mm. (lavorazione con mazzuolo e punta grossa).
A punta media	Idem con profondità 5 ÷ 8 mm (lavorazione con mazzuolo e punta media).
A punta fine	Idem con profondità 2 ÷ 5 mm (lavorazione con mazzuolo e punta fine).
Scalpellata	Superficie pressoché liscia; sono tuttavia ammessi solchi o cavità di profondità non maggiore a 2 mm. (lavorazione a mazzuolo e scalpello).
Bocciardata grossa	Granulare uniforme; lavorazione con bocciarda grossa (9 o 16 denti su 25 cm²).
Bocciardata media	Idem con bocciarda media (25 o 26 denti su 25 cm²).
Bocciardata fine	Idem con bocciarda fine (49,64 o 81 denti su 25 cm²).
Bocciardata finissima	Idem con bocciarda finissima (100, 121 o 144 denti su 25 cm²).
Martellinata grossa	Uniformemente striata in una sola direzione; lavorazione alla martellina grossa su superficie preventivamente lavorata alla punta grossa.
Martellinata media	Idem con martellina media su superficie preventivamente lavorata a punta media e fine a martellina grossa.
Martellinata fine	Idem con martellina fine su superficie a mano di sega o a punta fine o a martellina media.
Frullonata	Superficie liscia omogenea con leggeri segni di lavorazione (rigatura o striatura); viene fatta con virgole o con globuli di acciaio.
Levigata	Superficie liscia ed omogenea, senza rigature, striature od altri segni di lavorazione; viene ottenuta con virgole 1,2,3 oppure con carborundum o spuntiglio.
Lucidata	Superficie brillante, speculare; ottenuta su superficie preventivamente levigata con l'impiego di spuntiglio finissimo, ossido di piombo o gomma lacca, ecc.

Saranno escluse le pietre marnose, gessose e in generale tutte quelle alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

Le prove per l'accertamento dei requisiti fisico-chimici e meccanici saranno effettuate in conformità alle norme cui al R.D. citato, alle norme UNI EN in vigore (si citano tra le altre le UNI EN 12370, 12371, 12372, 12407, 13161, 13364, 13755, 14066, 14158, 14581, 1925, 1926, 1936) e in particolare alle norme della serie UNI EN 772.

Si richiamano inoltre le seguenti:

- UNI EN 12370 - Pietre naturali. Terminologia.



- UNI EN 771-6 - Specifiche per elementi di muratura. Elementi di pietra naturale.
- UNI EN 772-1 - Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della resistenza a compressione

#### Pietra da taglio

Oltre a possedere gli accennati requisiti e caratteri generali, dovrà essere sonora alla percussione, immune da fenditure e litoclasti, di perfetta lavorabilità. Per le opere esterne sarà vietato l'impiego di materiali con vene non perfettamente omogeneizzate e di brecce in genere.

#### Tufo calcareo

Dovrà essere di recente estrazione, di struttura litoide, compatta ed uniforme, escludendosi quello pomicioso e facilmente friabile; sarà impiegato solo dopo autorizzazione della Direzione Lavori e previo accertamento della massa volumica (non inferiore a 1600 kg/m<sup>3</sup>) e della resistenza a compressione (non inferiore a 5 N/mm<sup>2</sup> se secco ed a 4 N/mm<sup>2</sup> se bagnato).

#### Ardesia

Sarà sempre di prima scelta, di spessore uniforme, scura, sonora e di superficie rugosa e non eccessivamente esente da impurità di pirite e di carbonato di calcio. Per l'accettazione dovrà rispettare le specifiche e relativi metodi di prova riportati nella norma UNI EN 12326-1-2.

#### Marmo

Dovrà essere della migliore qualità, perfettamente sano, senza scaglie, brecce, vene, spacchi, nodi, peli ed altri difetti che ne infirmino la omogeneità e la solidità. Non saranno tollerati tasselli, stuccature, rotture, scheggiature ed imperfezioni di sorta.

### **Manufatti lapidei stradali – Cubetti**

#### *Generalità*

I manufatti lapidei stradali potranno essere costituiti da graniti, sieniti, dioriti, porfidi, trachini, basalti, ecc., in rapporto alle prescrizioni, e dovranno essere conformi agli esecutivi di progetto ed alle descrizioni di Elenco.

Per gli stessi si richiama la seguente normativa:

UNI EN 1341 - Lastre di pietra naturale per pavimentazioni esterne. Requisiti e metodi di prova.

UNI EN 1343 - Cordoli di pietra naturale per pavimentazioni esterne. Requisiti e metodi di prova.

I manufatti dovranno avere carichi di rottura, in rapporto alle condizioni di impiego, non inferiori a quelli riportati nella Tab. 19. Tali carichi determineranno le classi di rottura.

**TAB. 19 - Lastre e cordoli di pietra naturale. Classi di resistenza a flessione**

Classe	Carico di rottura (min) kN	Uso tipico
0	Nessun requisito	Decorazione
1	0,75	Lastre posate su malta, solo per aree pedonali
2	3,5	Aree pedonali e piste ciclabili. Giardini e balconate
3	6,0	Accesso occasionale di automobili, veicoli e motocicli Entrate di autorimesse
4	9,0	Aree pedonali, mercati occasionali utilizzati da veicoli per le consegne e veicoli di emergenza
5	14,0	Aree pedonali spesso utilizzate da autoveicoli pesanti
6	25,0	Vie e strade, stazioni di rifornimento

I materiali dovranno essere imballati in modo da evitare qualunque danneggiamento da trasporto;





sull'imballaggio o sulla bolla di consegna dovranno essere indicati: il nome petrografico e quello commerciale della pietra; il nome e l'indirizzo del fornitore; il nome e l'ubicazione della cava; il valore dichiarato delle classi di designazione della marcatura; il riferimento alla norma.

I materiali inoltre dovranno essere marcati CE con sistema di attestazione della conformità di tipo 4. Con la marcatura CE dovranno essere fornite ancora le informazioni seguenti: forza di rottura; scivolosità (se pertinente); resistente allo slittamento (se pertinente); durabilità; trattamento chimico superficiale (se appropriato).

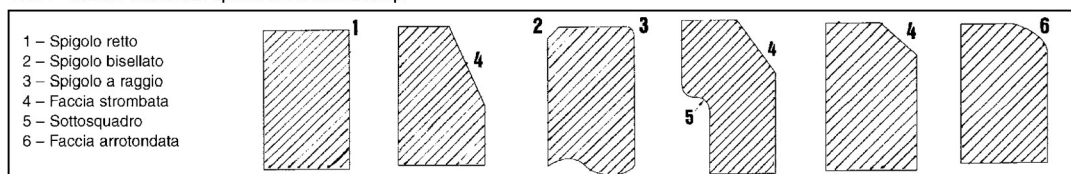
#### Lastre di pietra naturale

Per "lastra" deve intendersi qualsiasi unità di pietra naturale da pavimentazione nella quale la larghezza nominale sia superiore a 150 mm e, in generale, al doppio dello spessore. Avranno tolleranza in classe 2 nella dimensione del piano (designazione di marcatura P2) e sullo spessore (designazione T2) come da prospetti 1 e 3 della norma, resistenza al gelo/disgelo (se richiesta) in classe 1 (v. prospetto 6 della norma). Saranno inoltre dichiarati dal produttore, ove richiesto: l'assorbimento di acqua (secondo EN 13755), l'eventuale trattamento superficiale chimico, la resistenza alla flessione, all'abrasione ed allo scivolamento. Per la descrizione petrografica si farà riferimento alla EN 12407.

#### Cordoli di pietra naturale

Avranno finitura superficiale come da Elenco (tipi: fine, levigata, rustica, martellinata, meccanica a spacco, ecc.) e tolleranza in classe 2 (v. prospetto 1 della norma). La resistenza al gelo/disgelo (se richiesta) sarà in classe 1 (marcatura F1) secondo EN 12371. La lunghezza minima dei cordoli curvi, misurata sulla faccia esterna, dovrà essere pari a 500 mm; la sezione trasversale di combaciamento dovrà essere perfettamente radiale. Per il resto si rinvia al precedente punto 1.10.1.

FIG. 1 - Sezioni trasversali tipiche di cordolo. Esempi



#### Bocchette di scarico

Potranno essere di tre tipi: A (a foro passante), B (a squarcio), C (a nicchia), con larghezza □ altezza di 12 □ 30 e 15 □ 27 (escluse per il tipo B) e di 25 □ 20 e 30 □ 25 (escluse per il tipo A); la lunghezza sarà compresa tra 70 ÷ 90 cm.

Avranno inoltre la superficie di marcia e degli squarci lavorata a punta fine e lo stesso dicasi per quella anteriore (striscia con altezza di 18 cm); quella di giunto sbazzata in maniera tale da determinare in accostamento un intervallo non superiore ad 1 cm; quella posteriore e di posa grossolanamente sbazzata con striscia posteriore di spigolo, per una altezza di 3 cm, rifilata a squadra e lavorata a punta fine.

La tolleranza sarà di ± 0,3 cm sulla larghezza e di ± 1,5 cm sull'altezza.

#### Risvolti

In rapporto alle prescrizioni potranno avere larghezze di 25 o 30 cm (significative per la designazione) e corrispettivamente altezze di 20 o 25 cm e raggio di curvatura interno di 25 o 20 cm.

#### Guide





In rapporto alle prescrizioni potranno avere larghezze di 15, 20 o 60 cm (significative per la designazione) e corrispettivamente lunghezze non inferiori a 100, 120 e 120 cm (per graniti, sieniti, dioriti) ed a 60, 80 e 80 cm (per porfidi, trachiti, basalti). L'altezza sarà di 20 cm con tolleranza di  $\pm 1$  cm.

Avranno inoltre la superficie di marcia lavorata a punta media (se non diversamente prescritto), in modo da risultare piana ed a spigoli vivi, e quelle laterale e di giunto lavorate a scalpello nella parte superiore e grossolanamente sbazzate in quella inferiore in modo che tra i bordi di due guide, poste in piano ed accostate, esista un intervallo di giunto di larghezza non superiore ad 1 cm; la superficie di posa potrà essere grossolanamente sbazzata o greggia di frattura, purché con andamento parallelo alla superficie di marcia.

La tolleranza sarà di  $\pm 0,4$  cm sulla larghezza e di  $\pm 1$  cm sull'altezza.

#### Cubetti di pietra per pavimentazione

I cubetti da impiegare per le pavimentazioni, secondo apparecchiature ad arco o a corsi rettilinei, dovranno essere costituiti da porfidi, graniti, dioriti, basalti (eccezionalmente), ed in ogni modo da rocce di origine ignea particolarmente dure e tenaci, costituite da almeno due diversi minerali a differente usurabilità, preferibilmente a grana non troppo fine.

In accordo alle norme CNR per i materiali stradali, Fasc. N. 5/1954 (per quanto non incompatibile con la norma di seguito riportata), i cubetti, se non diversamente disposti, dovranno presentare una resistenza alla compressione non inferiore a 140 N/mm<sup>2</sup>, una

all'usura non inferiore a 0,8 ed una all'urto di almeno 13 (v. art. 10 norme CNR). Inoltre dovranno presentare spigoli vivi, praticamente rettilinei, facce piane e, in generale, caratteristiche uniformi. Vale la norma:

**TAB. 20 - Cubetti di pietra per apparecchiature ad arco. Assortimenti**

DESIGNAZIONE	Faccia superiore cubetto Differenza fra spigoli max cm	Altezza cubetti (tolleranze) cm	Massa specifica (100 elementi) (porfidi A. Adige) kg
4/6	0,6	5,0 ( $\pm 1,5$ )	31
6/8	1,0	7,0 ( $\pm 1,5$ )	84
7/10	1,0	8,5 ( $\pm 2,0$ )	150
9/12	1,0	10,5 ( $\pm 2,0$ )	284
11/14	1,2	12,5 ( $\pm 2,0$ )	479
12/16	1,2	14,0 ( $\pm 2,5$ )	673

UNI EN 1342 - Cubetti di pietra naturale per pavimentazioni esterne. Requisiti e metodi di prova.

Per quanto riguarda la tolleranza dimensionale, le dimensioni orizzontali e lo spessore, dovranno essere non superiori ai valori riportati nelle tabelle che seguono, se misurati in conformità all'Appendice A della superiore norma. Devono ritenersi valide in ogni caso, con riferimento anche alle Tabb. 21 e 22, le prescrizioni più restrittive.

La resistenza al gelo/disgelo (prova EN 12371 con 48 cicli), se richiesta, dovrà definire il materiale in classe 1

(marcatura F1); inoltre il produttore dovrà dichiarare la resistenza all'abrasione, la resistenza alla scivolosità in assenza di lucidatura (USRV) e l'assorbimento d'acqua.

**TAB. 21 - Cubetti di pietra. Tolleranze sulle dimensioni planari nominali**

Tra due facce a spacco	$\pm 15$ mm
Tra una faccia lavorata e una a spacco	$\pm 10$ mm
Tra due facce lavorate	$\pm 5$ mm

**TAB. 22 - Cubetti di pietra. Tolleranze sullo spessore nominale**

Sigla di marcatura	Classe 1	Classe 2
	T1	T2
Tra due facce a spacco	$\pm 30$ mm	$\pm 15$ mm
Tra una faccia lavorata e una a spacco	$\pm 30$ mm	$\pm 10$ mm
Tra due facce lavorate	$\pm 30$ mm	$\pm 5$ mm



I cubetti dovranno essere dotati di conformità CE con sistema di attestazione del tipo 4. La marcatura CE dovrà essere accompagnata dalle seguenti informazioni generali: norme o marchio identificativo del fabbricante; ultime due cifre dell'anno di apposizione della marcatura; uso previsto e descrizione del prodotto; resistenza a compressione (valore o classe dichiarato secondo UNI EN 1926); scivolosità (se pertinente); resistenza allo slittamento (se pertinente); durabilità; trattamento chimico superficiale (se appropriato).

I cubetti da impiegare nelle apparecchiature ad arco dovranno avere caratteristiche di forma e dimensioni corrispondenti a quelli della tabella 20 o diversamente prescritte. Ogni assortimento di cubetti non dovrà però essere costituito di elementi di dimensioni uguali, ma dovrà

TAB. 23 - Cubetti di pietra per corsi rettilinei. Assortimenti

DESIGNAZIONE	Faccia superiore cubetto Differenza fra spigoli max cm.	Altezza cubetti (tolleranze) cm.
9/10	1.0	9.5 ( $\pm 1,0$ )
10/11	1.0	10.5 ( $\pm 1,0$ )
11/12	1.0	11.5 ( $\pm 1,0$ )
12/13	1.0	12.5 ( $\pm 1,0$ )

comprendere elementi di varie dimensioni entro i limiti che definiscono l'assortimento stesso.

Per i cubetti da impiegarsi in corsi rettilinei dovranno invece aversi, negli assortimenti di cui alla tabella 23, solo elementi di dimensioni pressoché uguali, salvo le tolleranze previste.

Il massimo sottosquadro tollerabile per una faccia sarà di 1/8 della larghezza. In ogni caso, tanto per i cubetti per apparecchiature ad arco quanto per quelli da corsi rettilinei, gli elementi dovranno presentare spigoli vivi, praticamente rettilinei, facce sufficientemente piane e, in accostamento, giunti di larghezza non superiore a 0,5 cm per le pezzature da 4 a 8 cm ed a 1 cm per quelle superiori.

Salvo diverse disposizioni, per la fornitura dovranno essere approvvigionati cubetti di caratteristiche uniformi, ivi compreso il colore.

## Art. 5 TABELLE

Nel seguito si riportano due tabelle che definiscono i requisiti di base dei materiali e del calcestruzzo, riportando:

- il requisito o la caratteristica in esame;
- la norma di riferimento per la determinazione di tale caratteristica;
- le prescrizioni definite dalla normativa e dal presente Capitolato;
- la necessità di controllare tale requisito o meno (nella colonna "Da controllare");
- la frequenza delle eventuali prove.

Per l'utilizzo di tali tabelle, comunque non esaustive, si rimanda a quanto specificato nel § Art. 3 (con particolare attenzione ai § 3.2.1 e § 3.4).

Alle prove elencate in tabella, si aggiungono i controlli sulle modalità esecutive (§ 3.3).



Materiale	Progr	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
Cemento	1a	Resistenza a compressione (normalizzata ed iniziale)	UNI EN 196-1	UNI EN 197-1	§ 3.1.1 e § 3.2.2	/	/
	1b	Tempo di presa	UNI EN 196-3				
	1c	Prova di stabilità	UNI EN 196-3				
	1d	Perdita al fuoco	UNI EN 196-2				
	1e	Residuo insolubile	UNI EN 196-2				
	1f	Solfati	UNI EN 196-2				
	1g	Cloruri	UNI EN 196-21				
	1h	Pozzolanicità	UNI EN 196-5				
	1j	Resistenza ai solfati	UNI 9156	/	/	/	/
	1k	Resistenza alle acque dilavanti	UNI 9606	/	/	/	/
Aggregati	2a	“Caratteristiche fondamentali” di cui al prospetto 1 della UNI 8520-2	UNI EN 8520-2		§ 3.1.2 e § 3.2.3	(3)	(2)
	2b	“Caratteristiche aggiuntive” di cui al prospetto 1 della UNI 8520-2				/	/



	2c	Contenuto d'acqua degli aggregati (coincidente con l' "Assorbimento superficiale" del gruppo 2a)	UNI 1097-6	EN /	§ 3.2.7 e § 3.3.3	Mensile o più frequente secondo le condizioni locali e del clima (§ 3.3.3.2)	Ogni 1000 mc
	2d	Altre prove definite al § 3.2.3				/	/
Acqua di impasto	3a	Valutazione preliminare	Norme elencate nella UNI	EN 1008	§ 3.1.3	(3)	Mensile se l'acqua proviene da pozzo o
	3b	Prove chimiche (5)	EN 1008				



Materiale	Progr	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
	3c	Tempo di presa e resistenza					se non potabile.
Aggiunte	4	§ 3.1.4e § 3.2.4				(3)	/
Additivi	5	§ 3.1.5 e § 3.2.5				(3)	/
Acciaio	6a	Caratteristiche meccaniche e prova di aderenza di cui al § 11.3.2 del D.M. 14/01/2008	D.M. 14/01/2008		§ 3.1.6	Secondo D.M. 14/01/2008	(4)
	6b	Controllo del peso - sezione			§ 3.3.6.1	/	§ 3.3.6.1
Disarmanti	7	§ 3.1.7				/	/
Antievaporanti	8	§ 3.1.8				/	/

(1) Prova da effettuarsi a discrezione della Direzione Lavori.

(2) Per le prove delle “Caratteristiche fondamentali” la frequenza minima sarà (ad eccezione dell’ assorbimento superficiale, per il quale si veda 2c):

10 la curva granulometrica dovrà risultare costantemente compresa nel fuso granulometrico definito in fase di qualifica; la granulometria, la percentuale pasante allo staccio 0.063 e il contenuto di sostanza humica dovranno essere controllate almeno ogni 1.000 m<sup>3</sup> di aggregati impiegati o ogni due mesi;

11 l’equivalente in sabbia, il valore di blu metilene, il contenuto di solfati solubili in acido e contenuto di cloruri solubili in acqua dovranno essere controllate almeno ogni 3.000 m<sup>3</sup> di aggregati impiegati o ogni almeno ogni sei mesi;

12 tutte le altre prove, comunque per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo cava, una volta all’anno o ogni 6.000 m<sup>3</sup> di aggregati impiegati.

(3) In caso di dubbio; periodicamente, secondo le condizioni locali o di consegna (prospetto 22 della UNI EN 206-1).

(4) I controlli in cantiere sulle armature dovranno rispettare le prescrizioni riportate al D.M. 14/01/2008.

. L’unità di collaudo è costituita dalla partita di 25 t massimo; ogni partita, anche se minore di 25t, deve essere considerata unità di collaudo indipendente.

(5) Le prove sulle proprietà chimiche da effettuare sono: Contenuto di cloruri, Solfati ed Alkali; la Direzione Lavori indicherà se necessario quelle sulle sostanze dannose.

Tabella 2: Caratteristiche dei materiali da considerare durante l’esecuzione dell’opera.



Gruppo	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
Calcestruzzo fresco secondo § 5.4 della UNI EN 206-1	1	Ispezione visiva della consistenza	Confronto tra l'aspetto del calcestruzzo oggetto d'esame e quello di un calcestruzzo di consistenza specificata	/	/	Si	Ogni impasto; ogni carico, nel caso di consegna su mezzo.	/
		Consistenza	UNI EN 12350	UNI EN 206-1 (§ 5.4.1)	§ 3.2.6, § 3.2.8.1		Come da prospetto 13 della UNI EN 206-1; quando si controlla il contenuto di aria.	1 determinazione e al giorno
	2	Dmax	UNI EN 933-1	UNI EN 206-1 (§ 5.4.4)	§ 3.2.3	Si	Vedi materiali	
	3	Granulometria	UNI EN 933-1	§ 3.2.3, § 3.1.2		Si		
	4	Quantità di cemento e d'acqua	UNI 6393	UNI EN 206-1 (§ 5.4.2)	§ 3.2.6, § 3.2.7, § 3.2.8	Si	1 determinazione e al giorno	/
	5	Rapporto a/c	UNI 6393	UNI EN 206-1 (§ 5.4.2)	§ 3.2.6, § 3.2.7, § 3.2.8	Si		
	6	Contenuto d'aria	UNI EN 12350-7	UNI EN 206-1 (§ 5.4.3)	§ 3.2.8	Si	Nel calcestruzzo aerato, 1 campione per ogni giorno a regime.	Ogni 5.000 m³
	7	Massa volumica	UNI EN 12350-6	/	/	Si	Come da prospetto 13 della UNI EN 206-1.	/
Calcestruzzo indurito secondo § 5.5 della UNI EN 206-1	8	Resistenza a compressione e a trazione indiretta	D.M. 14/01/2008 UNI EN 12390-3 UNI EN 12390-6	UNI EN 206-1 (§ 5.5.1)	§ 3.2.6, § 3.2.8	Si	Secondo D.M. 14/01/2008	Ogni 100 m³ e ogni giorno di getto, secondo quanto indicato dalla norma e § 3.4.2.3.
	9	Massa volumica	UNI EN 12390-7	UNI EN 206-1 (§ 5.5.2)	/	Si	Con la stessa frequenza delle prove di compressione	Ogni 5.000 m³
	10	Resistenza alla penetrazione dell'acqua	UNI 7699 ISO 7031	UNI EN 206-1 (§ 5.5.3)	/	Si	/	Ogni 2.500 mc
	11	Resistenza al fuoco	UNI EN 206-1 (§ 5.5.4)		/	Si	/	/



---

Altre prove	12	Contenuto di cloruri	UNI EN 206-1 (§ 5.2.7)	§ 3.2.8	Si		/
-------------	----	----------------------	------------------------	---------	----	--	---





Gruppo	Progressiva	Caratteristica	Norma di riferimento	Prescrizioni da norma	Prescrizioni da Capitolato	Da controllare	Frequenza da normativa	Frequenza prescritta nel Capitolato
	13	Temperatura	/	UNI EN 206-1 (§ 5.2.8)	§ 3.2.10	Si	Ogni 300 mc; ad ogni impasto quando la temperatura è vicina al limite	/
	14	Acqua essudata	UNI 7122	/	§ 3.2.9	Si	/	Ogni 5.000 m3
	15	Omogeneità	/	/	§ 3.2.11	Si	/	Per ogni betoniera.
	16	Inizio e fine presa	UNI 7123	/	/	No	/	/
	17	Resistenza ai solfati	UNI 8981-2	/	/	No	/	/
	18	Resistenza alle acque dilavanti	UNI 8981-3	/	/	No	/	/
	19	Reazione alcali-silice	UNI 8981-8	/	/	No	/	/
	20	Resistenza al gelo-disgelo	§ 0			No	/	Consigliata: ogni 10.000 m3 con il minimo di una prova per ogni elemento significativo esposto al gelo
	21	Resistenza all'acqua di mare	UNI 8981-6	/	/	No	/	/
	22	Ritiro idraulico	UNI 6555 UNI 7086	/	/	No	/	/
	23	Modulo elastico secante a compressione	UNI 6556	/	/	No	/	/
	24	Resistenza a flessione	UNI 12390-5	/	/	No	/	/
	25	Resistenza a trazione indiretta	UNI 6135	/	/	No	/	/

(1) Prova da effettuarsi a discrezione della Direzione Lavori.

(2) La consistenza viene di solito determinata in base all'abbassamento del cono (Slump) secondo UNI EN 12350-2.

(3) Più propriamente è una caratteristica degli aggregati.

(4) La Direzione Lavori sceglierà la classe di contenuto in cloruri in presenza di armatura metallica.

(5) La UNI 8981-8 fa ancora riferimento alle classi di esposizione della UNI 9858 per determinare il livello di protezione: in sostituzione del prospetto 2 della UNI 8981-8 si riporta il seguente elenco: livello A (opere provvisorie, elementi sostituibili); livello B (opere normali); livello C (opere eccezionali, monumentali, strategiche:)

(6) La determinazione deve essere effettuata per ogni composizione del calcestruzzo e deve essere ripetuta nel caso di incremento del contenuto di cloruri di uno qualsiasi dei componenti.

(7) Per opere sottofalda si dovrà eseguire un prelievo per ogni 300 mc di getto, con una prova per ogni getto differente (es. interruzione, fondo, muri, volta, etc)

Tabella 3: Caratteristiche del calcestruzzo da considerare durante l'esecuzione dell'opera.



## Art. 6 ACCIAI

### 6.1 GENERALITA'

#### 6.1.1 Prescrizioni ed oneri generali

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'APPALTATORE dovrà presentare alla Direzione Lavori del Committente i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- i diametri e al disposizione dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni;
- le classi di qualità delle saldature per i giunti testa a testa, per i giunti a croce od a T , a completa penetrazione;
- il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature e specificatamente: le dimensioni dei cordoni, i procedimenti di saldatura e la qualità degli elettrodi, con l'approvazione dell'organismo di controllo certificato (es° Istituto superiore della saldatura);
- le controfrecce di officina da assegnare alle travi;
- gli schemi di montaggio.

Sarà cura dell'APPALTATORE procedere, in fase di progetto costruttivo, allo studio del piano di sollevamento/varo delle strutture costituenti ponti e viadotti. Il calcolo delle strutture dovrà tener conto anche delle sollecitazioni transitorie gravanti sui manufatti durante le diverse fasi di montaggio. Lo studio di sollevamento/varo, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'APPALTATORE, dovrà essere preventivamente trasmesso alla DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE per la sua approvazione.

Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalla DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE in base a motivate esigenze tecniche, così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura e spese dell'APPALTATORE.

Nella esecuzione dei lavori l'APPALTATORE dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologia adeguate sia alla esecuzione dei lavori che alla effettuazione di controlli ed ispezioni

Sarà cura dell'APPALTATORE eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli previsti dalle Specifiche di Controllo Qualità così come quelli aggiuntivi che la DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE ritenesse necessari ad assicurare la rispondenza del lavoro eseguito alle specifiche ed agli standards qualitativi prefissati.

Per consentire la effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'APPALTATORE dovrà provvedere alla installazione in cantiere di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste dalle Specifiche di Controllo Qualità. Il laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al quantitativo di prove da eseguire. Le prove da eseguire ai sensi della legge 5 novembre 1971 N° 1086 e successivi aggiornamenti dovranno essere effettuate presso laboratori ufficiali autorizzati.

Nel caso di lavori da eseguire in presenza d'acqua sarà cura dell'APPALTATORE provvedere con i mezzi più adeguati all'aggottamento ed al contenimento della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa informazione alla DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE, per l'esecuzione dei lavori in presenza d'acqua.

Per quelle opere che, per effetto di operazioni successive, possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, ove richiesto dalle Specifiche di Controllo Qualità, l'APPALTATORE dovrà sempre dare la prescritta informazione alla DIREZIONE LAVORI DEL COMMITTENTE prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'APPALTATORE non ottemperasse a quanto sopra, la DIREZIONE LAVORI



DEL COMMITTENTE potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate. Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'APPALTATORE.

Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere alla installazione della strumentazione, alla rilevazione ed alla elaborazione dei dati concernenti il monitoraggio delle opere così come previsto dal progetto.

#### *6.1.1.1 Normativa di riferimento*

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate in questo e nei successivi paragrafi.

In particolare dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- Legge 1086 del 5 Novembre 1971, "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Circ. Min. LL. PP., 14/02/1974, n. 11951, "Applicazione della legge n. 1086/71"
- D.M. 14-1-2008 – Norme tecniche per le costruzioni

Per quanto non espressamente contenuto nelle norme cogenti nazionali si farà riferimento alle norme europee consolidate individuate dal codice EN ed in particolare agli Eurocodici strutturali EC, avendo l'accortezza di utilizzare al contempo i documenti di applicazione nazionale NAD se disponibili, o comunque coefficienti di sicurezza opportuni, tali da raggiungere chiaramente almeno il livello di sicurezza introdotto e previsto dalle citate norme cogenti.

In particolare, per quanto attiene l'oggetto della presente parte di capitolato, si farà riferimento a:

- x UNI EN 1993-1-1: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- x UNI EN 1993-1-2: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-2: Progettazione strutturale contro l'incendio
- x UNI EN 1993-1-3: Eurocodice 3- Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo
- x UNI EN 1993-1-4: Eurocodice 3- Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili
- x UNI EN 1993-1-5: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- x UNI EN 1993-1-6: Eurocodice 3- Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-6: Regole generali - Regole supplementari per le strutture a guscio
- x UNI EN 1993-1-7: Eurocodice 3- Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-7: Regole generali - Regole supplementari per lastre ortotrope caricate al di fuori del loro piano
- x UNI EN 1993-1-8: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-8: Progetto dei collegamenti
- x UNI EN 1993-1-9: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-9: Fatica
- x UNI EN 1993-1-10: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-10: Tenacità del materiale e proprietà attraverso lo spessore
- x UNI EN 1993-1-11: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
- x UNI EN 1993-2: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 2: Ponti in



- acciaio
- x UNI EN 1993-3-1: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 3-1: Torri, pali e ciminiera - Torri e pali
  - x UNI EN 1993-3-2: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 3-2: Torri, pali e ciminiera - Ciminiera
  - x UNI EN 1993-4-1: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 4-1: Silos, contenitori e condotte - Silos
  - x UNI EN 1993-4-2: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 4-2: Silos, contenitori e condotte - Serbatoi
  - x UNI EN 1993-5: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 5: Pali e palancole
  - x UNI EN 1993-6: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio - Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento
  - x UNI EN 1994-1-1: Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo -
    - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
    - x UNI EN 287-1: Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai
    - x UNI EN 1011-1: Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 1: Guida generale per la saldatura ad arco
    - x UNI EN 1011-2: Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 2:
      - Saldatura ad arco di acciai ferritici
    - x UNI EN 1011-3: Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 3:
      - Saldatura ad arco degli acciai inossidabili
    - x UNI EN 1418: Personale di saldatura - Prove di qualificazione degli operatori di saldatura per la saldatura a fusione e dei preparatori di saldatura a resistenza, per la saldatura completamente meccanizzata ed automatica di materiali metallici
    - x UNI EN 10025-1: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura
    - x UNI EN 10025-2: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali
    - x UNI EN 10025-3: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato
    - x UNI EN 10025-4: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termo meccanica
    - x UNI EN 10025-5: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica
    - x UNI EN 10025-6: Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 6: Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piani di acciaio per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento, bonificati
    - x UNI EN 10029: Lamiere di acciaio laminate a caldo, di spessore  $\geq 3$  mm. Tolleranze dimensionali, di forma e sulla massa.
    - x UNI EN 10034: Travi ad I e ad H di acciaio per impieghi strutturali. Tolleranze dimensionali e di forma.
    - x UNI EN 10056: Angolari ad ali uguali e disuguali di acciaio per impieghi strutturali



- x UNI EN 10083-2: Acciai da bonifica - Condizioni tecniche di fornitura degli acciai non legati di qualità
- x UNI EN 10088-1: Acciai inossidabili - Parte 1: Lista degli acciai inossidabili
- x UNI EN 10210: Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali
- x UNI EN 10219-1: Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura
- x UNI EN 10263: Vergella, barre e filo di acciaio per ricalcatura a freddo ed estrusione a freddo
- x UNI EN 10264-3: Fili e prodotti trafilati di acciaio - Filo di acciaio per funi - Fili tondi e sagomati di acciaio non legato per applicazioni speciali
- x UNI EN 10279: Profilati a U di acciaio laminati a caldo - Tolleranze sulla forma, sulle dimensioni e sulla massa
- x UNI EN 12062: Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici
- x UNI EN 14399-1: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 1: Requisiti generali
- x UNI EN 14399-2: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 2: Prova di idoneità all'impiego
- x UNI EN 14399-3: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato Parte 3: Sistema HR - Assieme vite e dado esagonali
- x UNI EN 14399-4: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 4: Sistema HV - Assieme vite e dado esagonali
- x UNI EN 14399-5: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 5: Rondelle piane
- x UNI EN 14399-6: Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato - Parte 6: Rondelle piane smussate
- x UNI EN 20898-2: Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso.
- x UNI 5397: Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Travi HE ad ali larghe parallele. Dimensioni e tolleranze.
- x UNI 5398: Prodotti finiti di acciaio laminati a caldo. Travi IPE ad ali strette parallele. Dimensioni e tolleranze.
- x UNI EN ISO 898-1: Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Viti e viti prigioniera.
- x UNI EN ISO 1461: Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova
- x UNI EN ISO 4063: Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli – Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni
- x UNI EN ISO 5817: Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni
- x UNI EN ISO 12944: Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Introduzione generale
- x UNI EN ISO 14713: Protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi – Rivestimenti di zinco e di alluminio - Linee guida.
- x UNI EN ISO 15614-1: 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



## **6.2 STRUTTURE D'ACCIAIO E MISTE ACCIAIO-CLS**

Oggetto della presente sezione sono le opere metalliche e le parti metalliche di strutture miste acciaio-calcestruzzo da utilizzare per la realizzazione di ponti e di viadotti, stradali e ferroviari, di cavalcavia e ponti pedonali.

### **6.2.1 Generalità**

I materiali impiegati nella costruzione di strutture d'acciaio o di strutture composte dovranno essere conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (Laminati), UNI EN 10210 (tubi senza saldatura), UNI EN 10219-1 (tubi saldati), e recare la marcatura CE secondo quanto indicato dalle norme citate ed in particolare nel cap. 11 del D.M. 14-1-2008.

### **6.2.2 Obblighi dell'Appaltatore**

Per la costruzione delle strutture metalliche, l'APPALTATORE si dovrà avvalere di idonee ditte iscritte all'Albo Nazionale dei Costruttori alla Categoria S18 - Carpenteria Metallica: il nominativo del Costruttore dovrà essere comunicato, per il preventivo accertamento delle capacità, alla Direzione Lavori del Committente.

L'APPALTATORE dovrà, nel più breve tempo possibile, presentare alla Direzione Lavori del Committente, le distinte di tutti i materiali, comprese le vernici, occorrenti per la costruzione delle travate, corredati delle copie degli ordini e delle relative conferme d'ordine da parte delle singole ferriere o stabilimenti produttori a cui sono stati commissionati detti materiali.

Per quanto riguarda il computo metrico e le distinte si precisa, inoltre, che ciascuna voce dovrà riportare l'indicazione della qualità del materiale destinato alla formazione delle varie strutture costituenti la travata, le dimensioni, il numero dei pezzi, il peso, il numero del disegno di progetto a cui si riferisce, nonché il numero di posizione e marca d'officina, risultante dai disegni d'officina che dovranno essere allegati in duplice copia a corredo del computo metrico e delle distinte medesime.

Le richieste di controllo dei materiali grezzi approntati dovranno essere indirizzate, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni, alla Direzione Lavori del Committente.

Per i materiali già approvvigionati nella propria officina, l'APPALTATORE dovrà far pervenire al predetto indirizzo, la relativa richiesta di collaudo.

Resta, altresì, inteso che l'eventuale errata ordinazione dei materiali alle ferriere o stabilimenti produttori non esonererà l'APPALTATORE dalle conseguenze derivanti e che i controlli dei materiali ordinati all'estero verranno effettuati solo in Italia, presso l'officina dell'APPALTATORE.

Resta infine tassativamente inteso che le eventuali sostituzioni o varianti, sia nei profili, sia nelle strutture, che l'APPALTATORE intendesse apportare rispetto alle indicazioni contenute nei disegni approvati, dovranno essere esclusivamente e preventivamente richieste, indicandone i motivi, alla Direzione Lavori del Committente che, a suo insindacabile giudizio le potrà autorizzare o meno.

Nel caso in cui all'APPALTATORE non riesca possibile l'approvvigionamento dei larghi-piatti di laminazione, è consentito che gli stessi vengano ricavati da lamiera mediante taglio alla fiamma ossiacetilenica con speciale dispositivo meccanico (è vietato l'uso della cesoia), senza però che possano essere pretesi compensi a parte, nel qual caso i vari pezzi dovranno essere ricavati in maniera tale che il senso di laminazione delle lamiere coincida con il senso dello sforzo predominante nei pezzi stessi.

La superficie dei tagli dovrà essere convenientemente rifinita mediante molatura in modo da eliminare difetti locali, sbavature e irregolarità; le tolleranze sul pezzo finito dovranno essere le stesse stabilite per i larghi piatti di laminazione.

I larghi piatti, le piastre, ecc., dovranno essere ricavati da lamiera preventivamente controllate e punzonate.



I controlli da parte del direttore dei lavori sono obbligatori per l'accettazione delle forniture di cui sopra e sono da esplicitarsi secondo quanto riportato al punto 11.3.4.11.3 del D.M. 14/1/2008 citato in apertura.

### **6.3 QUALITÀ E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE**

#### **6.3.1 Strutture principali**

Per la realizzazione delle strutture principali quali: colonne, travi portanti, longherine, trasversi, controventi, coprigiunti, piastre e squadrette di nodo, l'acciaio dovrà rispettare le disposizioni di progetto in particolare per quanto riguarda le richieste di resilienza.

La scelta del grado di resilienza, in assenza di altra indicazione, sarà operata secondo le indicazioni della seguente tabella:

Temperatura a cui eseguire le prove di resilienza Charpy V (Valore minimo richiesto sulla media di tre provette standard: 27 J)		
Spessore dell'acciaio (mm)	Elementi importanti sollecitati prevalentemente a trazione o a fatica (anche se compressi)	Elementi importanti sollecitati a compressione statica o elementi secondari
s ≤ 25	T=T <sub>m</sub>	T=T <sub>m</sub> + 20
25 < s ≤ 40	T=T <sub>m</sub> - 10	T=T <sub>m</sub> + 10
40 < s ≤ 50	T=T <sub>m</sub> - 20 <sup>(1)</sup>	T=T <sub>m</sub>
s > 50	T=T <sub>m</sub> - 20	T=T <sub>m</sub>

T = Temperatura a cui eseguire la prova Charpy V (°C)

T<sub>m</sub> = Temperatura minima di servizio (°C) da stabilire in base ad accordi

<sup>(1)</sup> = Prova CTOD con d<sub>min</sub> > 0,2 mm

Le caratteristiche meccaniche e chimiche dovranno essere in accordo a quanto previsto dalla UNI EN 10025 parti 2, 3 e 4.

E' ammesso in generale l'impiego di materiale autoprotetto nei confronti della corrosione atmosferica in accordo con la norma EN 10025 parte 5.

#### **6.3.2 Prove sui materiali**

Tutti i materiali impiegati dovranno risultare recanti la Marcatura CE; qualora ciò non fosse possibile si dovranno adottare le prescrizioni in merito previste dal D.M. 14/1/2008 al punto B del paragrafo 11.1. Sui materiali si dovranno eseguire tutte le prove sia obbligatorie che facoltative individuate dalle tabelle UNI EN 10025 corrispondenti, dandone adeguata certificazione.

Al riguardo resta stabilito quanto segue:

- per i profilati, piatti, larghi piatti e lamiere si dovranno eseguire prove meccaniche e chimiche su tre campioni prelevati per ogni 30 t, o frazione, di materiale ricavato da uno stesso lotto di spedizione e aventi spessori che non differiscano fra loro più di 4 mm. (per i ferri a C, a T e a doppio T si fa riferimento allo spessore delle ali);
- per i piatti, larghi piatti e lamiere destinati alla composizione dei profili saldati, dovranno essere eseguite, oltre alle prove relative al controllo delle caratteristiche meccaniche previste ai sensi della UNI EN 10025, anche le prove, da concordarsi con il fornitore all'atto dell'ordinazione dei materiali





da parte dell'APPALTATORE, relative ai limiti aggiuntivi indicati al paragrafo “Materiali Soggetti a Trattamento Superficiale Protettivo”;

- su tutti i materiali impiegati dovrà inoltre eseguirsi il controllo delle condizioni superficiali e delle caratteristiche dimensionali;
- il controllo dei materiali potrà essere effettuato, alla presenza di un rappresentante della Direzione Lavori del Committente, oltre che presso i fornitori, anche presso l'officina dell'APPALTATORE. Le prove potranno essere effettuate presso un laboratorio ufficiale o comunque tecnologico in possesso dei certificati di taratura delle macchine rilasciati da organismo ufficiale riconosciuto dallo Stato e dovranno essere eseguite in presenza di un rappresentante della Direzione Lavori del Committente.

### 6.3.3 Strutture secondarie

Per le strutture secondarie quali parapetti, ferri di sostegno del tavolato e quant'altro non facente parte della struttura principale è ammesso, salvo altra specifica indicazione di progetto, è previsto l'impiego di materiale S235JR - UNI EN 10025.

#### 6.3.3.1 Chiodi

I chiodi ribaditi a caldo dovranno essere del tipo a testa tonda stretta e si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI EN 10263.

Sui chiodi finiti dovrà essere effettuato il controllo dimensionale e si verificherà, mediante 3 prove supplementari su provini da essi ricavati, che dopo l'operazione di stampaggio non siano avvenute sul materiale trasformazioni tali da alterare le caratteristiche meccaniche accertate sul tondo originario.

#### 6.3.3.2 Bulloni

I bulloni saranno unicamente del tipo “ad alta resistenza”, ovvero idoneo alla formazione di giunzioni per attrito, ai sensi della norma UNI EN 14399: 2005 parti 1,2,3,4,5 e 6. La composizione di dadi, viti, rosette e piastrine seguirà la stessa norma.

La classe del bullone sarà selezionata in funzione del tipo di giunto da realizzare, ed in particolare per giunti con bulloni a taglio si adotteranno di regola viti di classe 8.8, mentre per giunti ad attrito si utilizzeranno viti di classe 10.9.

In entrambe le tipologie rondelle e piastrine saranno in acciaio C50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32y40.

Per quanto riguarda le caratteristiche chimiche e meccaniche dei materiali indicati si rimanda ai prospetti II e III della UNI EN 20898 parte 1<sup>a</sup>, con eccezione per la prova di resilienza che deve essere condotta a - 20°C anziché a temperatura ambiente.

Le prove, da eseguirsi ai sensi della UNI EN 20898 parte 1a, saranno almeno le seguenti:

VITI	x	Prova di trazione su provetta
	x	Prova di trazione su appoggio a cuneo
	x	Prova di durezza
	x	Prova di tenacità della testa solo per viti con d<16 mm e lunghezza insufficiente per la prova di trazione con appoggio a cuneo.
	x	Prova di resilienza



- x Controllo di
- x decarburazione Prova di
- x rinvenimento
- x Controllo dimensionale ed
- x esterno Analisi chimica
- Prova di durezza

DADI

- x Prova di allargamento
- x Esame difetti
- x superficiali Analisi
- chimica

Viti e Dadi dovranno essere opportunamente contrassegnati come di seguito indicato:

- Indicazione del produttore (marchio)
- Classe di resistenza

Il contrassegno sarà eseguito per le viti in rilievo sulla testa all'atto della ricalcatura, per i dadi sulle facce laterali in profondità.

#### 6.3.3.3 Connettori a piolo

L'acciaio dovrà essere idoneo al processo di formazione dello stesso e compatibile per la saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli; esso dovrà avere le seguenti caratteristiche meccaniche :

- Rapporto  $f_u/f_y$  1,2
- Allungamento  $f_t$  12%
- Strizione  $Z$  50%

Qualora si utilizzino processi di saldatura speciali senza metallo di apporto, il materiale dovrà rispettare queste limitazioni:

$C$  0,18%,  $Mn$  0,9%,  $S$  0,04%,  $P$  0,05%

Tutti i pioli saranno sottoposti ad esame visivo per accertare che il collarino metallico esistente alla base dopo la saldatura non presenti discontinuità. Nel caso si rilevassero discontinuità, il collarino va ripristinato con elettrodi rivestiti.

Su almeno il 5% dei pioli verrà eseguita una prova di piega in laboratorio, consistente nel piegamento a 30° a colpi di mazza, controllando che non avvenga alcuna incrinatura nella giunzione saldata. In caso di rottura di almeno il 5% dei pioli presenti, tutti i pioli della stessa membratura saranno provati alla mazza. Ad ogni modo i pioli forniti dovranno essere presentati con adeguata certificazione della ditta fornitrice.

Non è ammessa presenza di cricche nella saldatura dei pioli.

Qualora i connettori a taglio vengano utilizzati in travi a T con una soletta di calcestruzzo di spessore costante il Direttore dei Lavori potrà richiedere lo svolgimento di prove di scorrimento standard secondo l'Annex B dell'UNI EN 1994-1-1. Negli altri casi il Direttore dei Lavori potrà richiedere prove di scorrimento specifiche.

## 6.4 SALDATURE



Per i metodi di calcolo e di verifica si dovrà fare riferimento alle indicazioni contenute nel DM 14/01/2008.

Per quanto concerne il processo di saldatura si farà pieno riferimento al §11.3.4.5 del DM 14/01/2008 ed a tutte le norme in esso riportate.

L'entità ed il tipo dei controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

#### *6.4.1 Progetto*

Fermo restando quanto disposto dal DM 14/01/2008 per quanto riguarda tutte le strutture l'APPALTATORE dovrà provvedere, a sua cura e spese, ai seguenti adempimenti:

- prima dell'approvazione del progetto esecutivo da parte della Direzione Lavori del Committente, dovrà esibire il parere favorevole dell'Istituto Italiano della Saldatura sulle modalità di esecuzione, le tipologie, i procedimenti di saldatura ed i materiali di apporto che si intendono impiegare;
- durante le lavorazioni in officina dovrà sottoporre le strutture saldate e/o in corso di saldatura al controllo del predetto Istituto, che provvederà all'esame della preparazione dei lembi e di tutte le saldature, ad assistere ai controlli magnetoscopici e con liquidi penetranti, o ad eseguirli direttamente, ad effettuare gli esami con ultrasuoni, ed alla lettura delle radiografie, che saranno eseguite a cura e spese dell'APPALTATORE sotto il controllo dell'Istituto medesimo;
- per quanto riguarda la saldatura che si prevede di realizzare con procedimento automatico, dovranno essere presentate alla Direzione Lavori del Committente, prima dell'inizio delle operazioni di saldatura, le certificazioni riguardanti le qualifiche dei procedimenti;
- le saldature non dovranno essere verniciate prima che siano state controllate dalla Direzione Lavori del Committente;
- tutte le saldature dovranno essere effettuate in officina salvo preventiva autorizzazione della Direzione Lavori del Committente.

#### *6.4.2 Controlli*

Fermo restando quanto disposto dal DM 14/01/2008 §11 circa la difettologia ed i limiti di accettabilità dei difetti, si precisa che dovranno essere eseguiti almeno i seguenti tipi di prove:

- esame radiografico al 100% dei giunti di testa;
- esame ultrasonoro al 100% dei giunti a T a piena penetrazione;
- controllo magnetoscopico ed esame macrografico ad almeno il 30% dei cordoni dei giunti d'angolo.

Si precisa inoltre che:

- per tutti i giunti saldati in qualsiasi tipo dovrà effettuarsi il controllo visivo e dimensionale al 100%;
- in tutte le travi saldate dovranno essere previste opportune espansioni (talloni), dello stesso materiale, sulle quali dovranno essere misurate le durezza in zona fusa, in zona termicamente alterata e nel metallo base. Tale controllo, che sarà esteso almeno al 10%



dei giunti delle travi saldate ed eseguito in almeno tre punti di una stessa zona, dovrà accertare che in nessun punto la durezza Vickers HV30 350;

- tutte le saldature sottoposte a collaudo dovranno essere punzonate da parte del suddetto Istituto e il punzone apposto dovrà essere protetto in maniera da essere sempre visibile fino all'accettazione definitiva della travata.

In base a quanto effettuato, l'Istituto rilascerà al Costruttore un certificato di conformità delle saldature ai requisiti stabiliti; detto certificato dovrà essere presentato alla Direzione Lavori del Committente prima dell'accettazione delle strutture premontate in officina.

Per quanto riguarda gli interventi indicati, l'APPALTATORE dovrà comunicare, con almeno 10 giorni di anticipo, al predetto Istituto e alla Direzione Lavori del Committente, le date in cui, volta per volta, possono essere eseguiti i controlli.

L'Istituto effettuerà entro 10 giorni le ispezioni, dandone comunicazione alla Direzione Lavori del Committente la quale si riserva di presenziare o meno ai controlli.

Di ogni controllo effettuato, sarà redatto, da parte dell'Istituto, apposito verbale in contraddittorio con l'APPALTATORE e con i rappresentanti della Direzione Lavori del Committente, se presenti.

In tale verbale dovrà essere opportunamente evidenziato:

- il tipo di saldatura controllata e relative caratteristiche con l'indicazione dei parametri di saldatura adottati;
- il tipo di controllo effettuato;
- la percentuale degli elementi saldati sottoposti a collaudo;
- le strumentazioni adottate, tipo e marca degli eventuali apparecchi;
- i parametri con i quali sono stati eseguiti i vari controlli radiografici, ultrasonori e magnetici;
- la rappresentazione grafica delle eventuali durezze accertate sui talloni;
- l'elenco dettagliato della difettologia riscontrata;
- l'elenco dettagliato delle riparazioni prescritte. (Le zone dovranno essere marcate con vernice gialla per la loro individuazione all'atto dell'accettazione delle strutture premontate).

## **6.5 BULLONATURE**

### **6.5.1 Generalità**

Le giunzioni bullonate di elementi strutturali di rilevanza statica, quali travi principali, diaframmi, controventi di torsione etc. sono da prevedersi mediante l'impiego dei seguenti procedimenti:

- Bulloni a taglio con accoppiamento di precisione, con gioco foro-bullone, comprensivo delle rispettive tolleranze, non superiore a 0,3 mm per  $\varnothing$  d 20 mm e non superiore a 0,5 mm per  $\varnothing$  > 20 mm;
- Bulloni ad attrito, con coefficiente di attrito  $f = 0,45$  (il che equivale a giunzioni sabbiato metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni), con gioco foro-bullone, comprensivo delle rispettive tolleranze, non superiore a 1 mm per  $\varnothing$  d 20 mm e non superiore a 1,5 mm per  $\varnothing$  > 20 mm.

Per quanto riguarda le giunzioni di elementi secondari, quali parapetti, travi d'impalcato etc., si prevedono giunti con bulloni al taglio di caratteristiche correnti, ai sensi del dm 14/01/2008.

I bulloni dovranno essere montati in opera con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) ed una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado).

Su una stessa struttura potranno essere adottati bulloni di tipologie diverse, a taglio o ad attrito, ma



in tal caso dovranno essere identificabili a vista e dovranno essere chiaramente indicate nei disegni di progetto e d'officina le diverse lavorazioni imposte per i fori e le relative tolleranze massime.

#### *6.5.1.1 Giunzioni con bulloni a taglio*

Per quanto riguarda le resistenze di calcolo si considera il §4.2.8.1 del DM 14/01/2008.

Per la verifica a fatica dei bulloni si farà riferimento alla relativa curva SN riportata nella UNI EN 1993-1-9. Sono ammessi bulloni con diametro 12-14-16-18-20-22-24-27-30-33-36-39 mm (UNI EN ISO 898-1).

Nel progetto del giunto si dovrà tener conto, nella definizione di pinze, truschini e interassi, della possibilità di alesatura a diametro superiore.

Non sono ammessi disassamenti dei fori che non consentano il passaggio del bullone previsto. Nel caso non sono ammesse ovalizzazioni di sorta, ma si dovrà procedere ad alesatura a diametro superiore, con sostituzione dei bulloni interessati.

E' consentita un'obliquità di  $1^\circ$  per quanto riguarda l'ortogonalità tra asse del bullone e superficie bullonata.

Tutti i bulloni dovranno essere adeguatamente serrati, ed in particolare quando il precarico non è esplicitamente considerato per la resistenza a taglio, ma è richiesto ai fini della esecuzione o come requisito di qualità, il livello di precarico, da applicare, è lo stesso di quello previsto ai fini della resistenza a taglio.

#### *6.5.1.2 Giunzioni con bulloni ad attrito*

Per quanto riguarda le portate dei bulloni ad attrito con  $f = 0,45$  (il che equivale a giunzioni sabbiato al metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni).

Sono ammessi bulloni con diametri 12-14-16-18-20-22-24-27-30-33-36-39 mm (UNI EN ISO 898-1).

Non sono ammessi disassamenti dei fori che non consentano il passaggio del bullone previsto. Nel caso, non sono ammesse ovalizzazioni ma si dovrà procedere ad alesatura a diametro superiore con adeguata sostituzione dei bulloni interessati.

E' consentita un'obliquità di  $1^\circ$  per quanto riguarda l'ortogonalità tra asse del bullone e superficie bullonata.

Nella progettazione del giunto si dovrà tener conto, nell'accoppiamento degli elementi da giuntare e nel posizionamento dei relativi coprighiunti, se presenti, dell'influenza delle tolleranze di esecuzione in relazione agli spessori in gioco.

In particolare nelle giunzioni con coprighiunto si dovrà valutare l'efficienza delle file di bulloni prossime alla sezione di giunto, provvedendo eventualmente ad un incremento del numero di bulloni, qualora se ne ravvisasse la necessità.

Tutti i bulloni dovranno essere accuratamente serrati alla forza di precarico  $F_{p,Cd}$  definita al §4.2.8.1.1 del DM 14/01/2008. Si dovrà eseguire un altrettanto accurato controllo e se ne dovrà fornire adeguata certificazione.

Al riguardo si danno le seguenti prescrizioni:

- La geometria del giunto dovrà essere progettata tenendo in debito conto l'importanza del serraggio e del relativo controllo;
- Il serraggio dei bulloni può essere eseguito con chiavi pneumatiche purché dotate di



limitatore di coppia;

- Il controllo di serraggio deve essere eseguito con chiave dinamometrica, o con altro idoneo dispositivo, che garantisca una precisione di  $\pm 5\%$ . Tale controllo dovrà essere eseguito su almeno il 20% dei bulloni, scelti in modo da interessare tutta l'estensione del giunto in esame. Se anche un solo bullone non rispondesse alle prescrizioni di serraggio, il controllo dovrà essere esteso al 100% del giunto;

- I bulloni che risultassero serrati con coppia maggiore di oltre il 5% rispetto a quella prescritta saranno scartati e sostituiti.

Per le operazioni di serraggio si dovrà procedere come segue:

- Predisposizione del giunto nella posizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine", in grado d'irrigidire convenientemente il giunto stesso e consentire l'adeguata corrispondenza dei fori;
- Serraggio dei bulloni con una coppia pari a circa il 60% di quella prescritta, iniziando dai bulloni interni al giunto e procedendo verso quelli esterni;
- Completamento del serraggio al 100% di coppia con sequenza simile a quella precedentemente indicata.
- Per il controllo del serraggio si procederà nel modo seguente:
- Contromarcatura di dado e vite per identificarne la posizione relativa;
- Allentamento del dado con una rotazione almeno pari a  $60^\circ$ ;
- Serraggio del dado con la coppia prescritta e controllo del ritorno alla posizione originale.

#### 6.5.1.3 Tolleranze

Nei riguardi delle tolleranze e delle qualità di lavorazione, dovranno considerarsi tutte le prescrizioni introdotte al § 11.3.4.6.1 e 11.3.4.6.2 del DM 14/01/2008.

#### Protezione dei bulloni

I bulloni, completi di rondelle, dovranno essere immersi in bagno di opportune sostanze protettive, approvate dalla Direzione Lavori del Committente.

#### 6.5.1.4 Presentazione ed imballaggio

I bulloni, completi di rondelle, dovranno essere forniti entro robusti contenitori che abbiano la possibilità di essere sigillati mediante piombatura.

Su ogni contenitore deve essere apposto un cartellino sul quale dovranno essere riportati:

- la denominazione del fornitore;
- la classe di resistenza;
- il numero dei pezzi contenuti e le loro dimensioni;
- il numero distintivo del lotto di appartenenza;
- gli estremi dell'ordinazione.

#### 6.5.1.5 Collaudo bulloni

Per quanto riguarda le modalità di collaudo, vale quanto prescritto nella UNI EN 14399, precisando che dovranno essere presentati al collaudo lotti indipendenti costituiti da non più di 2.000 bulloni.

Si precisa, inoltre, che dovranno essere messe a disposizione del collaudatore le apparecchiature necessarie per l'esecuzione delle prove tecnologiche e meccaniche, nonché la serie di calibri e sagome necessarie per l'esecuzione del controllo dimensionale.

Allorché l'esito del collaudo dei materiali costituenti un lotto sia stato positivo, il collaudatore



provvederà ad apporre il contrassegno di collaudo, con il punzone metallico, su piombo “sigillato” del contenitore.

Se in conseguenza solo dell'esito del controllo dimensionale ed esterno, il lotto dovesse essere rifiutato, il fornitore ha la facoltà di effettuare una cernita al 100% dei pezzi del lotto e di ripresentarlo all'accettazione.

I materiali presentati al collaudo non possono essere sostituiti né totalmente né possono essere scambiati da lotto a lotto.

I lotti rifiutati al collaudo, opportunamente contrassegnati, devono essere tenuti a disposizione delle unità di collaudo fino al termine della fornitura, salvo contraria autorizzazione, da richiedere specificatamente per iscritto alla Direzione Lavori del Committente.

Le unità di prodotto trovate difettose al montaggio, o nei successivi controlli, benché facenti parte di un lotto accettato, dovranno essere completamente sostituite.

## **6.6 LAVORAZIONI**

La foratura diretta al trapano con diametro definitivo dei fori, o l'alesatura a diametro definitivo dei fori preventivamente eseguiti a diametro convenientemente ridotto, dovranno essere eseguite in una sola volta con particolare rigore specialmente per i fori per l'attacco delle membrature principali; a tale scopo la travata da costruire verrà montata completa in ogni parte, con l'ausilio di idonei bulloni e spine di montaggio e solo allora potrà essere effettuata la foratura diretta al trapano o l'alesatura dei fori sovrapposti negli attacchi delle varie membrature.

E' vietato l'uso di puntature per l'assemblaggio dei pezzi.

Affinché la Direzione Lavori del Committente sia messa in grado di esercitare il necessario controllo, è fatto obbligo all'Appaltatore, quando avrà effettuato il montaggio completo provvisorio della travata e dopo che siano state eseguite le forature dirette o le alesature, di avvertire, con un anticipo di almeno 15 (quindici) giorni la Direzione Lavori del Committente per l'accettazione provvisoria.

All'atto dell'accettazione provvisoria, la travata dovrà risultare priva di chiodature o bullonature.

Dovranno essere eseguite, secondo le norme antinfortunistiche in vigore, idonee impalcature per permettere il controllo di tutte le membrature, unioni ecc.; in mancanza, la visita di accettazione sarà rinviata, restando a carico dell'APPALTATORE ogni dannosa conseguenza.

I materiali lavorati e verniciati con una mano di vernice antiruggine saranno pronti per la spedizione a piè d'opera.

Tutte le forature dovranno essere eseguite al trapano, restando escluso l'uso del punzone; i tagli devono essere eseguiti alla fiamma ossiacetilenica mediante speciale dispositivo meccanico, restando escluso l'uso della cesoia.

Le superfici dei tagli dovranno poi essere convenientemente rifinite con una lavorazione meccanica e quelle tra esse che dovranno ricevere la saldatura dovranno essere accuratamente preparate.

Nei pezzi da incurvare, l'incurvatura dovrà essere eseguita a caldo (rosso vivo) lasciando poi raffreddare i pezzi lentamente.

E' proibito continuare ad incurvare un pezzo quando esso non abbia più colore rosso.

Infine, quando i piatti e larghi-piatti (ovvero le strisce ricavate da lamiere) vengono accoppiati per formare strutture composte (come ad esempio le travi a T), essi dovranno essere rifiniti convenientemente con opportune lavorazioni in modo da rispettare le quote previste dai disegni e le tolleranze prescritte.

La Direzione Lavori del Committente verificherà, tra l'altro che le dimensioni dei singoli pezzi siano corrispondenti a quelle di progetto, tenuto conto delle tolleranze prescritte.

La Direzione Lavori del Committente si riserva la facoltà di rifiutare, oltre a quelli che presentino difetti di lavorazione, i pezzi che abbiano anche una sola delle dimensioni inferiore a quella prescritta, tenuto conto dell'eventuale tolleranza ammessa, restando a totale carico dell'APPALTATORE tutti gli oneri che





ne deriveranno.

Resta inteso che tutti i materiali che saranno impiegati in sostituzione di quelli rifiutati dovranno essere preventivamente collaudati con le stesse modalità di quelli accettati, già descritte nel presente articolo, restando a carico dell'APPALTATORE l'eventuale ritardo rispetto ai termini contrattuali.

L'APPALTATORE non potrà pretendere compensi o indennizzi di sorta, né variazioni dei prezzi contrattuali per i pezzi che risulteranno di dimensioni eccedenti rispetto a quelle di progetto.

## **6.7     DETTAGLI COSTRUTTIVI**

L'Appaltatore è tenuto a far proprio, ovvero a condividere, i dettagli costruttivi desumibili dagli elaborati di progetto, avendo però facoltà di proporre alla Direzione Lavori proprie varianti di dettaglio destinate a migliorare le caratteristiche funzionali e di durabilità dell'opera, oltre che a facilitare o meglio esplicitare le modalità di montaggio.

Le proposte per essere rese operative dovranno essere accettate dalla Direzione Lavori e dal Progettista. In particolare, sarà onere dell'Appaltatore esplicitare a livello costruttivo tutti i dettagli relativi a:

- tagli e lavorazioni di lamiera (tra cui gli slot);
- bullonature (forature);
- saldature (preparazione dei profili...).

Si dovranno evitare gli spigoli vivi rientranti, prevedendo opportuni raccordi circolari.

Tali dettagli dovranno consentire il drenaggio dell'acqua ed impedirne il suo accumulo, secondo la scelta progettuale. Particolare attenzione dovrà essere posta ai dettagli relativi a strutture da ritenere "stagne", secondo indicazioni di progetto.

## **6.8     TOLLERANZE**

### **6.8.1    Tolleranze su profilati e lamiera**

Per i profilati dovranno essere rigorosamente rispettate le prescrizioni contenute nelle seguenti norme UNI:

per HE	UNI 5397
per IPE	UNI 5398
per profilati a U	UNI EN 10279
per angolari	UNI EN 10056

Per le lamiere dovranno essere rigorosamente rispettate le prescrizioni contenute nella norma UNI EN 10029 ove per quanto riguarda le tolleranze dimensionali sullo spessore deve essere adottato lo scostamento inferiore tipo B, mentre per quanto riguarda la planarità dovranno essere adottate le tolleranze ristrette.

### **6.8.2    Tolleranze dimensionali e di forma delle travi saldate**

Per le travi saldate a doppio T saranno valide le tolleranze dimensionali riportate nella norma UNI EN 10034. A completamento della norma europea succitata si inseriscono delle tabelle qui di seguito

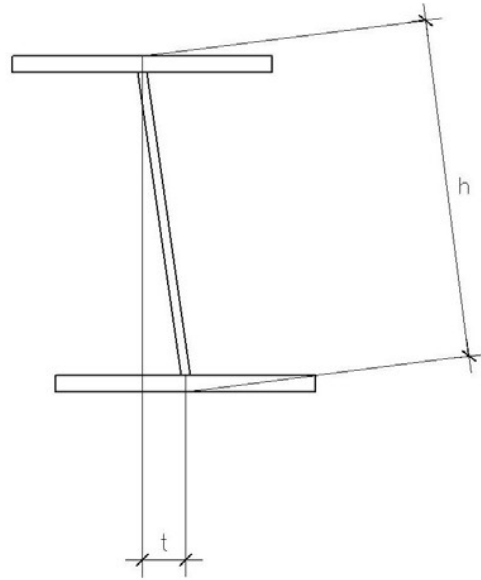
#### **A ) Tolleranze lungo il corpo della trave**

( I valori sono espressi in mm )



Fuori squadro

$t'' 0,3\% h$



$t'' 0,5\% L$

**B )Tolleranze sulla lunghezza**

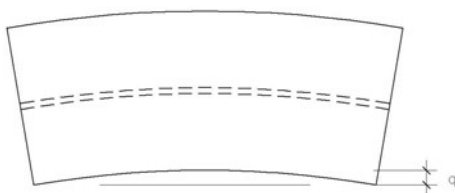
( I valori sono espressi in mm )

Lunghezza nominale dei profili



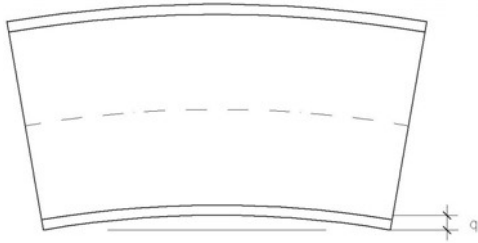
$L = 0, - 2$

Curvatura ali





### Centinatura



$$q'' 0,5\% L$$



### 6.8.3 Tolleranze sugli elementi assemblati

Per gli elementi assemblati saranno valide le seguenti tolleranze, laddove non in contrasto con quanto espresso al precedente paragrafo:

rettilineità degli irrigidenti:

+/- 4 mm per h minore o uguale a 2000 mm;

+/- 8 mm per h superiore a 2000 mm giunti bullonati:

+/- 1 mm di dislivello tra le parti da giuntare e fuori planarità delle parti a contatto; controfreccia: -0,+10% della controfreccia teorica.

In rapporto al diametro dei bulloni, ovvero al più piccolo tra gli spessori da collegare, dovranno essere rispettate le limitazioni di cui al DM 14/01/2008.

## 6.9 MONTAGGIO

L'APPALTATORE sottoporrà al preventivo benestare della Direzione Lavori del Committente il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la piena responsabilità dell'APPALTATORE stesso per quanto riguarda l'esecuzione delle operazioni di montaggio, la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà essere comunque atto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'APPALTATORE deve rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la zona interessata, ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo e di sottosuolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio delle strutture, si dovrà porre la massima cura per evitare che vengano deformate o sovrasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene ed altri organi di sollevamento dovranno essere opportunamente protette, tenuto conto tra l'altro che tutte le strutture, prima di essere trasferite a piè d'opera devono essere trattate in officina con sabbiatura ed una mano di primer.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare, per quanto riguarda le strutture di travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio, siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone, oltre la tolleranza prevista dal D.M. 14/01/2008 e successivi aggiornamenti, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Le superfici di contatto al montaggio, nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza, devono presentarsi pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso e sabbiato a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione. E' ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da



certificato rilasciato da laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per ogni unione con bulloni l'APPALTATORE effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori del Committente, un controllo di serraggio come descritto in precedenza.

Dopo il completamento della struttura e prima della esecuzione della prova di carico, l'APPALTATORE dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori del Committente.

#### **6.10 ONERI SPECIFICI A CARICO DELL'APPALTATORE**

Saranno a carico dell'Appaltatore e ricompresi nelle voci di prezzo di cui all'elenco prezzi allegato al progetto, le voci seguenti:

- i materiali di cui ai punti precedenti
- l'assistenza tecnica relativa alla progettazione di dettaglio della carpenteria metallica relativa agli stralli
- le attrezzature per le operazioni di infilaggio, tesatura e per le finiture protettive
- il trasporto delle attrezzature necessarie al cantiere e dal cantiere.
- Le prove di laboratorio, previste e/o richieste, da condursi su campioni di stralli (per esempio: prove a fatica, prove a rottura)
- Tubi forma in acciaio e relative piastre di ripartizione, tubi telescopici, tubi anti- vandalismo e relative bullonerie di fissaggio
- Ponteggi, piattaforme di lavoro, mezzi di sollevamento
- I mezzi e la manodopera per il carico e lo scarico degli automezzi in cantiere e per il trasporto dei materiali e delle attrezzature sul luogo di utilizzo
- La fornitura di energia elettrica, aria compressa, impalcature
- La messa a disposizione di un locale chiuso per il ricovero delle attrezzature e di uno spazio coperto per il deposito e la custodia dei materiali
- Eventuali controlli topografici e geometrici della struttura
- I dispositivi per il rilievo delle variazioni geometriche del ponte

La movimentazione in fase di montaggio dovrà essere eseguita da personale qualificato con idonea attrezzatura atta al controllo puntuale delle deformazioni delle strutture (per via topografica ed altro) al fine verificare il raggiungimento delle previste configurazioni geometriche intermedie e finali.

#### **6.11 SISTEMI PROTETTIVI: ZINCATURA A CALDO**

##### **6.11.1 Definizione**

Per zincatura a caldo si intende la formazione di un rivestimento di zinco e/o lega zinco ferro su prodotti di ferro, acciaio o ghisa tramite immersione, dopo opportuno trattamento, in zinco fuso.

##### **6.11.2 Normativa di riferimento**

Per quanto riguarda le prescrizioni concernenti il trattamento di zincatura a caldo si dovrà fare riferimento e dovrà essere conforme alle norme UNI EN ISO 1461 e UNI EN ISO 14713.



### 6.11.3 Generalità

I rivestimenti applicati tramite zincatura per immersione a caldo sono destinati a proteggere i prodotti di ferro e acciaio contro la corrosione. La lunghezza del periodo di protezione contro la corrosione da parte di tali rivestimenti è all'incirca proporzionale allo spessore del rivestimento. Nel caso di condizioni estremamente aggressive e/o una durata in servizio eccezionalmente lunga, possono essere richiesti rivestimenti con spessori maggiori di quelli specificati successivamente.

Le specificazioni per questi rivestimenti più spessi devono essere soggette ad un accordo tra lo zincatore e il committente, circa i mezzi per l'attuazione (per esempio, granigliatura, composizione chimica dell'acciaio, etc).

Lo spessore minimo della zincatura è indicato nel prospetto seguente:

**Tabella IV**

Articolo e suo spessore	Spessore locale rivestimento (minimo) $\mu\text{m}$	di	Spessore rivestimento $\mu\text{m}$	medio del (minimo)
Acciaio t 6 mm	70		85	
Acciaio t 3 mm fino a < 6 mm	55		70	
Acciaio t 1.5 mm fino a < 3 mm	45		55	
Acciaio < 1.5 mm	35		45	
Fusioni di ghisa t 6 mm	70		80	
Fusioni di ghisa < 6 mm	60		70	

Con "spessore locale del rivestimento" viene indicato il valore medio dello spessore del rivestimento ottenuto dal numero specificato di misurazioni entro un'area di riferimento per una prova magnetica o il singolo valore per una prova gravimetrica.

Con "spessore medio del rivestimento" viene indicato il valore medio dello spessore locale su un grande articolo o su tutti gli articoli nel campione per il controllo.

### 6.11.4 Specifiche del bagno di zincatura

Il bagno di zincatura per immersione a caldo deve innanzitutto contenere zinco fuso. Il totale delle impurezze (che non siano ferro e stagno) nello zinco fuso, non deve essere maggiore dell'1,5% in massa, le impurezze citate sono quelle definite nella ISO 752 oppure nella EN 1179.

### 6.11.5 Metodi per il controllo dello spessore

Per determinare lo spessore della zincatura esistono metodi non distruttivi e distruttivi. Il metodo non distruttivo più generalmente utilizzato per determinare lo spessore è il metodo magnetico (vedasi EN ISO 2178). In ogni caso, si possono utilizzare altri metodi (per esempio ISO 2808, metodo elettromagnetico).



I metodi distruttivi sono: il metodo gravimetrico (vedasi EN ISO 1464), il metodo coulombometrico (vedasi EN ISO 2177) e il metodo microscopico della sezione trasversale (vedasi EN ISO 1464).

I metodi distruttivi forniscono la massa di rivestimento per area unitaria espressa in grammi al metro quadrato.

Questa può essere convertita in spessore locale [micrometri ( $\mu\text{m}$ )] dividendola per la massa volumica nominale del rivestimento ( $7,2 \text{ g/cm}^3$ ). Le masse di rivestimento approssimate corrispondenti agli spessori forniti nel prospetto di Tabella IV sono indicate nella Tabella V.

**Tabella V**

Articolo e suo spessore	Rivestimento (minimo)	locale	Rivestimento (minimo)	medio
	$\text{g/m}^2$	$\mu\text{m}$ 70	$\text{g/m}^2$	$\mu\text{m}$
Acciaio t 6 mm	505		610	85
Acciaio t 3 mm fino a < 6 mm	395	55	505	70
Acciaio t 1.5 mm fino a < 3 mm	325	45	395	55
Acciaio < 1.5 mm	250	35	325	45
Fusioni di ghisa t 6 mm	505	70	575	80
Fusioni di ghisa < 6 mm	430	60	505	70

Con “massa locale del rivestimento” viene indicato il valore della massa del rivestimento ottenuto tramite una singola prova gravimetrica.

Con “massa media del rivestimento” viene indicato il valore medio delle masse del rivestimento determinato sia utilizzando un campione per il controllo selezionato in conformità con quanto indicato nel capitolo 9.17.6 utilizzando le prove in conformità con la EN ISO 1460 o per conversione dello spessore medio del rivestimento.

#### *6.11.6 Campionamento*

Da ogni singolo ordine o singolo carico consegnato selezionato per la prova, deve essere prelevato a caso un campione di controllo per la prova dello spessore. Il numero minimo di articoli da ciascun lotto di ispezione che forma il campione per il controllo deve essere conforme al prospetto di Tabella VI.





<b>Tabella VI</b>	
Numero di articoli nel lotto	Numero minimo di articoli nel campione di controllo
Da 1 a 3	Tutti
Da 4 a 500	3
Da 501 a 1200	5
Da 1201 a 3200	8
Da 3201 a 10000	13
> 10000	20

Su ogni articolo devono essere scelte delle “aree di riferimento”; con “area di riferimento” viene indicata l’area entro la quale si deve eseguire uno specifico numero di singole misurazioni.

Il numero e la posizione delle aree di riferimento, e la loro dimensione per le prove magnetiche o gravimetriche, devono essere scelti tenendo conto della forma e delle dimensioni dell’(degli) articolo(i), allo scopo di ottenere un risultato che sia il più rappresentativo possibile dello spessore medio del rivestimento, o della massa per unità di area, come più opportuno. Su un articolo lungo, scelto come campione di controllo, le aree di riferimento devono essere scelte approssimativamente a 100 mm da ciascun lato e all'incirca al centro e devono comprendere l'intera sezione trasversale dell'articolo.

Il numero di aree di riferimento, dipendente dalle dimensioni dei singoli articoli nel campione di controllo, deve essere il seguente:

- Per articoli con area superficiale significativa maggiore di 2 m<sup>2</sup> ("grandi articoli"): si devono prendere in considerazione almeno tre aree di riferimento per ogni articolo nel campione di controllo. Su ogni articolo (preso separatamente) nel campione di controllo lo spessore medio del rivestimento, entro le aree di riferimento, deve essere uguale o maggiore dei valori di spessore medio forniti nella Tabella IV.
- Per articoli con area superficiale significativa maggiore di 10 000 mm<sup>2</sup> e fino a 2 m<sup>2</sup> (compresi): su ciascun articolo del campione di controllo, ci deve essere almeno un'area di riferimento.
- Per gli articoli con area superficiale significativa da 1000 mm<sup>2</sup> a 10000 mm<sup>2</sup> (compresi): su ciascun articolo del campione di controllo, ci deve essere almeno un'area di riferimento.
- Per gli articoli con area superficiale significativa minore di 1000 mm<sup>2</sup>: deve essere raggruppato un numero di articoli sufficiente per formare un'area di riferimento singola di almeno 1 000 mm<sup>2</sup>. Il numero di aree di riferimento deve essere quello riportato nell'ultima colonna del prospetto di Tabella VI. Inoltre, il numero complessivo di articoli sottoposti a prova è uguale al numero di articoli richiesti per fornire un'area di riferimento moltiplicato per il numero appropriato preso dall'ultima colonna nel prospetto di Tabella VI, relativa alle dimensioni del lotto (o il numero complessivo di articoli zincati, se questo è minore).

In alternativa, si devono utilizzare i procedimenti di campionamento indicati dalla ISO 2859.

Nei casi b), c) e d), lo spessore di ciascuna area di riferimento deve essere uguale o maggiore dei valori dello "spessore locale del rivestimento" forniti nel prospetto di Tabella IV. Lo spessore medio su tutte le aree di riferimento nel campione deve essere uguale o maggiore dei valori dello spessore medio del rivestimento forniti nel prospetto di Tabella IV.

Quando lo spessore del rivestimento di zinco è determinato tramite il metodo magnetico, in conformità con la EN ISO 2178, le aree di riferimento devono avere le caratteristiche ed essere rappresentative di quelle che sarebbero state scelte per il metodo gravimetrico.



Quando si devono prendere più di cinque articoli per comporre un'area di riferimento di almeno 1000 mm<sup>2</sup>, si deve prendere una singola misurazione magnetica per ogni articolo, nel caso esista un'area di superficie significativa adatta: in caso contrario, si deve utilizzare la prova gravimetrica.

All'interno di ciascuna area di riferimento, che dovrebbe essere di almeno 1 000 mm<sup>2</sup>, si devono prendere un minimo di cinque letture per la prova magnetica sulle aree rivestite. Se qualcuna delle singole letture è minore dei valori forniti nel prospetto di Tabella IV, ciò è irrilevante, poiché si richiede che solo il valore medio per l'intera area di riferimento sia uguale o maggiore dello spessore locale fornito nel prospetto. Lo spessore medio del rivestimento per tutte le aree di riferimento deve essere calcolato in modo simile, sia per le prove magnetiche sia per le prove gravimetriche (EN ISO 1460). Le misurazioni dello spessore non devono essere prese su superfici tagliate o aree che siano a meno di 10 mm dai bordi, superfici tagliate a fiamma o spigoli.

Le prove devono essere effettuate alla presenza della Direzione Lavori con attrezzature e personale qualificato messi a disposizione a cura e onere dell'Appaltatore. Le aree interessate da prova verranno definite in accordo con la Direzione Lavori.

Dalle prove effettuate dovrà essere steso apposito verbale a firma del laboratorio prove ufficiale che sarà fornito alla Direzione Lavori.

#### *6.11.7 Criteri di accettazione*

I campioni sottoposti a prova, in conformità con quanto indicato nel capitolo 9.17.5 per il numero appropriato di aree di riferimento, devono avere uno spessore del rivestimento non minore dei valori forniti nel prospetto di Tabella IV. Eccetto nei casi di controversie, si devono utilizzare le prove non distruttive, a meno che il committente non accetti specificamente che gli articoli possano essere tagliati per determinare le perdite in massa del rivestimento. Se gli articoli comprendono un numero di spessori di acciaio differenti, ciascun gruppo di spessori deve essere trattato come un articolo separato e si devono applicare i relativi valori nel prospetto di Tabella IV. Se lo spessore del rivestimento in un campione di controllo non è conforme a questi requisiti, un numero doppio di articoli (o tutti gli articoli rimasti, se il numero è minore), deve essere prelevato dal lotto e sottoposto a prova. Se questo campione più grande passa, l'intero lotto di ispezione deve essere accettato. Se il campione più grande non passa il controllo, gli articoli che non sono conformi ai requisiti devono essere scartati, oppure il committente può concedere l'autorizzazione a ripetere la zincatura.

#### *6.11.8 Riparazione*

Le aree complessive non rivestite da riparare da parte dello zincatore non devono essere maggiori dello 0,5% dell'area di superficie totale di un componente. Ciascuna area non rivestita da riparare non deve essere maggiore di 10 cm<sup>2</sup>. Se le aree non rivestite sono più grandi, l'articolo contenente tali aree deve essere nuovamente zincato, se non diversamente concordato tra committente e zincatore.

La riparazione deve avvenire mediante spruzzatura a caldo di zinco (la EN 22063 è pertinente) o mediante una vernice ricca di zinco, tenendo conto dei limiti pratici di tali sistemi. È inoltre ammesso l'uso di una lega di zinco in barrette. Il committente o l'utilizzatore finale devono essere messi al corrente dallo zincatore circa il metodo di riparazione.

### **6.12 SISTEMI PROTETTIVI: VERNICIATURA**

#### *6.12.1 Generalità*

Tutte le superfici delle strutture in acciaio aventi funzione definitiva dovranno essere protette contro



la corrosione mediante cicli di verniciatura definiti nel presente capitolo.

Non saranno accettati prodotti verniciati che non siano rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti, restando a totale ed esclusivo carico dell'APPALTATORE l'asportazione e la sostituzione di verniciature che non risultassero idonee.

Le verniciature dovranno essere eseguite in condizioni d'ambiente idonee alle caratteristiche dei prodotti impiegati. Non si dovrà procedere ai trattamenti quando temperatura e umidità dell'aria superano le soglie minima e massima proprie di ciascun prodotto. Non si dovrà procedere all'applicazione di uno strato fino a che quello precedente non sia perfettamente essiccato.

I prodotti impiegati per le verniciature dovranno essere di primarie marche. E' facoltà della Direzione Lavori del Committente rifiutare prodotti di marche che non diano sicuro affidamento di buona qualità. Ad avvenuta consegna dei lavori e prima di dare corso ai cicli di verniciatura previsti, l'APPALTATORE dovrà consegnare alla Direzione Lavori del Committente campioni di tutti i prodotti vernicianti componenti il ciclo, con i relativi diluenti, in contenitori sigillati del peso di 0,500 kg cadauno, nel numero di tre per ogni prodotto.

Ciascun campione dovrà essere accompagnato da schede tecniche riportanti le caratteristiche di composizione ed applicazione del prodotto.

La Direzione Lavori del Committente, a sua cura ed a spese dell'APPALTATORE, provvederà a sottoporre i campioni a prova presso laboratori di sua fiducia per verificarne la rispondenza ai requisiti richiesti.

Solo dopo che i laboratori avranno accertato tale rispondenza, la Direzione Lavori del Committente formalizzerà l'autorizzazione all'APPALTATORE all'applicazione dei cicli, riservandosi di verificare in qualsiasi momento durante il corso dei lavori, sempre a spese dell'APPALTATORE, la conformità dei prodotti impiegati, presenti a piè d'opera, ai campioni sottoposti a prova.

L'APPALTATORE è tenuto a garantire la buona esecuzione dei lavori e la conservazione del ciclo applicato, per un periodo di dieci anni.

La decorrenza della suddetta garanzia inizierà alla data del certificato di ultimazione lavori con l'obbligo di gratuita manutenzione per tutto il periodo di garanzia.

Nel detto periodo l'APPALTATORE resta obbligato ad eseguire a propria cura e spese i ritocchi e quanto altro si rendesse necessario al fine di mantenere la verniciatura in condizioni di totale efficienza.

Se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia superassero il 20% della superficie totale, l'APPALTATORE sarà tenuto ad eseguire a sua cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura a conguaglio, al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera.

L'APPALTATORE è tenuto inoltre a garantire la buona conservazione dello strato di primer zincante eseguito in officina per tutto il periodo intercorrente fino all'esecuzione dello strato intermedio e comunque per almeno un anno.

#### *6.12.2 Normativa di riferimento*

Per quanto riguarda le prescrizioni concernenti il trattamento di verniciatura si dovrà fare riferimento e dovrà essere conforme alle norme:

- UNI EN ISO 12944-1 Aprile 2001;
- UNI EN ISO 12944-2 Aprile 2001;
- UNI EN ISO 12944-3 Aprile 2001;
- UNI EN ISO 12944-4 Aprile 2001;
- UNI EN ISO 12944-5 Gennaio 2002;
- UNI EN ISO 12944-6 Aprile 2001;
- UNI EN ISO 12944-7 Aprile 2001;
- UNI EN ISO 12944-8 Maggio 1998;



---

### 6.12.3 Classificazione degli ambienti

Le sollecitazioni corrosive alle quali una struttura di acciaio è esposta rappresentano un parametro essenziale per la scelta delle verniciature protettive appropriate in conformità alla ISO 12944-5.

Successivamente verranno indicate sei classi di corrosività atmosferica:

- C1 molto bassa;
- C2 bassa;
- C3 media;
- C4 alta;
- C5-I molto alta (industriale);
- C5-M molto alta (marina);

Per determinare la classe di corrosività è fortemente raccomandata l'esposizione di provette di riferimento. Il prospetto di Tabella VII definisce le classi di corrosività in termini di perdita di massa o di spessore subita da queste provette di acciaio e/o di zinco dopo il primo anno di esposizione. Per i dettagli sulle provette e sul loro trattamento prima dell'esposizione vedere ISO 9226. Estrapolare all'anno le perdite di massa o di spessore determinate per tempi di esposizione più brevi, oppure più lunghi, non fornisce risultati affidabili e pertanto non è ammesso. Le perdite di massa o di spessore determinate sulle provette di acciaio oppure di zinco possono talvolta indicare una diversa classificazione. In questi casi vale la classe di corrosività più alta.

Se non è possibile esporre provette di riferimento nell'ambiente di effettivo interesse, la classe di corrosività può essere stimata semplicemente considerando gli esempi di ambienti tipici riportati nel prospetto di Tabella VII (Questi esempi sono informativi e talvolta possono essere fuorvianti. Solo le effettive misurazioni della perdita di massa o di spessore forniscono la corretta classificazione).



**Tabella VII - Classi di corrosività atmosferica ed esempi di ambienti tipici**

Classe di corrosività	Perdita di massa per unità di superficie/perdita di spessore (dopo il primo anno di esposizione)				Esempi di ambienti tipici in un clima temperato (a titolo informativo)	
	Acciaio a basso tenore di carbonio		Zinco		All'esterno	All'interno
	Perdita di massa g/m <sup>2</sup>	Perdita di spessore µm	Perdita di massa g/m <sup>2</sup>	Perdita di spessore µm		
C1 molto bassa	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Edifici riscaldati con atmosfera pulita, per esempio uffici, negozi, scuole, alberghi.
C2 bassa	da > 10 a 200	da > 1,3 a 25	da > 0,7 a 5	da > 0,1 a 0,7	Ambienti con basso livello di inquinamento. Soprattutto aree naturali.	Edifici non riscaldati dove può verificarsi condensa, per esempio depositi, locali sportivi.
C3 media	da > 200 a 400	da > 25 a 50	da > 5 a 15	da > 0,7 a 2,1	Ambienti urbani e industriali, modesto inquinamento da anidride solforosa. Zone costiere con bassa salinità.	Locali di produzione con alta umidità e un certo inquinamento atmosferico; per esempio industrie alimentari, lavanderie, birrerie, caseifici.
C4 alta	da > 400 a 650	da > 50 a 80	da > 15 a 30	da > 2,1 a 4,2	Aree industriali e zone costiere con moderata salinità.	Impianti chimici, piscine, cantieri costieri per imbarcazioni.
C5-I molto alta (industriale)	da > 650 a 1 500	da > 80 a 200	da > 30 a 60	da > 4,2 a 8,4	Aree industriali con alta umidità e atmosfera aggressiva.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.
C5-M molto alta (marina)	da > 650 a 1 500	da > 80 a 200	da > 30 a 60	da > 4,2 a 8,4	Zone costiere e offshore con alta salinità.	Edifici o aree con condensa quasi permanente e con alto inquinamento.
Nota 1 - I valori delle perdite utilizzati per le classi di corrosività sono identici a quelli indicati nella ISO 9223. Nota 2 - Nelle aree costiere, in zone calde e umide, le perdite di spessore possono superare i limiti della classe C5-M. Pertanto occorre prendere precauzioni particolari nella scelta della verniciatura protettiva per le strutture situate in queste aree.						

Per strutture immerse in acqua o interrate, la corrosione di solito è localizzata ed è difficile definire delle classi di corrosività. Tuttavia possono essere descritti diversi ambienti. Il prospetto di Tabella VIII presenta tre diversi ambienti con le loro designazioni.

**Tabella VIII - Classi per strutture immerse in acqua o interrate**

Classe	Ambiente	Esempi di ambienti e di strutture
Im1	Acqua dolce	Installazioni fluviali, centrali idroelettriche
Im2	Acqua salmastra o di mare	Zone portuali con strutture come chiuse, conche, pontili; strutture offshore
Im3	Terreno	Serbatoi interrati, pali di acciaio, tubi di acciaio

#### 6.12.3.1 Preparazione della superficie

Prima della verniciatura la superficie dovrà essere preparata, l'obiettivo principale della preparazione della superficie è rimuovere il materiale dannoso e ottenere una superficie che permetta una soddisfacente adesione all'acciaio del primo strato di pittura. Inoltre questa preparazione contribuisce a ridurre la quantità dei contaminanti che possono provocare corrosione.

Per scegliere il metodo di preparazione della superficie, è necessario tenere conto del grado di preparazione richiesto per ottenere un determinato livello di pulitura e, se richiesto, un profilo di



superficie (rugosità) appropriato al sistema di rivestimento da applicare alla superficie di acciaio.

I metodi di preparazione della superficie sono i seguenti:

- Pulitura con acqua o solventi e pulitura chimica;
- Pulitura meccanica compresa la sabbiatura;
- Pulitura alla fiamma;

Per le modalità di pulitura sopra elencate si veda la norma UNI EN ISO 12944-4.

Se il grado di preparazione specificato non è stato ottenuto con il metodo di preparazione scelto o se lo stato della superficie preparata è cambiato prima dell'applicazione del ciclo di verniciatura, si devono ripetere quelle fasi del procedimento che permettono di ottenere il grado di preparazione specificato.

#### *6.12.3.2 Grado di preparazione della superficie*

Vi sono due tipi di preparazione delle superfici:

- a) La preparazione primaria (totale) della superficie (preparazione di tutta la superficie fino all'acciaio nudo): Questo tipo di preparazione serve ad eliminare la calamina, la ruggine, i rivestimenti esistenti e i contaminanti. Dopo la preparazione primaria l'intera superficie consiste di acciaio nudo. Gradi di preparazione: Sa, St, Fl e Be.
- b) La preparazione secondaria (parziale) della superficie (conservando le parti sane dei rivestimenti organici e metallici): Questo tipo di preparazione della superficie serve ad eliminare la ruggine e i contaminanti, lasciando intatti i rivestimenti di pitture o metallici. Gradi di preparazione: P Sa, P St e P Ma.

I gradi di preparazione sono elencati nelle due tabelle seguenti.



**Tabella IX - Gradi normalizzati per preparazione primaria (totale) della superficie**

Grado normalizzato di preparazione <sup>1)</sup>	Metodo di preparazione della superficie	Esempi fotografici rappresentativi nella ISO 8501-1 <sup>2) 3) 4)</sup>	Caratteristiche essenziali delle superfici preparate Per ulteriori dettagli, compreso il trattamento prima e dopo la preparazione della superficie (colonna 2), vedere ISO 8501-1	Campo di applicazione
Sa 1	Sabbatura (6.2.3)	B Sa 1 C Sa 1 D Sa 1	Rimozione solo di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti <sup>5)</sup> .	Preparazione della superficie di: a) superfici di acciaio non rivestito; b) superfici di acciaio rivestito, se i rivestimenti sono rimossi in misura tale da raggiungere il grado di preparazione specificato <sup>6)</sup> .
Sa 2		B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2	Rimozione della maggior parte di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. Ogni contaminazione residua deve essere ben aderente.	
Sa 2½		A Sa 2½ B Sa 2½ C Sa 2½ D Sa 2½	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. Ogni traccia residua di contaminazione deve presentarsi solo come macchia leggera in forma di punti o strisce.	
Sa 3 <sup>7)</sup>		A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. La superficie deve avere un colore metallico uniforme.	
St 2	Pulitura con utensili manuali o meccanici (6.2.1, 6.2.2)	B St 2 C St 2 D St 2	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti <sup>5)</sup> .	
St 3		B St 3 C St 3 D St 3	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti <sup>5)</sup> . Comunque la superficie deve essere trattata molto più a fondo che per St 2, fino a presentare un riflesso metallico dovuto al substrato metallico.	
Fl	Pulitura alla fiamma (6.3)	A Fl B Fl C Fl D Fl	Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei. Ogni residuo deve presentarsi solo come uno scolorimento della superficie (ombre di diversi colori).	<sup>6)</sup>
Be	Decapaggio acido (6.1.8)		Rimozione completa di calamina, ruggine e residui di verniciature. La verniciatura deve essere rimossa con mezzi idonei prima del decapaggio acido.	Prima della zincatura a caldo, per esempio.

- 1) Legenda dei simboli usati:  
Sa = sabbatura (ISO 8501-1)  
St = pulitura mediante utensili manuali o meccanici (ISO 8501-1)  
Fl = pulitura alla fiamma (ISO 8501-1)  
Be = decapaggio acido
- 2) A, B, C e D sono le condizioni iniziali delle superfici di acciaio non rivestite (vedere ISO 8501-1).
- 3) Gli esempi fotografici rappresentativi mostrano unicamente superfici o zone di superfici che non erano mai state rivestite.
- 4) Nel caso di superfici di acciaio con rivestimenti metallici verniciati o non verniciati può essere concordata una analoga indicazione di certi gradi normalizzati di preparazione, purché siano tecnicamente realizzabili nelle condizioni date.
- 5) La calamina è considerata poco aderente se può essere rimossa per sollevamento con una spatola per stucco.
- 6) I fattori che influenzano la valutazione devono essere oggetto di particolare attenzione.
- 7) Questo grado di preparazione della superficie può essere ottenuto e mantenuto solo in determinate condizioni, che non è possibile realizzare in loco.





**Tabella X - Gradi normalizzati di preparazione secondaria ( parziale) della superficie**

Grado normalizzato di preparazione <sup>1)</sup>	Metodo di preparazione della superficie	Esempi fotografici rappresentativi nella ISO 8501-1 o ISO 8501-2 <sup>2) 4) 8)</sup>	Caratteristiche essenziali delle superfici preparate Per ulteriori dettagli, compreso il trattamento prima e dopo la preparazione della superficie (colonna 2), vedere ISO 8501-2	Campo di applicazione
P Sa 2 <sup>3)</sup>	Sabbatura localizzata	B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2 (validi per le parti non rivestite della superficie)	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti <sup>6)</sup> . Rimozione di rivestimenti non aderenti, della maggior parte di calamina, ruggine e materiali estranei dalla superficie delle altre parti. Ogni contaminazione residua deve essere ben aderente.	Preparazione delle superfici di acciaio rivestite sulle quali rimangono dei rivestimenti <sup>7)</sup> .
P Sa 2½ <sup>3)</sup>		B Sa 2½ C Sa 2½ D Sa 2½ (validi per le parti non rivestite della superficie)	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti <sup>6)</sup> . Rimozione di rivestimenti non aderenti, di calamina, ruggine e materiali estranei dalla superficie delle altre parti. Ogni traccia residua di contaminazione deve presentarsi solo come macchia leggera in forma di punti o strisce.	
P Sa 3 <sup>3) 8)</sup>		C Sa 3 D Sa 3 (validi per le parti non rivestite della superficie)	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti <sup>6)</sup> . Rimozione di rivestimenti non aderenti, di calamina, ruggine e materiali estranei dalla superficie delle altre parti. La superficie deve avere un colore metallico uniforme.	
P Ma <sup>3)</sup>	Abrasione meccanica localizzata	P Ma	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti <sup>6)</sup> . Rimozione di rivestimenti non aderenti, di calamina, ruggine e materiali estranei dalla superficie delle altre parti. Ogni traccia residua di contaminazione deve presentarsi solo come macchia leggera in forma di punti o strisce.	
P St 2 <sup>3)</sup>	Pulitura localizzata con utensili manuali o meccanici	C St 2 D St 2	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti <sup>6)</sup> . Rimozione di calamina, ruggine e materiali estranei poco aderenti dalla superficie delle altre parti.	
P St 3 <sup>3)</sup>		C St 3 D St 3	I rivestimenti ben aderenti devono rimanere intatti <sup>6)</sup> . Rimozione di calamina, ruggine, rivestimenti e materiali estranei poco aderenti dalla superficie delle altre parti. Comunque la superficie deve essere trattata molto più a fondo che per P St 2, fino a presentare un riflesso metallico dovuto al substrato metallico.	

Note al prospetto precedente:

1) Legenda dei simboli usati:

P Sa = sabbatura localizzata di superfici precedentemente rivestite (ISO 8501-2)

P St = pulitura localizzata con utensili manuali o meccanici di superfici precedentemente rivestite (ISO 8501-2)

P Ma = abrasione meccanica localizzata di superfici precedentemente rivestite (ISO 8501-2).

2) Nel caso di superfici di acciaio con rivestimenti metallici verniciati o non verniciati può essere concordata un'analogia applicazione di certi gradi normalizzati di preparazione, purché siano tecnicamente realizzabili nelle condizioni date.

3) P è usato come lettera-codice per il grado di preparazione nel caso delle superfici precedentemente rivestite con rivestimenti ben aderenti che possono essere conservati. Le principali caratteristiche di ciascuna delle due zone di superficie preparate, quella con il rivestimento ben aderente e quella senza alcun residuo di rivestimento, sono specificate separatamente nella colonna appropriata. I gradi P si riferiscono sempre a tutta la superficie da rivestire e non solo alle zone di superficie che dopo la preparazione della superficie sono prive di rivestimento. Per quanto riguarda il trattamento dei rivestimenti rimasti, vedere ISO 8501-2:1994, punto 4.5.

4) Non esistono riferimenti fotografici specifici per i gradi P, perché l'aspetto della superficie totale così preparata è significativamente influenzata dal tipo di rivestimento esistente e dal suo stato. Per le zone di superficie senza rivestimenti si usano gli esempi fotografici forniti per i corrispondenti gradi



senza la P. Come ulteriore chiarimento dei gradi P, la ISO 8501-2 presenta diversi esempi fotografici di queste superfici prima e dopo il trattamento. Nel caso dei gradi P Sa 2, P St 2 e P St 3, per i quali non esistono fotografie disponibili, l'aspetto dei rivestimenti rimasti è analogo a quello di grado P Sa 22 o PMa.

5) I rivestimenti sono considerati ben aderenti se non possono essere rimossi sollevandoli con una spatola da stucco.

6) I fattori che influenzano la valutazione devono essere oggetto di particolare attenzione.

7) Dovrebbero essere preferibilmente conosciute le seguenti informazioni sul rivestimento esistente:

- il tipo del rivestimento di pitture (per esempio tipo di legante e di pigmento) o del rivestimento metallico, come pure il suo spessore approssimato e la data della sua applicazione;
- il grado di arrugginimento come definito nella ISO 4628-3, con i dettagli sulla corrosione sottopellicolare, se necessario;
- il grado di vescicamento, come definito nella ISO 4628-2;
- informazioni supplementari riguardanti per esempio l'aderenza (per esempio dopo le prove descritte nella ISO 2409), la screpolatura (ISO 4628-4), lo sfogliamento (ISO 4628-5), i contaminanti chimici o di altro tipo, e ogni altro dettaglio importante. La verifica della compatibilità del rivestimento previsto con i rivestimenti esistenti o loro residui è parte integrante del progetto di verniciatura.

8) Questo grado di preparazione della superficie può essere ottenuto e mantenuto solo in determinate condizioni, che non è possibile realizzare in loco.

#### *6.12.3.3 Preparazione delle superfici zincate per immersione a caldo*

Superfici non esposte agli agenti atmosferici

Le zone difettose o danneggiate della zincatura devono essere riparate in modo che ne sia ripristinato il potere protettivo. I contaminanti delle superfici zincate a caldo, non esposte agli agenti atmosferici, come per esempio grasso, olio, residui di liquido fondente o di materiali per marcare, devono essere eliminati. Il rivestimento di zinco può essere trattato con una sabbiatura di spazzolatura usando un abrasivo non metallico. Qualsiasi altro tipo di trattamento deve essere conforme alla specifica. Dopo la sabbiatura di spazzolatura, il rivestimento di zinco deve essere continuo ed esente da danneggiamenti meccanici. Le superfici zincate devono essere esenti da contaminanti aderenti o inglobati, che potrebbero diminuire la durabilità del rivestimento di zinco e per conseguenza della verniciatura successivamente applicata.

Esempi di irregolarità nel rivestimento di zinco sono:

- zone di sovrasspessore;
- fori di spillo;
- mancanza di aderenza fra lo zinco e l'acciaio;
- gocciolature di zinco;
- cenere di zinco.

Dopo la sabbiatura di spazzolatura la superficie deve avere un aspetto uniforme e opaco. La rugosità superficiale e la perdita massima di zinco devono essere concordate fra le parti interessate. Superfici esposte agli agenti atmosferici



Sulle superfici zincate a caldo esposte agli agenti atmosferici si formano prodotti di corrosione dello zinco (ruggine bianca) e i contaminanti possono accumularsi. Queste superfici devono essere preparate con metodi idonei scelti in base alla natura e alla quantità dei contaminanti. I prodotti di ossidazione, certi sali e alcuni altri contaminanti possono essere rimossi per lavaggio con acqua dolce addizionata di detergente e utilizzando tamponi abrasivi, seguito da un accurato lavaggio con acqua calda. In alternativa, può essere idoneo l'uso di acqua calda o di acqua sotto pressione, la pulitura con vapore, una sabbiatura di spazzolatura o una pulitura con utensili manuali o meccanici.

#### *6.12.3.4 Valutazione delle superfici preparate*

Dopo il procedimento di preparazione della superficie (pulitura) come specificato, le superfici preparate devono essere valutate come descritto nella ISO 8501-1 o nella ISO 8501-2: ossia la pulizia è valutata soltanto in base all'aspetto della superficie. In molti casi questo sistema è sufficiente per lo scopo, ma per rivestimenti che possono essere esposti ad ambienti severi, come una immersione in acqua o una condensa continua, occorre prendere in considerazione prove che permettano di ricercare sulla superficie visivamente pulita sali solubili ed altri contaminanti non visibili, utilizzando i metodi fisici e chimici descritti nelle diverse parti della ISO 8502.

#### *6.12.3.5 Tipi di Pitture*

Successivamente si elencano una serie di sistemi di verniciatura largamente usati per la protezione delle strutture di acciaio alla corrosione. I leganti tipici di queste pitture sono citati successivamente.

##### *6.12.3.5.1 Pitture essiccanti ad aria*

Il film indurisce per l'evaporazione dei solventi organici o dell'acqua, seguita da una reazione del legante con l'ossigeno dell'aria.

I principali tipi di leganti sono:

- gli alchidici;
- gli alchidici uretanici;
- gli esteri epossidici.

Il tempo di essiccazione dipende, fra l'altro, dalla temperatura. La reazione con l'ossigeno può avvenire anche a 0 °C, tuttavia alle temperature basse è molto più lenta.

##### *6.12.3.5.2 Pitture ad essiccazione fisica*

Queste pitture possono essere in solvente o in acqua.

##### *Pitture in solvente*

Il film essicca per evaporazione dei solventi. Il processo è reversibile, ossia il film secco rimane solubile nei suoi solventi originali.

I principali tipi di leganti sono:

- clorocaucciù;
- copolimeri del cloruro di vinile (noti anche come PVC);
- resine acriliche;
- bitume.

Il tempo di essiccazione dipende, fra l'altro, dalla ventilazione e dalla temperatura. L'essiccazione può aver luogo anche a 0 °C, tuttavia alle temperature basse è molto più lenta.



### *Pitture all'acqua*

In queste pitture il legante è disperso in acqua. Il film indurisce per evaporazione dell'acqua e per l'aggregarsi delle particelle del legante disperso in un film continuo (coalescenza). Il processo non è reversibile, cioè questo rivestimento non è ridispersibile in acqua dopo l'essiccazione.

I principali tipi di leganti sono:

- dispersioni acriliche;
- dispersioni viniliche;
- dispersioni poliuretaniche.

Il tempo di essiccazione dipende, fra l'altro, dalla ventilazione, dall'umidità relativa e dalla temperatura. L'essiccazione può aver luogo anche a +3 °C, tuttavia alle temperature basse è molto più lenta.

### *6.12.3.5.3 Pitture a indurimento chimico*

In genere questo tipo di pitture è formato da un componente base e da un agente indurente. Il film essicca per evaporazione dei solventi, se presenti, e successiva reazione chimica fra la base e l'indurente.

Si utilizzano i tipi citati nei capitoli seguenti.

#### *Pitture epossidiche bicomponenti*

##### *Componente base*

I leganti nel componente base sono polimeri che hanno gruppi epossidici che reagiscono con gli appropriati agenti indurenti.

I principali tipi di leganti sono:

- epossidici;
- epossi-vinilici/epossi-acrilici;
- combinazioni epossidiche (per esempio epossi-idrocarboniche o epossi-catrame).

Possono essere formulati in solvente, in acqua o senza solventi. Le pitture epossidiche sfarinano se esposte alla luce del sole. Se è richiesta una buona ritenzione del colore o della brillantezza, lo strato di finitura dovrebbe essere un poliuretano alifatico (0) o un prodotto ad essiccazione fisica (9.18.5.2).

##### *Agente indurente*

Gli indurenti più comunemente usati sono le poliamminoammine (poliammine), le poliamminoammidi (poliammidi) o loro addotti. Le poliammidi sono le più adatte per gli strati di fondo per le loro buone proprietà di bagnamento. Le poliammine portano a rivestimenti che generalmente offrono una migliore resistenza agli agenti chimici.

L'indurimento non richiede esposizione all'aria. Tuttavia il tempo di essiccazione è influenzato, fra l'altro, dalla ventilazione e dalla temperatura. La reazione di indurimento può aver luogo anche a +5 °C.

#### *Poliuretani bicomponenti*

##### *Componente base*

I leganti sono polimeri con gruppi ossidrilici liberi, che reagiscono con appropriati agenti indurenti.

Possono essere formulati in solvente o senza solventi.

I principali tipi di leganti sono:

- poliestere;
- acrilati;
- epossidici;
- polieteri;
- resine fluorurate.



#### *Agente indurente*

Gli indurenti più comunemente utilizzati sono i poliisocianati aromatici o alifatici. La persistenza della brillantezza e del colore dei prodotti induriti con i poliisocianati alifatici è eccellente, se combinati con un tipo di componente base idoneo. Come indurenti, i poliisocianati aromatici permettono una essiccazione più rapida, ma sono meno adatti all'esposizione all'esterno, perché tendono a sfarinare e a scolorire più rapidamente.

L'indurimento non richiede l'esposizione all'aria. Tuttavia il tempo di essiccazione è influenzato, tra l'altro, dalla ventilazione e dalla temperatura. La reazione di indurimento può aver luogo anche a 0 °C, ed anche meno, ma l'umidità relativa dovrebbe essere mantenuta nell'intervallo raccomandato dal produttore della pittura, per evitare la formazione di bolle e di fori di spillo.

#### *Pitture che induriscono con l'umidità*

Il film essicca per evaporazione dei solventi. Indurisce per reazione chimica con l'umidità dell'aria. I principali tipi di leganti sono:

poliuretani (monocomponenti); alchil-silicati, per esempio; silicato di etile (bicomponente); silicato di etile (monocomponente).

Il tempo di essiccazione dipende, fra l'altro, dalla temperatura, dalla ventilazione, dall'umidità e dallo spessore del film. La reazione di indurimento può aver luogo anche a 0 °C, ed anche meno, a condizione che l'aria mantenga un certo tasso di umidità. L'indurimento è tanto più lento quanto più è bassa l'umidità. Per evitare formazione di bolle, fori di spillo, sfogliamenti, ecc. nel rivestimento, è importante seguire le istruzioni del produttore sui limiti dell'umidità, dell'umidità relativa, dello spessore del film umido e secco.

#### *6.12.3.6 Tipi di Primer*

I prospetti da Tabella XI a Tabella XVII forniscono informazioni sui tipi di primer da impiegare, e indicano se il primer è uno zincante o è basato su altri pigmenti. Per i primer zincanti, il contenuto minimo di zinco in polvere sulla parte non volatile della pittura deve essere l'80% in massa (m/m), sia per i leganti organici che inorganici. Questo è un dato di base per le durabilità indicate nei prospetti da Tabella XI a Tabella XVI per i sistemi di verniciatura con primer zincanti. Lo zinco in polvere deve soddisfare i requisiti specificati nella ISO 3549. Nella ASTM D 2371-85, Standard Test Method for Pigment Content of Solvent-Reducible Paints, è descritto un metodo per la determinazione del contenuto in zinco in polvere nella parte non volatile delle pitture.

Un contenuto più alto di zinco in polvere in genere migliora la durabilità del sistema di verniciatura.

#### *6.12.3.7 Sistemi di Verniciature*

I prospetti riportati nelle tabelle seguenti forniscono esempi di sistemi di verniciatura possibili per diversi ambienti. Le pitture impiegate per tutti questi sistemi devono essere in grado di sopportare le sollecitazioni corrosive più forti della classe di corrosività o di immersione interessata.

Gli spessori dei film indicati nei prospetti seguenti sono gli spessori nominali dei film secchi. Gli spessori dei film secchi sono generalmente controllati sul sistema completo di verniciatura. Se necessario, lo spessore del film secco dello strato di fondo o di altre parti del sistema di verniciatura può essere misurato separatamente. La rugosità della superficie di acciaio ha un'influenza differente sulla misura in funzione della taratura dello strumento, del metodo di misurazione e dello spessore del film. La ISO 2808 descrive i metodi per misurare lo spessore del film.

Se non diversamente concordato, in nessun punto lo spessore del film secco deve essere minore dell'80% dello spessore nominale. Se non diversamente concordato, valori compresi fra l'80% e il 100% dello spessore nominale del film secco sono accettabili purché la media aritmetica totale sia uguale o



---

maggiore dello spessore nominale. Si deve fare attenzione a raggiungere lo spessore nominale del film secco e ad evitare zone di sovrasspessore. Si raccomanda che lo spessore massimo del film secco non sia maggiore di 3 volte lo spessore nominale.

Il numero di strati e gli spessori del film secco citati nei prospetti seguenti presuppongono l'impiego dell'applicazione senza aria. L'applicazione a rullo, a pennello o a spruzzo convenzionale produce del film secco di spessore minore, ed è necessario un maggior numero di strati per ottenere una verniciatura di uguale spessore del film secco.



**Tabella XI - Sistemi di verniciatura per la classe di corrosività C2**

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie <sup>1)</sup>		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)			
	St 2	Sa 2½	Legante <sup>6)</sup>	Tipo di primer <sup>2)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Legante <sup>6)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Numero di strati	NDFT totale <sup>3)</sup> µm	Bassa	Media	Alta	
S2.01	x		AK	Misc.	1	40	AK	1	40	2	80				
S2.02		x			1	40		1	40	2	80				
S2.03	x				2	80		1	40	3	120				
S2.04		x			1-2	80		1	40	2-3	120				
S2.05	x				2	80		1-2	80	3-4	160				
S2.06		x			1-2	80		1-2	80	2-4	160				
S2.07	x				1-2	80		2-3	120	3-5	200				
S2.08		x			1-2	100	-	-	-	1-2	100				
S2.09	x				2	80	AY, CR, PVC <sup>4)</sup>	1-2	80	3-4	160				
S2.10		x			1-2	80		1-2	80	2-4	160				
S2.11		x	AY	Zn (R)	1-2	100	-	-	-	1-2	100				
S2.12		x			1	80	AY	1	40	2	120				
S2.13	x		AY, CR, PVC		2	80	AY, CR, PVC	1-2	80	3-4	160				
S2.14		x			1-2	80		1-2	80	2-4	160				
S2.15		x	EP		1-2	80	EP, PUR <sup>5)</sup>	1	40	2-3	120				
S2.16		x			1-2	80		1-2	80	2-4	160				
S2.17		x	EP, PUR		1-2	80	-	-	-	1-2	80				
S2.18		x	ESI		1	80	-	-	-	1	80				
Leganti per lo/gli strato/i di fondo					Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)		
					N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili
				Mono-componente	Bicomponente						Mono-componente	Bicomponente			
AK = Alchidico				x		x	AK = Alchidico					x		x	
CR = Clorocaucciù				x			CR = Clorocaucciù					x			
AY = Acrilico				x		x	AY = Acrilico					x		x	
PVC = Polivinil cloruro				x			PVC = Polivinil cloruro					x			
EP = Epossidico					x	x	EP = Epossidico						x	x	
ESI = Silicato di etile				x	x		PUR = Poliuretano					x	x		
PUR = Poliuretano				x											
1) Per St 2, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento C come definito nella ISO 8501-1. Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1.															
2) Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi.															
3) NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.															
4) Si raccomanda di verificare la compatibilità con il produttore della pittura.															
5) Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico.															
6) Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.															





**Tabella XII - Sistemi di verniciatura per la classe di corrosività C3**

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie <sup>1)</sup>		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)			
	St 2	Sa 2½	Legante <sup>8)</sup>	Tipo di primer <sup>2)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Legante <sup>8)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Numero di strati	NDFT totale <sup>3)</sup> µm	Bassa	Media	Alta	
S3.01	x		AK	Misc.	2	80	AK	1	40	3	120				
S3.02		x			1-2	80		1	40	2-3	120				
S3.03	x				2	80		1-2	80	3-4	160				
S3.04		x			1-2	80		1-2	80	2-4	160				
S3.05	x				1-2	80		2-3	120	3-5	200				
S3.06		x			1-2	80		2-3	120	3-5	200				
S3.07		x			AY, CR, PVC	1-2	80	AY, CR, PVC <sup>4)</sup>	2-3	120	3-5	200			
S3.08		x					80		2-3	160	3-5	240			
S3.09		x					BIT <sup>4)</sup>	80	2	160	3-4	240			
S3.10		x						80	2	160	3-4	240			
S3.11	x		AY, CR, PVC	2			80	1-2	80	3-4	160				
S3.12		x		1-2			80	1-2	80	2-4	160				
S3.13		x		1-2			80	2-3	120	3-5	200				
S3.14		x		1-2			80	2-3	160	3-5	240				
S3.15		x	EP	1			160	AY, EP, PUR <sup>5)</sup>	1	40	2	200			
S3.16		x					1-2		80	1	40	2-3	120		
S3.17		x			1-2	80	1-2		80	2-4	160				
S3.18		x			1-2	80	2-3		120	3-5	200				
S3.19		x			1-2	80	2-3		160	3-5	240				
S3.20		x	EP, PUR	Zn (R)	1-2	80	-	-	-	1-2	80				
S3.21		x	EP, PUR <sup>6)</sup>		1	40	EP, PUR <sup>6)</sup>	1-2	120	2-3	160				
S3.22		x			1	40		2-3	160	3-4	200				
S3.23		x			AY, CR, PVC	1	40	1-2	120	2-3	160				
S3.24		x				1	40	2-3	160	3-4	200				
S3.25		x	ESI <sup>7)</sup>		1	80	-	-	-	1	80				
S3.26		x			AY, CR, PVC	1	80	1-2	80	2-3	160				
S3.27		x				1	80	2-3	120	3-4	200				
S3.28		x			EP, PUR <sup>5)</sup>	1	80	1-2	80	2-3	160				
S3.29		x				1	80	2-3	120	3-4	200				
Leganti per lo/gli strato/i di fondo				Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)			
				N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibill						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibill	
				Mono-componente	Bicomponente							Mono-componente	Bicomponente		
AK = Alchidico				x		x	AK = Alchidico					x		x	
CR = Clorocaucciù				x			CR = Clorocaucciù					x			



Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie <sup>1)</sup>		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2½	Legante <sup>6)</sup>	Tipo di primer <sup>2)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Legante <sup>6)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Numero di strati	NDFT totale <sup>3)</sup> µm	Bassa	Media	Alta
PVC = Polivinil cloruro				x			PVC = Polivinil cloruro					x		
AY = Acrilico				x		x	AY = Acrilico					x		x
EP = Epossidico					x	x	EP = Epossidico						x	x
ESI = Silicato di etile					x		PUR = Poliuretano					x	x	
PUR = Poliuretano				x			BIT = Bitume					x		
1) Per St 2, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento C come definito nella ISO 8501-1. Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1. 2) Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi. 3) NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli. 4) Si raccomanda di verificare la compatibilità con il produttore della pittura. 5) Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico. 6) È anche possibile lavorare con un NDFT di 80 µm, purché il fondo zincante EP o PUR sia idoneo per questo NDFT. In questo caso il NDFT del sistema completo di verniciatura può essere regolato con gli strati successivi. 7) Si raccomanda di utilizzare uno degli strati intermedi come strato di collegamento. 8) Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.														

**Tabella XIII - sistemi di verniciatura per classi di corrosività C4**

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie <sup>1)</sup>		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)			
	St 2	Sa 2½	Legante <sup>6)</sup>	Tipo di primer <sup>2)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Legante <sup>6)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Numero di strati	NDFT totale <sup>3)</sup> µm	Bassa	Media	Alta	
S4.01		x	AK	Misc.	1-2	80	AK	2-3	120	3-5	200				
S4.02		x				1-2	80	BIT <sup>4)</sup>	2	160	3-4	240			
S4.03		x				1-2	80		2-3	200	3-5	280			
S4.04		x				1-2	80	AY, CR, PVC <sup>4)</sup>	2-3	120	3-5	200			
S4.05		x				1-2	80		2-3	160	3-5	240			
S4.06		x	AY, CR, PVC			1-2	80	BIT <sup>4)</sup>	2	160	3-4	240			
S4.07		x				1-2	80		2-3	200	3-5	280			
S4.08		x				1-2	80	AY, CR, PVC	2-3	120	3-5	200			
S4.09		x			1-2	80	2-3		160	3-5	240				
S4.10		x	EP			1	160		1	40	2	200			
S4.11		x				1	160		1	120	2	280			
S4.12		x				1-2	80	EP, PUR <sup>5)</sup>	2-3	120	3-5	200			
S4.13		x				1-2	80		2-3	160	3-5	240			
S4.14		x				1-2	80		2-3	200	3-5	280			
S4.15		x				1-2	80		3-4	240	4-6	320			



Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie <sup>1)</sup>		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2½	Legante <sup>9)</sup>	Tipo di primer <sup>2)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Legante <sup>9)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Numero di strati	NDFT totale <sup>9)</sup> µm	Bassa	Media	Alta
S4.16		x	EP, PUR <sup>6)</sup>	Zn (R)	1	40	AY, CR, PVC	1-2	120	2-3	160			
S4.17		x			1	40		2-3	160	3-4	200			
S4.18		x			1	40		2-3	200	3-4	240			
S4.19		x			1	40	EP, PUR <sup>5)</sup>	1-2	120	2-3	160			
S4.20		x			1	40		2-3	160	3-4	200			
S4.21		x			1	40		2-3	200	3-4	240			
S4.22		x			1	40		2-3	240	3-4	280			
S4.23		x			1	40		3-4	280	4-5	320			
S4.24		x	ESI <sup>7)</sup>		1	80	-	-	-	1	80			
S4.25		x			1	80	AY, CR, PVC	1-2	80	2-3	160			
S4.26		x			1	80		2-3	120	3-4	200			
S4.27		x			1	80		2-3	160	3-4	240			
S4.28		x			1	80	EP, PUR <sup>5)</sup>	1-2	80	2-3	160			
S4.29		x			1	80		2-3	120	3-4	200			
S4.30		x			1	80		2-3	160	3-4	240			
S4.31		x			1	80		2-3	200	3-4	280			
S4.32		x			1	80		3-4	240	4-5	320			
Leganti per lo/gli strato/i di fondo					Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)	
			N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili	
			Mono-compo-nente	Bicom-ponente							Mono-compo-nente	Bicom-ponente		
AK = Alchidico			x		x	AK = Alchidico					x		x	
CR = Clorocaucciù			x			CR = Clorocaucciù					x			
AY = Acrilico			x		x	PVC = Polivinil cloruro					x			
EP = Epossidico				x	x	AY = Acrilico					x		x	
ESI = Silicato di etile			x	x		BIT = Bitume					x			
PUR = Poliuretano			x			EP = Epossidico						x	x	
						PUR = Poliuretano					x	x		

1)

Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1.

2)

Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi.

3)

NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.

4)

Si raccomanda di verificare la compatibilità con il produttore della pittura.

5)

Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico.

6)

E anche possibile lavorare con un NDFT di 80 µm, purché il fondo zincante EP o PUR sia idoneo per questo NDFT. In questo caso il NDFT del sistema completo di verniciatura può essere regolato con gli strati successivi.

7)

Si raccomanda di utilizzare uno degli strati intermedi come strato di collegamento.

8)

Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.



**Tabella XIV - Sistemi di verniciatura per classi di corrosività C5-I**

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie <sup>1)</sup>		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2½	Legante <sup>7)</sup>	Tipo di primer <sup>2)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Legante <sup>7)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Numero di strati	NDFT totale <sup>3)</sup> µm	Bassa	Media	Alta
S6.01		x	CR	Misc.	1-2	80	AY, CR, PVC	2	120	3-4	200			
S6.02		x	EP, PUR		2	120		1-2	80	3-4	200			
S6.03		x			1	80	EP, PUR <sup>4)</sup>	3	200	4	280			
S6.04		x			1-2	80		3-4	240	4-6	320			
S6.05		x	EP, PUR <sup>5)</sup>	Zn (R)	1	40		2	120	3	160			
S6.06		x			1	40		3	200	4	240			
S6.07		x	ESI <sup>6)</sup>		1	80	AY, CR, PVC	3	200	4	280			
S6.08		x			1	80	EP, PUR <sup>4)</sup>	2-4	240	3-5	320			
S6.09		x			1	80		2-4	160	3-5	240			
S6.10		x			1	80		3	200	4	280			
S6.11		x			1	80	AY, CR, PVC	4	240	5	320			
Leganti per lo/gli strato/i di fondo				Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)		
				N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili
				Mono-componente	Bicomponente							Mono-componente	Bicomponente	
CR = Clorocaucciù				x			CR = Clorocaucciù					x		
EP = Epossidico					x	x	AY = Acrilico					x		x
ESI = Silicato di etile				x	x		PVC = Polivinil cloruro					x		
PUR = Poliuretano				x			EP = Epossidico						x	x
							PUR = Poliuretano					x	x	

1)

Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1.

2)

Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi

3)

NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.

4)

Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico.

5)

E' anche possibile lavorare con un NDFT di 80 µm, purché il fondo zincante EP o PUR scelto sia idoneo per questo NDFT. In questo caso il NDFT del sistema completo di verniciatura può essere regolato con gli strati successivi.

6)

Si raccomanda di utilizzare uno degli strati intermedi come strato di collegamento.

7)

Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.



**Tabella XV - Sistemi di verniciatura per classi di corrosività C5-M**

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie <sup>1)</sup>		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)			
	St 2	Sa 2 1/2	Legante <sup>10)</sup>	Tipo di primer <sup>2)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Legante <sup>10)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Numero di strati	NDFT totale <sup>3)</sup> µm	Bassa	Media	Alta	
S7.01		x	CR	Misc.	1-2	80	AY, CR, PVC	2	120	3-4	200				
S7.02		x	EP, PUR		1	80	EP, PUR <sup>4)</sup>	2	120	3	200				
S7.03		x			1	150		1	150	2	300				
S7.04		x			1-2	80		3-4	240	4-6	320				
S7.05		x			1	400	-	-	-	1	400				
S7.06		x			1	250	EP, PUR <sup>4)</sup>	1	250	2	500				
S7.07		x	EP, PUR <sup>5)</sup>	Zn (R)	1	40		3	200	4	240				
S7.08		x			1	40	EP + CR <sup>6)</sup>	2	200	3	240				
S7.09		x			1	40	EP, PUR <sup>4)</sup>	3-4	280	4-5	320				
S7.10		x			1	40	CTV <sup>6)</sup>	3	360	4	400				
S7.11		x			1	40	CTE <sup>6)</sup>	3	360	4	400				
S7.12		x	ES <sup>6)</sup>		1	80	EP, PUR <sup>4)</sup>	2-4	160	3-5	240				
S7.13		x			1	80	EP + CTE <sup>6)</sup>	2	200	3	280				
S7.14		x			1	80	EP, PUR <sup>4)</sup>	2-4	240	3-5	320				
S7.15		x	CTV <sup>6)</sup>	Al <sup>7)</sup>	1	100	CTV <sup>6)</sup>	2	200	3	300				
S7.16		x	CTE <sup>6)</sup>	Misc.	1	100	CTE <sup>6)</sup>	2	200	3	300				
Leganti per lo/gli strato/i di fondo				Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)			
				N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili	
				Mono-componente	Bicomponente							Mono-componente	Bicomponente		
CR = Clorocaucciù				x			CR = Clorocaucciù					x			
EP = Epossidico						x	PVC = Polivinil cloruro					x			
ESI = Silicato di etile				x		x	EP = Epossidico							x	x
PUR = Poliuretano				x			PUR = Poliuretano					x		x	
CTV = Vinil-catrame				x			CTV = Vinil-catrame					x			
CTE = Catrame epossidico						x	CTE = Catrame epossidico							x	
							AY = Acrilico					x			x
1) Per Sa 2 1/2, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1.															
2) Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi.															
3) NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli.															
4) Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico.															
5) È anche possibile lavorare con un NDFT di 80 µm, purché il fondo zincante EP o PUR sia idoneo per questo NDFT. In questo caso il NDFT del sistema completo di verniciatura può essere regolato con gli strati successivi.															
6) Si raccomanda di utilizzare uno degli strati intermedi come strato di collegamento.															
7) Al = Fondo pigmentato con alluminio.															
8) Sono disponibili alternative al catrame.															
9) La prima abbreviazione si riferisce allo strato intermedio e la seconda allo strato di finitura.															
10) Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.															



**Tabella XVI - Sistemi di verniciatura per classi di immersione Im1, Im2 e Im3**

Sistema di verniciatura N°	Gradi di preparazione della superficie <sup>1)</sup>		Strato/i di fondo				Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa (vedere 5.5 e ISO 12944-1)		
	St 2	Sa 2½	Legante <sup>6)</sup>	Tipo di primer <sup>2)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Legante <sup>6)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> µm	Numero di strati	NDFT totale <sup>3)</sup> µm	Bassa	Media	Alta
S8.01		x	EP, PUR	Zn (R)	1	40	EP, PUR	2-4	320	3-5	360			
S8.02		x				1	40	CTPUR <sup>5)</sup>	4	500	5	540		
S8.03		x	EP	Misc.	1	40	CTE <sup>5)</sup>	3	400	4	440			
S8.04		x			1	80	EP, PUR	2	300	3	380			
S8.05		x			1	80	EP <sup>4)</sup>	1	400	2	480			
S8.06		x	EP <sup>4)</sup>		1	800	-	-	-	1	800			
S8.07		x	CTE <sup>5)</sup>		1	120	CTE <sup>5)</sup>	2	240	3	360			
S8.08		x		1	120			3	380	4	500			
S8.09		x				1	500	-	-	-	1	500		
S8.10		x	CTE <sup>4)5)</sup>		1	1 000	-	-	-	1	1 000			
S8.11		x	CTPUR <sup>5)</sup>		1	200	CTPUR <sup>5)</sup>	1	200	2	400			
Leganti per lo/gli strato/i di fondo				Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura					Pitture (liquide)		
				N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili						N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili
				Mono-compo-nente	Bicom-ponente							Mono-compo-nente	Bicom-ponente	
EP = Epossidico					x		EP = Epossidico						x	
PUR = Poliuretano				x			PUR = Poliuretano					x	x	
CTE = Catrame epossidico					x		CTE = Catrame epossidico						x	
CTPUR = Poliuretano catrame				x	x		CTPUR = Poliuretano catrame					x	x	
1) Per Sa 2½, il grado di riferimento è il grado di arrugginimento A, B o C, come definito nella ISO 8501-1. 2) Zn (R) = fondo zincante, vedere 5.2, Misc = Diversi tipi di pigmenti anticorrosivi. 3) NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli. 4) Tipo esente da solventi. 5) Sono disponibili alternative al catrame. 6) Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto.														





**Tabella XVII - Sistemi di verniciatura per classi di corrosività da C2 a C5i e C5m Supporto: Acciaio zincato a caldo**

Sistema di verniciatura N°	Strato/i di fondo			Strato/i di finitura compreso/i lo/gli strato/i intermedio/i			Sistema di verniciatura		Durabilità attesa <sup>2) 6)</sup> (vedere 5.5 e ISO 12944-1)														
	Legante <sup>5)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> μm	Legante <sup>5)</sup>	Numero di strati	NDFT <sup>3)</sup> μm	Numero di strati	NDFT totale <sup>3)</sup> μm	C2			C3			C4			C5-1			C5-M		
									L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
S9.01	PVC	-	-	PVC	1	80	1	80															
S9.02		1	40		1	80	2	120															
S9.03		1	80		1	80	2	160															
S9.04		1	80		2	160	3	240															
S9.05	AY	-	-	AY	1	80	1	80															
S9.06		1	40		1	80	2	120															
S9.07		1	80		1	80	2	160															
S9.08		1	80		2	160	3	240															
S9.09	EP oppure PUR	-	-	EP oppure PUR <sup>4)</sup>	1	80	1	80															
S9.10		1	40		1	80	2	120															
S9.11		1	80		1	80	2	160															
S9.12		1	80		2	160	3	240															
S9.13		1	80		2-3	240	3-4	360															
Leganti per lo/gli strato/i di fondo				Pitture (liquide)			Leganti per lo/gli strato/i di finitura				Pitture (liquide)												
				N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili					N° dei componenti		Prodotti all'acqua possibili										
				Monocomponente	Bicomponente						Monocomponente	Bicomponente											
PVC = Polivinil cloruro				x			PVC = Polivinil cloruro				x												
AY = Acrilico				x			AY = Acrilico				x				x								
EP = Epossidico							EP = Epossidico								x								
PUR = Poliuretano							PUR = Poliuretano				x				x								
<div>1) La preparazione della superficie meccanica o chimica richiesta è descritta nella ISO 12944-4. 2) In questo caso la durabilità è funzione dell'aderenza del sistema di verniciatura alla superficie zincata a caldo. 3) NDFT = Spessore nominale del film secco. Vedere 5.4 per ulteriori dettagli. 4) Se sono richiesti ritenzione di colore e brillantezza, l'ultimo strato dovrebbe essere basato su PUR alifatico. 5) Per la spiegazione delle abbreviazioni vedere in fondo al prospetto. 6) Una casella con ombreggiatura leggera grigia significa che i sistemi di verniciatura interessati non sarebbero generalmente utilizzati per queste classi di corrosività. Non sono elencati nei prospetti A.2 e/o A.3.</div>																							





**Tabella XVIII - Sistemi di verniciatura per le classi di corrosività da C2 a C5-I e C5-M. Supporto: Superfici di acciaio spruzzato a caldo, sherardizzate o zincate elettroliticamente.**

Supporto <sup>1)</sup>	Sigillatura/applicazione dello strato di fondo	Sistema di verniciatura (vedere i prospetti A.2, A.3, A.4, A.6 e A.7)
Acciaio rivestito con metallo spruzzato a caldo	Si raccomanda che la sigillatura o l'applicazione del primo strato del sistema di verniciatura sia eseguito entro 4 h. Se utilizzati, i sigillanti devono essere compatibili con il sistema di verniciatura successivo	C2: S2.11, S2.12, S2.13, S2.14, S2.15, S2.16 C3: S3.11, S3.12, S3.13, S3.14, S3.15, S3.16, S3.17, S3.18, S3.19 C4: S4.06, S4.07, S4.08, S4.09, S4.10, S4.11, S4.12, S4.13, S4.14, S4.15 C5-I: S6.01, S6.02, S6.03, S6.04 C5-M: S7.01, S7.02, S7.03, S7.04, S7.05, S7.06, S7.15, S7.16
Acciaio sherardizzato	Per le piccole parti <sup>2)</sup> non sono necessari pretrattamenti o sigillature	Gli stessi sistemi di verniciatura utilizzati per le parti principali degli elementi costitutivi
Acciaio zincato elettroliticamente		
1) Vedere ISO 12944-4, punto 5. 2) La protezione dalla corrosione mediante sherardizzazione o zincatura elettrolitica è utilizzata principalmente per piccole parti, come viti, dadi, bulloni.		



#### 6.12.4 Prove di laboratorio per la valutazione delle verniciature

Nelle due tabelle seguenti vengono indicate le prove e le durate delle prove rispettivamente per verniciature applicate su substrati di acciaio e per verniciature applicate su acciaio zincato.

**Tabella XIX - Procedimenti di prova per verniciature applicate su acciaio**

Classe di corrosività come definita nella ISO 12944-2	Classe di durabilità	ISO 2812-1 <sup>1)</sup> (resistenza chimica)	ISO 2812-2 (immersione in acqua)	ISO 6270 (condensa di acqua)	ISO 7253 (nebbia salina neutra)
		h	h	h	h
C2	Bassa	-	-	48	-
	Media	-	-	48	-
	Alta	-	-	120	-
C3	Bassa	-	-	48	120
	Media	-	-	120	240
	Alta	-	-	240	480
C4	Bassa	-	-	120	240
	Media	-	-	240	480
	Alta	-	-	480	720
C5-I	Bassa	168	-	240	480
	Media	168	-	480	720
	Alta	168	-	720	1 440
C5-M	Bassa	-	-	240	480
	Media	-	-	480	720
	Alta	-	-	720	1 440
Im1	Bassa	-	-	-	-
	Media	-	2 000	720	-
	Alta	-	3 000	1 440	-
Im2	Bassa	-	-	-	-
	Media	-	2 000	-	720
	Alta	-	3 000	-	1 440
Im3	Bassa	-	-	-	-
	Media	-	2 000	-	720
	Alta	-	3 000	-	1 440

1) Utilizzare il metodo 1 (vedere 5.6 per i prodotti chimici da impiegare). Lo scopo della prova di resistenza chimica non è la valutazione delle proprietà di protezione dalla corrosione, ma della capacità di una verniciatura di resistere ad ambienti altamente industriali. Perciò la durata della prova rimane la stessa qualunque sia la classe di durabilità.  
Per la classe di corrosività C5-I, il procedimento ISO 2812-1 può essere sostituito o integrato con la prova ISO 3231 (10 cicli, 240 h per durabilità "bassa"; 20 cicli, 480 h per durabilità "media"; 30 cicli, 720 h per durabilità "alta").



**Tabella XX - Procedimenti di prova per l'aderenza di verniciature applicate su acciaio zincato**

Classi di corrosività come definite nella ISO 12944-2	Classe di durabilità	ISO 6270 (condensa di acqua) h
C2	Bassa Media Alta	240 240 240
C3	Bassa Media Alta	240 240 240
C4	Bassa Media Alta	240 240 480
C5-I	Bassa Media Alta	240 480 720
C5-M	Bassa Media Alta	240 480 720

#### *I Provini*

##### Substrati di acciaio

I provini devono essere del medesimo tipo di acciaio utilizzato nella pratica. Le dimensioni minime dei provini devono essere 150 mm x 70 mm. Lo spessore dei provini dipende dal tipo di prova, ma deve essere di almeno 2 mm. Se non diversamente concordato, la superficie dei provini deve essere preparata per sabbiatura al grado di preparazione della superficie Sa 2 ½ o Sa 3 come definiti nella ISO 8501-1. La rugosità della superficie (profilo) deve corrispondere al grado "medio (G)", come definito nella ISO 8503-1. Essa può essere controllata utilizzando un campione di comparazione come definito nella ISO 8503-2. Per tutti gli altri aspetti i provini devono essere conformi alla ISO 7384.

##### Substrati di acciaio zincati

I provini devono essere del medesimo tipo di acciaio zincato usato nella pratica. Le dimensioni e lo spessore devono essere quelli definiti per i substrati di acciaio. I metodi idonei per la preparazione della superficie sono descritti nella ISO 12944-4.

##### Campionamento di pitture

Prelevare un campione rappresentativo del prodotto da sottoporre a prova (o di ogni prodotto in caso di verniciatura multistrato), come descritto nella ISO 1512. Esaminare e preparare ogni campione per la prova, come descritto nella ISO 1513.

##### Numero dei provini

Se non diversamente concordato, preparare tre provini per ogni prova.

##### Verniciature

Applicare la pittura sul provino preferibilmente a spruzzo. La pittura deve essere applicata secondo le specifiche del fabbricante. Ogni strato deve essere omogeneo come spessore e aspetto, ed essere esente da gocciolature, colature, zone scoperte, punte di spillo, raggrinzimenti, differenze di brillantezza, schivature, inclusioni di particelle, polvere di spruzzatura e vesciche. Lo spessore della pellicola secca, misurata come descritto nella ISO 2808, non deve essere maggiore del valore specificato più del 20%. Se non diversamente concordato, prima della prova i provini verniciati devono



essere condizionati per tre settimane in atmosfera normale ( $23 \pm 2$ ) °C/( $50 \pm 5$ ) % di umidità relativa, oppure ( $20 \pm 2$ ) °C/( $65 \pm 5$ ) % di umidità relativa, come definito nella ISO 554. Se si deve eseguire la prova di nebbia salina (vedere prospetto Tabella XIX), l'incisione deve attraversare lo strato di pittura fino al substrato (vedere appendice A ISO 12944 -6). Deve essere applicata un'adeguata protezione ai bordi e alla faccia posteriore dei provini.

#### Sistema di riferimento

E' necessario utilizzare come sistema di riferimento una verniciatura che sia stata localmente utilizzata per anni con successo, e il cui comportamento alle prove di laboratorio sia ben conosciuto. Questo sistema deve essere quanto più simile è possibile alla verniciatura da esaminare per composizione e/o natura chimica e spessore.

#### Valutazione delle verniciature

Per ogni classe di corrosività è necessario eseguire le prove indicate in Tabella XIX e Tabella XX, si può accettare che soltanto uno dei tre provini non soddisfi completamente i requisiti specificati nei capitoli 0 e 0.

#### Valutazione prima dell'invecchiamento artificiale

##### **Metodo di valutazione**

ISO 2409

##### **Requisiti**

Classificazione 0 oppure 1

Se lo spessore della pellicola secca della verniciatura è maggiore di 250  $\mu$ m, deve essere effettuata la seguente prova di aderenza invece della prova prevista nella ISO 2409:

ISO 4624

Non ammessa nessuna rottura fino al substrato (A/B) (a meno che i valori di trazione siano 5 MPa o maggiori).

Valutazione dopo l'invecchiamento artificiale per il tempo specificato

##### **Metodi di valutazione**

- ISO 4628-2
- ISO 4628-3
- ISO 4628-4
- ISO 4628-5

##### **Requisiti**

Vescicamento 0 (S0) (valutazione immediata)  
Arrugginimento Ri 0 (valutazione immediata)  
Screpolatura 0 (S0) (valutazione immediata)  
Sfogliamento 0 (S0) (valutazione immediata)

Dopo l'invecchiamento artificiale secondo la ISO 7253 la corrosione del substrato ai due lati dell'incisione non deve essere maggiore di 1 mm quando calcolata usando l'equazione riportata nell'appendice A ISO12944-6.

Qualsiasi difetto presente entro 1 cm dai bordi dei provini non deve essere preso in considerazione.

##### **Metodi di valutazione complementari**

ISO 2409

##### **Requisiti**

Classificazione 0 oppure 1 (valutazione dopo un ricondizionamento di 24 h in conformità a quanto indicato nel capitolo 0 - Verniciature)

Se lo spessore della pellicola secca della verniciatura è maggiore di 250  $\mu$ m, deve essere effettuata la seguente prova di aderenza invece della prova prevista nella ISO 2409:

ISO 4624      Requisito: non ammessa nessuna rottura fino al substrato (A/B) (a meno che i valori di trazione siano 5 MPa o maggiori) (valutazione dopo un ricondizionamento di 24 h in conformità quanto indicato nel capitolo 0 - Verniciature).



#### 6.12.5 Verifica della Verniciatura

Per la verifica della verniciatura si dovrà controllare:

- valutazione visiva di uniformità: colore, potere coprente, e difetti come schivature, raggrinzimenti, crateri, bolle di aria, sfogliamenti, screpolature e colature;
- spessore della pellicola secca: generalmente con un metodo non distruttivo (vedere ISO 2808) [vedere anche punto a) riportato successivamente] o con metodo distruttivo per esempio con lama da taglio;
- adesione: con metodi distruttivi (vedere ISO 2409 oppure ISO 4624);
- porosità: mediante sonda ad alta o a bassa tensione.

Per le misurazioni dello spessore della pellicola secca, le parti devono accordarsi sui punti seguenti:

- il metodo da usare, lo strumento di misura da usare, i dettagli della taratura dello strumento di misura, e come tenere conto dell'influenza sul risultato della rugosità della superficie.
- Il piano di campionamento - come e quante misurazioni devono essere fatte per ogni tipo di superficie.
- Come i risultati devono essere registrati e confrontati con i criteri di accettazione.

Gli spessori della pellicola secca (compreso lo spessore nominale e lo spessore massimo) devono essere controllati ad ogni fase critica, e quando l'intero ciclo è stato applicato. Una fase critica è, per esempio quando vi è un cambio di responsabilità per i lavori di verniciatura o quando passa lungo tempo fra l'applicazione degli strati di fondo e quella degli strati successivi.

Si deve controllare che la verniciatura delle superfici di contatto delle giunzioni assemblate con bulloni autobloccanti, per esempio con bulloni a serraggio controllato ad alta resistenza nelle giunzioni a frizione e i bulloni ad alta resistenza nelle giunzioni soggette ad uno sforzo di taglio, sia conforme agli accordi stipulati in fase di contratto. Se sono necessarie prove distruttive, sono accettabili misurazioni effettuate su di un intaglio ad angolo controllato a mezzo di una lente micrometrica. Strumenti di questo tipo permettono di verificare lo spessore di ogni singolo strato, quello dell'intero ciclo e la sequenza secondo la quale gli strati sono stati applicati. Per le prove di porosità le parti interessate devono concordare lo strumento e il voltaggio di prova. Ogni danneggiamento alla verniciatura deve essere riparato in conformità alla specifica. Vedere ISO 12944-8.

#### 6.12.6 Ciclo di Protezione Strutture Metalliche Tipo A

Il ciclo di protezione delle strutture metalliche tipo A, si riferisce a strutture metalliche zincate a caldo secondo le norme del presente capitolo:

- Sabbatura leggera Sa 2 secondo quanto indicato nel capitolo 9.18.4.1;
- Pittura con primer a base di resine epossipoliamiche, spessore minimo 60  $\mu$ m, per le caratteristiche del primer vedasi capitolo 9.18.8.1;
- Verniciatura a base di resine poliuretaniche spessore minimo 80  $\mu$ m, per le caratteristiche vedasi capitolo 9.18.8.2;

#### 6.12.7 Primer

Caratteristiche del Primer:

- Composizione: A base di resine epossipoliamiche con pigmenti di zinco e titanio;
- Tipo di prodotto: Bicomponente, Base e Reagente, da miscelare al momento dell'impiego;
- Se il primer è zincante il contenuto minimo in massa di zinco in polvere sulla parte non volatile della pittura deve essere  $\geq 80$  % in massa(m/m);
- Spessore minimo 60  $\mu$ m;



#### 6.12.8 Verniciatura

Caratteristiche verniciatura :

- Composizione: A base di resine poliuretaniche alifatiche
- Tipo di prodotto: Bicomponente, Base e Reagente, da miscelare al momento dell'impiego;
- Colore RAL 7031 e RAL 7042;
- Spessore minimo 80  $\mu$ m;
- Classe di corrosività: C3;
- Durabilità richiesta: Alta;
- Sistema di verniciatura ISO 1944-5 n° S9.10 conforme con quanto indicato in Tabella XVII.
- Grado di lucentezza: Opaco.

Per la verifica della lucentezza l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori un campione per l'approvazione, l'accettazione sarà a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

Nota: Se i giunti sono ad attrito le superfici a contatto non vanno verniciate.

#### 6.12.9 Ciclo di Protezione Strutture Metalliche Tipo B

Il ciclo di protezione delle strutture metalliche tipo B, si riferisce a strutture metalliche secondo le norme del presente capitolo:

- Accurata pulizia delle superfici da trattare;
- Sabbiatura ad grado Sa 2 ½
- Applicazione del primer zincante inorganico, per uno spessore di 60  $\mu$ m;
- Applicazione di una mano intermedia con vernice epossidica bicomponente per uno spessore di 60  $\mu$ m;
- Applicazione di finitura con vernice poliuretanica acrilica, per uno spessore di 50  $\mu$ m;
- Classe di corrosività: C3;
- Durabilità richiesta: Alta.

### 6.13 TUBI DI ACCIAIO

#### 6.13.1 Generalità

Per le condizioni tecniche generali di fornitura vale la norma UNI EN 1002. I tubi saranno costituiti da acciaio non legato e dovranno corrispondere alle normative generali di unificazione di seguito riportate:

UNI EN 10216-1- Tubi senza saldatura di acciaio per impianti a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 1. Tubi di acciaio non legato per impieghi a temperatura ambiente.

UNI EN 10217-1 Idem. Tubi saldati.

I tubi dovranno risultare ragionevolmente dritti a vista e presentare sezione circolare entro le tolleranze prescritte; saranno privi di difetti superficiali (interni ed esterni) che possano pregiudicarne l'impiego: è ammessa la loro eliminazione purché lo spessore non scenda sotto il minimo prescritto. Tubi e relativi pezzi speciali dovranno inoltre avere la superficie interna ed esterna protetta con rivestimenti appropriati e specificati in Elenco. In ogni caso, qualunque sia il tipo di rivestimento, questo dovrà risultare omogeneo, continuo, ben aderente ed impermeabile.



### 6.13.1.1 Tubi per condotte

Saranno costituiti da acciaio non legato, classificato secondo EN 10020 e potranno essere senza saldatura o saldati; in tutti i casi dovranno rispondere alle prescrizioni delle seguenti norme di unificazione:

**UNI EN 10224** -Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano. Condizioni tecniche di fornitura.

**UNI EN 10311** -Giunzioni per la connessione di tubi e raccordi di acciaio per il trasporto di acqua ed altri liquidi acquosi.

La designazione dell'acciaio adoperato sarà costituita dal numero della superiore norma o dal numero dell'acciaio in conformità alla EN 10027-1 e al CR 10260 o dal numero dell'acciaio in conformità alla EN 10027-2.

TAB. 36 - Tubi di acciaio per condotte. Caratteristiche meccaniche

QUALITÀ DI ACCIAIO	PROVA DI TRAZIONE			
	Carico unitario di rottura $R_m$ (Mpa)	Carico unitario di snervamento $T \leq 16$ mm $T > 16$ mm $R_e$ (Mpa)		Allungamento long. trasv. %
L 235	360 – 500	235	225	25 23
L 275	430 – 570	275	265	21 19
L 355	500 – 650	355	345	21 19

L'acciaio adoperato dovrà possedere, in rapporto al tipo, le caratteristiche meccaniche riportate nella Tabella 36. Per i diametri esterni e gli spessori ad essi correlati, si farà riferimento alla Tab. 21.

I tubi ed i raccordi dovranno essere privi di difetti superficiali interni ed esterni che possano essere rilevati da un esame visivo; ove presenti, tali difetti dovranno poter essere riparabili, a meno che non incidano negativamente sullo spessore minimo prescritto. Le saldature di tutti i tubi e raccordi dovranno dimostrarsi integre (v. requisiti di cui ai punti 10.4 e 10.5 della norma). I tubi inoltre non dovranno scostarsi dalla rettilineità di più dello 0,2% della lunghezza totale misurata al centro dello spezzone di tubo.

Con riguardo alle tolleranze sui diametri, queste saranno: per i tubi senza saldatura,  $\pm 1\%$  del diametro, con un minimo di  $\pm 0,5$  mm; per i tubi del tipo BW (saldati testa a testa) e del tipo EW (saldati elettricamente),  $\pm 1\%$  del diametro, con un minimo di  $\pm 0,5$  mm (per  $D_e \leq 219,1$  mm) e 0,75% del diametro, con  $D_e > 219,1$  mm; per i tubi saldati ad arco sommerso,  $\pm 0,75\%$  del diametro, con un massimo di  $\pm 6$  mm per diametri fino a 2032 mm compresi.

Tutte le prove e le riprove relative alla verifica dell'idoneità dei tubi dovranno essere eseguite presso lo stabilimento produttore ed in conformità alla UNI EN 10224. Tali prove, che l'Amministrazione appaltante potrà richiedere eseguite in presenza di un proprio rappresentante, saranno:

TAB. 37 - Relazione tra diametro esterno e dimensione nominale (DN)

Diametro esterno mm	DN	Diametro esterno mm	DN
26,9	20	273	250
33,7	25	323,7	300
42,4	32	355,6	350
48,3	40	406,4	400
60,3	50	457	450
76,1	65	508	500
88,9	80	610	600
114,3	100	711	700
139,7	125	813,0	800
168,3	150	914,0	900
219,1	200	1016,0	1000
Per DN > 1000 mm v. l'App. B della UNI EN 10224			

a) - *Prova di tenuta alla pressione idraulica interna (prova idrostatica)*: sarà eseguita ad una pressione di prova di 70 bar ovvero, secondo specifica, in base ad una delle due opzioni previste al punto 10.3.2 della norma; la durata della prova dovrà essere non inferiore a 10 secondi. Ove il controllo sia di tipo elettromagnetico, il riferimento sarà fatto alla norma EN 10246-1.

b) - *Prova di trazione*: sarà eseguita in conformità alla EN 10002-1 con la determinazione dei seguenti parametri: resistenza a trazione  $R_m$ , carico unitario di snervamento superiore  $R_{eH}$  e l'allungamento





percentuale dopo rottura (v. UNI EN 10224, punto 10.2.1).

c) - *Prova di schiacciamento*: sarà eseguita in conformità alla norma EN 10234.

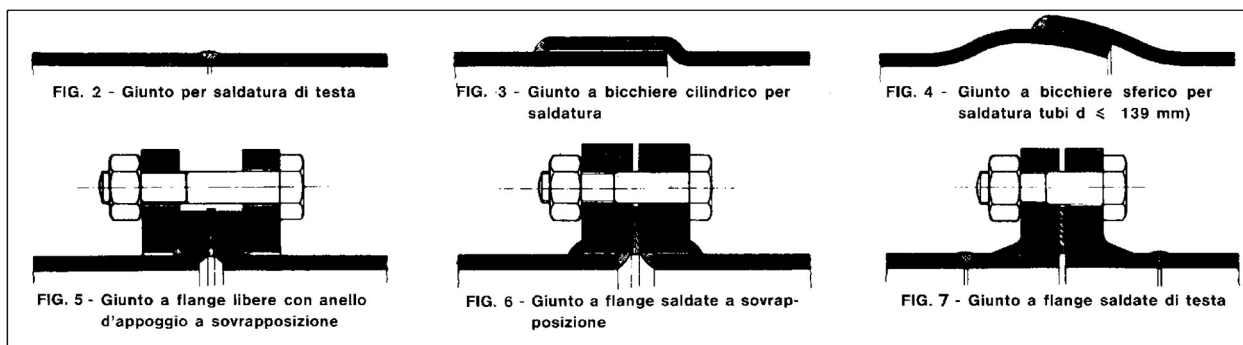
d) - *Controllo non distruttivo delle saldature*: da effettuarsi sull'intera lunghezza delle saldature con metodi ultrasonici, elettromagnetici, radiografici, ecc., sarà eseguito con riferimento alla normativa richiamata al punto 10.4 della norma.

I tubi ed i raccordi potranno essere forniti a nudo o con protezione temporanea di fabbrica o rivestiti internamente ed esternamente secondo prescrizione: i rivestimenti interni potranno essere di malta di cemento, di tipo epossidico, termoplastico o zincato a caldo; quelli esterni di tipo bituminoso (diversamente armato), catramoso, epossidico, polipropilenico o zincato a caldo. Per la relativa normativa si farà riferimento alle EN 10288, 10240, 10289, 10290, 10298, 10310, EN ISO 1461.

Ogni tubo e raccordo dovrà essere marcato in modo leggibile mediante stampigliatura o altro tipo di marcatura indelebile, con le seguenti informazioni: norme o marchio di identificazione del fabbricante; riferimento alla norma; designazione dell'acciaio; sigla (S e W) secondo che sia senza saldatura o saldato. La marcatura del tubo dovrà iniziare non oltre 300 mm da un'estremità.

I giunti saranno, secondo prescrizione, in uno dei tipi previsti dall'Appendice C della norma: a *bicchiere* da saldare (cilindrico o parallelo, conico o sferico), a *collare* da saldare, a *flange* nei vari tipi riportati in figura, a *manicotto scorrevole* (tipo Gibault), ad *innesto rapido con guarnizione* o ancora di tipo *speciale*. Per le guarnizioni sarà fatto riferimento alla norma UNI EN10311.

I tubi ed i relativi pezzi speciali dovranno essere marcati CE in conformità delle disposizioni dell'Appendice ZA della norma UNI EN 10224.





## **Art. 7 CONTROLLI DI QUALITA'**

Al fine di garantire il soddisfacimento dei requisiti di qualità contrattualmente previsti, l'APPALTATORE dovrà emettere uno specifico Piano di Gestione per la Qualità di Commessa, in accordo al proprio Sistema di Gestione per la Qualità (S.G.Q.) e comunque con i contenuti minimi indicati nell'allegato C del D.P.R. 25 gennaio 2000 n° 34. Tale piano, volto a descrivere, tra l'altro, gli elementi di carattere organizzativo e funzionale adottati per lo svolgimento dei lavori in conformità alle prescrizioni contrattuali, dovrà essere trasmesso alla Direzione Lavori del Committente.

- Dovrà altresì predisporre il Piano di Controllo della Qualità (in seguito chiamato PCQ ) per le varie lavorazioni dell'opera e per le diverse fasi di controllo.
- Per le indicazioni sui contenuti dei piani precedenti si rimanda alla parte generale del presente capitolato.

### **7.1 LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEI PIANI DI CONTROLLO DELLA QUALITA'**

Con la presente specifica si forniscono indicazioni inerenti al Controllo della Qualità durante lo svolgimento dei lavori oggetto dell'Appalto, in particolare per la redazione e la gestione dei Piani di Controllo della Qualità dell'Appaltatore, dei suoi Fornitori in opera e dei Subappaltatori, predisposti per il controllo delle attività operative in cantiere e in stabilimento (cfr. ALLEGATO 1).

I Piani di Controllo Qualità devono definire, nel rispetto dei requisiti contrattuali, le fasi di controllo dei lavori di realizzazione delle opere, il tipo, l'estensione, le frequenze e i responsabili dei controlli da eseguire, le specifiche di controllo e i limiti di accettabilità, secondo quanto definito nei documenti progettuali.

Nei PCQ devono essere comprese le modalità di qualifica e/o controllo dei prodotti, parti di opera, componenti, sistemi e parti di impianti assemblati o montati in cantiere.

Le modalità di qualifica devono fare riferimento ai capitolati speciali d'appalto allegati al contratto ed alla normativa di settore applicabile.

La pianificazione dei controlli al montaggio deve essere eseguita per ogni opera tramite specifici PCQ. Nei PCQ devono essere indicati in forma organica, in relazione alle sequenze di fabbricazione e/o costruzione, l'estensione delle attività di ispezione e prova previste nei capitolati speciali d'appalto allegati al contratto ed alla normativa di settore applicabile, richiamandone le modalità esecutive.

I PCQ devono essere completati con le informazioni e la documentazione tecnica necessaria per un'adeguata valutazione ed utilizzazione del piano stesso. In particolare si dovranno almeno indicare:

- i dati d'identificazione: numero, data di emissione, indice di revisione, nome di chi compila e di chi approva il PCQ nell'ambito dell'organizzazione di commessa dell'Appaltatore;
- le opere da realizzare;
- la sequenza delle fasi esecutive e di controllo, con l'indicazione delle rispettive istruzioni tecniche e di controllo e/o della normativa da applicare;
- i riferimenti ai capitolati speciali d'appalto, agli elaborati progettuali o altra documentazione tecnica, a norme o leggi vigenti, ecc.;
- la specifica documentazione da emettere per le ispezioni, prove e controlli;
- i responsabili (Appaltatore, Fornitore in opera, SubAppaltatore) delle varie fasi di controllo;
- i punti di controllo previsti;
- le fasi vincolanti o da segnalare alla Direzione Lavori.

I PCQ sono documenti operativi e come tali devono essere elaborati nella forma più opportuna, per la loro proficua utilizzazione da parte del personale di cantiere. A tale proposito si allega un modulo standard, che l'Appaltatore provvederà ad adeguare alle specifiche esigenze, assicurando i contenuti minimi sopra indicati, in accordo allo standard adottato nel proprio Sistema di Gestione per la Qualità.



L'Appaltatore dovrà assicurare l'uniformità formale dei PCQ eventualmente a carico di Subappaltatori o Fornitori, in particolare è necessario uniformare la legenda con le sigle utilizzate nei diversi documenti, anche allo scopo di identificare prontamente e univocamente i responsabili del controllo delle varie fasi.

Deve essere prevista, per ogni PCQ, una prima fase di controllo preliminare per verificare che materiali, prodotti e componenti da utilizzare siano stati qualificati/controllati, che le macchine e attrezzature siano quelle previste e funzionanti, che i processi e prodotti siano stati qualificati, che la documentazione di progetto esecutiva sia presente, aggiornata e completa almeno per le prime fasi di esecuzione.

Per quanto è relativo alle fasi di controllo intermedie, se queste prevedono delle ispezioni visive e il loro esito è positivo, l'attestazione avviene tramite firma e data dell'incaricato al controllo direttamente sul PCQ.

Per le ispezioni che richiedono misurazioni, l'incaricato del controllo utilizzerà appositi rapporti d'ispezione in cui sono evidenziate le misure rilevate. Se queste sono nei limiti di tolleranza ammessi, e quindi positive, firma lo stesso rapporto e il PCQ nella corrispondente fase d'ispezione, riportando anche i dati d'identificazione del rapporto d'ispezione.

L'ultimo controllo da inserire nei PCQ è quello documentale, in cui il Responsabile del Controllo Qualità di Cantiere verifica la completezza e la regolarità di tutti i documenti richiamati nel PCQ di una specifica opera. Questi documenti costituiscono il dossier del controllo qualità della costruzione.

Un PCQ non si può considerare completato, se non lo sono tutti quelli di livello inferiore che a questo fanno riferimento, con tutte le firme previste.

Il PCQ sarà composto tra l'altro dai seguenti documenti:

- lista dei fornitori qualificati dall'APPALTATORE;
- specifica controllo fornitura per redazione degli ordini di acquisto e la verifica della rispondenza dei materiali forniti ad es. controllo della certificazione di qualità dei materiali);
- piano di controllo dei materiali grezzi (profili laminati, lamiere, bulloni ecc.) con indicazione delle modalità, del numero e dei tipi di prove da effettuarsi;
- piano di controllo dei materiali lavorati;
- WPS di saldatura relativamente ai procedimenti di saldatura da utilizzare, al materiale base, ai materiali d'apporto ecc.;
- piano di controllo delle saldature;
- piano delle fasi costruttive con indicazioni in merito alle procedure da seguire nelle principali fasi di lavorazione e i relativi controlli come ad es. :
  - entrata lamiera in officina;
  - taglio lamiere e cianfrinatura;
  - taglio profili laminati;
  - sabbiatura;
  - saldatura
  - altre lavorazioni (forature, alesature, ecc.);
  - premontaggio in officina;
  - verniciatura;
  - trasporto;
  - montaggio;
  - bullonature (controllo serraggio);
  - varo;
  - prove di carico.



---

#### **ALLEGATO 1 (Allegato all'Art.10 - par.1)**

#### **SCHEDA DI QUALIFICA CON REQUISITI MINIMI FORNITORI OPERE STRUTTURALI IN CARPENTERIA METALLICA**

L'incaricato della qualifica dell'APPALTATORE dovrà accertare che il fornitore per poter fornire i materiali già richiamati al par. 1.3 possieda almeno i requisiti minimi di seguito elencati, emettendo alla fine della qualifica stessa una relazione che, sulla base dei requisiti elencati e di altri parametri che lo stesso può accertare in loco, contenga il suo chiaro giudizio sull'accettabilità del fornitore.

##### **Elenco requisiti minimi**

- possieda una procedura interna di C.Q. nella quale sono definite le attività di controllo normalmente eseguite, le aree funzionali di applicabilità della procedura, i compiti e responsabilità delle varie funzioni direttive ed operative interessate alla procedura, le modalità di qualifica del personale addetto ai controlli;
- possieda apparecchiature adatte ai controlli normalmente eseguiti e le relative procedure di gestione e taratura, o sia normalmente in contatto con laboratori qualificati per l'esecuzione dei controlli che non può eseguire in stabilimento;
- sia dotato di un ufficio tecnico in grado di progettare i manufatti di produzione in accordo alle leggi, norme e buone regole d'ingegneria;
- sia dotato di un ufficio acquisti in grado di garantire l'acquisto di materiali in possesso dei requisiti di qualità richiesti dal progettista e dalle norme;
- sia in possesso di dettagliati cicli di produzione e lavorazione e sia in grado di elaborare i relativi Piani di controllo qualità;
- sia presente nell'organizzazione una funzione di C.Q. in grado di verificare la rispondenza della progettazione e costruzione alle specifiche ed ai piani di Controllo qualità.
- Sia dotato di certificazione ai sensi della norma EN 1090-1 rilasciata da organismo qualificato almeno per la classe di esecuzione EXC3.

#### **SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE**

L'esecuzione dell'opera, in tutti i suoi aspetti contemplati dalla norma, UNI EN 1090-2: 2011: Esecuzione di strutture d'acciaio e di alluminio. Parte 2: requisiti tecnici per strutture di acciaio dovrà essere condotta con riferimento alla classe di esecuzione individuata (EXC1, EXC2, EXC3, EXC4), secondo le indicazioni fornite a partire da UNI EN 1090-2: 2011 Annex B.

In particolare tale scelta è determinata dall'individuazione della classe di affidabilità in conformità alle indicazioni contenute in EN 1990:2002 Annex B § B.3.1, tabella seguente in **CC2**.



Consequences Class	Description	Examples of buildings and civil engineering works
CC3	<b>High</b> consequence for loss of human life, <i>or</i> economic, social or environmental consequences <b>very great</b>	Grandstands, public buildings where consequences of failure are high (e.g. a concert hall)
CC2	<b>Medium</b> consequence for loss of human life, economic, social or environmental consequences <b>considerable</b>	Residential and office buildings, public buildings where consequences of failure are medium (e.g. an office building)
CC1	<b>Low</b> consequence for loss of human life, <i>and</i> economic, social or environmental consequences <b>small or negligible</b>	Agricultural buildings where people do not normally enter (e.g. storage buildings), greenhouses

Categoria di rischio connessa all'uso della struttura determinata in base alla seguente tabella in UNI EN 1090-2: 2011 § B.2.2.2: **SC2**.

Categories	Criteria
<b>SC1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structures and components designed for quasi static actions only (Example: Buildings)</li> <li>Structures and components with their connections designed for seismic actions in regions with low seismic activity and in DCL*</li> <li>Structures and components designed for fatigue actions from cranes (class S<sub>0</sub>)**</li> </ul>
<b>SC2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structures and components designed for fatigue actions according to EN 1993. (Examples: Road and railway bridges, cranes (class S<sub>1</sub> to S<sub>9</sub>)**, structures susceptible to vibrations induced by wind, crowd or rotating machinery)</li> <li>Structures and components with their connections designed for seismic actions in regions with medium or high seismic activity and in DCM* and DCH*</li> </ul>
* DCL, DCM, DCH: ductility classes according to EN 1998-1	
** For classification of fatigue actions from cranes, see EN 1991-3 and EN 13001-1	

Inoltre la categoria di rischio connessa con l'esecuzione della struttura stessa, tabella in UNI EN 1090-2: 2011 § B.2.2.3: **PC1**

Categories	Criteria
<b>PC1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non welded components manufactured from any steel grade products</li> <li>Welded components manufactured from steel grade products below S355</li> </ul>
<b>PC2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welded components manufactured from steel grade products from S355 and above</li> <li>Components essential for structural integrity that are assembled by welding on construction site</li> <li>Components with hot forming manufacturing or receiving thermic treatment during manufacturing</li> <li>Components of CHS lattice girders requiring end profile cuts</li> </ul>



Specifica della classe di esecuzione: **EXC3**

Tabella riportante le principali prescrizioni relative alla scelta della classe di esecuzione.

Clauses	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
4 – Specifications and documentation				
4.2 Constructor's documentation				
<b>4.2.1 Quality documentation</b>	Nr (No requirement)	Yes	Yes	Yes
5 – Constituent products				
5.2 Identification, inspection documents and traceability				
<b>Inspection documents</b>	See Table 1	See Table 1	See Table 1	See Table 1
<b>Traceability</b>	Nr (No requirement)	Yes (partial)	Yes (full)	Yes (full)
<b>Marking</b>	Nr	Yes	Yes	Yes
5.3 Structural steels products				
5.3.2 Thickness tolerances	Class A	Class A	Class A	Class B
5.3.3 Surface conditions	Flat - Class A2 Long – Class C1	Flat - Class A2 Long – Class C1	More stringent conditions if specified	More stringent conditions if specified
5.3.4 Special properties	Nr	Nr	Internal discontinuity quality class S1 for welded cruciform joints	Internal discontinuity quality class S1 for welded cruciform joints
6 – Preparation and assembly				
6.2 Identification	Nr	Nr	Finished components / Inspection certificates	Finished components / Inspection certificates



<b>6.4 Cutting</b>				
6.4.3 Thermal cutting	Free from significant irregularities Hardness according Table 10, if specified	EN ISO 9013 u = range 4 Rz5 = range 4  Hardness according Table 10, if specified	EN ISO 9013 u = range 4 Rz5 = range 4  Hardness according Table 10, if specified	EN ISO 9013 u = range 3 Rz5 = range 3  Hardness according Table 10, if specified
<b>6.5 Shaping</b>				
6.5.3 Flame straightening	Nr	Nr	Suitable procedure to be developed	Suitable procedure to be developed
<b>6.6 Holing</b>				
6.6.3 Execution of holing	Punching	Punching	Punching + reaming	Punching + reaming
6.7 Cut-outs	Nr	Min. radius 5 mm	Min. radius 5 mm	Min. radius 10 mm Punching not permitted
6.9 Assembly	Drifting: Elongation Functional tolerance Class 1	Drifting: Elongation Functional tolerance Class 1	Drifting: Elongation Functional tolerance Class 2	Drifting: Elongation Functional tolerance Class 2
<b>7 – Welding</b>				
7.1 General	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-2
<b>7.4 Qualification of welding procedures and welding personnel</b>				
7.4.1 Qualification of welding procedures	Nr	See Table 12 and Table 13	See Table 12 and Table 13	See Table 12 and Table 13
7.4.2 Qualification of welders and operators	Welders: EN 287-1 Operators: EN 1418	Welders: EN 287-1 Operators: EN 1418	Welders: EN 287-1 Operators: EN 1418	Welders: EN 287-1 Operators: EN 1418
7.4.3 Welding coordination	Nr	Technical knowledge according Tables 14 or 15	Technical knowledge according Tables 14 or 15	Technical knowledge according Tables 14 or 15
7.5.1 Joint preparation	Nr	Nr	Prefabrication primers not allowed	Prefabrication primers not allowed
7.5.6 Temporary attachments	Nr	Nr	Use to be specified Cutting and chipping not permitted	Use to be specified Cutting and chipping not permitted
7.5.7 Tack welds	Nr	Qualified welding procedure	Qualified welding procedure	Qualified welding procedure





7.5.9 Butt welds 7.5.9.1 General	Nr	Run on/run off pieces if specified	Run on/run off pieces	Run on/run off pieces
7.5.9.2 Single side welds			Permanent backing continuous	Permanent backing continuous
7.5.17 Execution of welding			Removal of spatter	Removal of spatter
7.6 Acceptance criteria	EN ISO 5817 Quality level D deleted text	EN ISO 5817 Quality level C generally	EN ISO 5817 Quality level B	EN ISO 5817 Quality level B +
9 – Erection				
9.6 Erection and work at site				
9.6.3 Handling and storage on site	Nr	Documented restoration procedure	Documented restoration procedure	Documented restoration procedure
9.6.5.3 Fit up and alignment	Nr	Nr	Securing shims by welding subject to requirements of 7	Securing shims by welding subject to requirements of 7
12 – Inspection, testing and repair				
12.4.2 Inspection after welding				
12.4.2.2 Scope of inspection	Visual inspection	NDT: See Table 24	NDT: See Table 24	NDT: See Table 24
12.4.2.5 Correction of welds	No WPQ required	According to WPQ	According to WPQ	According to WPQ
12.4.4 Production tests	Nr	Nr	If specified	If specified
12.5.2 Inspection of preloaded bolts connections	Nr	as follows	as follows	as follows



<b>12.5.2.2 Before tightening</b>		Checking the tightening procedure	Checking the tightening procedure	Checking the tightening procedure
<b>12.5.2.3 During and after tightening</b>		2 <sup>nd</sup> tightening step Sequential type A	1 <sup>st</sup> tightening step 2 <sup>nd</sup> tightening step Sequential type A	1 <sup>st</sup> $\overline{A_1}$ tightening $\overline{A_1}$ step 2 <sup>nd</sup> tightening step Sequential type B
<b>12.5.2.4 Torque method</b>		Assembly lot location  2 <sup>nd</sup> tightening step	Assembly lot location Checking tightening procedure (each bolt lot) 2 <sup>nd</sup> tightening step	Assembly lot location Checking tightening procedure (each bolt lot) 2 <sup>nd</sup> tightening step
<b>12.5.2.5 Combined method</b>		Inspection of marking  2 <sup>nd</sup> tightening step	1 <sup>st</sup> tightening step Inspection of marking  2 <sup>nd</sup> tightening step	1 <sup>st</sup> tightening step Inspection of marking  2 <sup>nd</sup> tightening step
<b>12.5.3.1 Inspection, testing and repair of hot rivets</b>	Nr	Ring test Sequential type A	Ring test Sequential type A	Ring test Sequential type B
<b>12.7.3.1 Survey of the geometrical position of connection nodes</b>	Nr	Nr	Record of the survey	Record of the survey

La documentazione di qualità deve essere conforme a quanto specificato in UNI EN 1090-2: 2011 § 4.2.1. Per tutte le classi di esecuzione deve essere redatta la documentazione di ispezione sui prodotti componenti secondo le indicazioni in UNI EN 1090-2: 2011 § 5.2, con le indicazioni di tabella 1.

La tracciabilità dei prodotti componenti è richiesta in modo totale trattandosi di classe EXC3 (a tutti gli stadi e fino all'assemblaggio nella struttura).

La marcatura dei singoli componenti è richiesta differenziata nel caso in cui gli stessi elementi siano presenti con diverse qualità.

I prodotti d'acciaio devono essere soggetti a controllo degli spessori secondo le modalità descritte in UNI EN 1090-2: 2011 § 5.3.2 (e quindi nella EN 10029), con riferimento alla classe A.

La finitura superficiale deve soddisfare i requisiti in UNI EN 1090-2: 2011 § 5.3.3 per le varie tipologie di acciaio. Ulteriori e più restrittive condizioni sono prescrivibili da parte della Direzione Lavori.

L'identificazione degli elementi deve essere possibile in tutte le fasi della produzione. Per le classi di esecuzione EXC3 i componenti finiti dovranno essere anche indicati nei certificati di ispezione. Le modalità di identificazione sono descritte in UNI EN 1090-2: 2011 § 6.2.

L'attitudine al taglio termico degli elementi deve essere conforme a quanto prescritto in EN ISO 9013, con le specifiche per classe di utilizzo indicate in UNI EN 1090-2: 2011 § 6.4.3.



L'attitudine al raddrizzamento mediante fiamma deve essere descritta da un'apposita procedura che deve essere redatta per la trattazione dei punti indicati in UNI EN 1090-2: 2011 § 6.5.3, e preventivamente approvata dalla Direzione Lavori.

Differentemente da quanto stabilito in UNI EN 1090-2: 2011 § 6.6.3, non è ammessa la foratura per punzonamento per le connessioni meccaniche.

Gli smussi (UNI EN 1090-2: 2011 § 6.7) devono essere arrotondati con raggio minimo pari a 5mm, mentre per la classe EXC4 il raggio minimo deve essere pari a 10mm e non è ammessa l'esecuzione per punzonamento.

L'assemblaggio di elementi bullonati (UNI EN 1090-2: 2011 § 6.9) nei casi in cui le forature non siano perfettamente allineate, può avvenire previa alesatura di ovalizzazione dei fori, secondo le modalità riportate in D.2.8 n.6. classe 2.

Nel caso in cui degli elementi subissero un danneggiamento durante le operazioni di scarico, trasporto, stoccaggio o installazione (secondo le modalità in UNI EN 1090-2: 2011 § 9.6), le procedure per la riparazione delle varie tipologie di danno dovranno essere documentate.

Per la classe di esecuzione EXC3 gli eventuali spessori per la correzione di disallineamenti nelle connessioni (UNI EN 1090-2: 2011 § 9.6.5.3) devono essere fissati in modo da prevenirne movimenti accidentali. Per le classi EXC3 e EXC4 il fissaggio mediante saldature deve ottemperare ai requisiti in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.

#### **A.1 Saldature**

Per i metodi di calcolo e di verifica si dovrà fare riferimento alle indicazioni contenute nel DM 14/01/2008.

Per quanto concerne il processo di saldatura si farà pieno riferimento al §11.3.4.5 del DM 14/01/2008 ed a tutte le norme in esso riportate.

L'entità ed il tipo dei controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Gli oneri relativi sono totalmente a carico dell'Appaltatore.

Per quanto concerne i requisiti di qualità del processo di saldatura, in aggiunta a quanto previsto in DM 14/01/2008 dovranno essere ottemperate le indicazioni contenute nella norma UNI EN ISO 3834:2006 (requisiti di qualità per la corretta gestione del processo di fabbricazione mediante saldatura). In particolare:

- EXC3: Parte 2 – Requisiti di qualità estesi

La qualificazione del processo di saldatura deve essere conforme alle indicazioni in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.4.1 table 12 sotto riportata.



**Table 12 — Methods of qualification of welding procedures  
for the processes 111, 114, 12, 13 and 14**

Method of qualification		EXC 2	EXC 3	EXC 4
Welding procedure test	EN ISO 15614-1	X	X	X
Pre-production welding test	EN ISO 15613	X	X	X
Standard welding procedure	EN ISO 15612	X <sup>a</sup>	-	-
Previous welding experience	EN ISO 15611	X <sup>b</sup>	-	-
Tested welding consumables	EN ISO 15610			
X	Permitted			
-	Not permitted			
<sup>a</sup> Only for materials ≤ S 355 and only for manual or partly mechanized welding.				
<sup>b</sup> Only for materials ≤ S 275 and only for manual or partly mechanized welding.				

La qualificazione degli operatori addetti alle saldature deve essere conforme alle EN 287-1 e EN 1418 (UNI EN 1090-2: 2011 § 7.4.2).

Per quanto riguarda il coordinamento dei processi di saldatura, il livello di conoscenza tecnica del personale deve essere conforme a UNI EN 1090-2: 2011 § 7.4.2 table 14 e 15 di seguito riportate.



**Table 14 — Technical knowledge of the coordination personnel  
Structural carbon steels**

EXC	Steels (steel group)	Reference standards	Thickness (mm)		
			$t \leq 25^a$	$25 < t \leq 50^b$	$t > 50$
EXC2	S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C <sup>c</sup>
	S420 to S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C <sup>d</sup>	C
EXC3	S235 to S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 to S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	All	All	C	C	C

<sup>a</sup> Column base plates and endplates  $\leq 50$  mm.  
<sup>b</sup> Column base plates and endplates  $\leq 75$  mm.  
<sup>c</sup> For steels up to and including S275, level S is sufficient.  
<sup>d</sup> For steels N, NL, M and ML, level S is sufficient.

**Table 15 — Technical knowledge of the coordination personnel  
Stainless steels**

EXC	Steels (steel group)	Reference standards	Thickness (mm)		
			$t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	Austenitic (8)	EN 10088-2:2005, Table 3 EN 10088-3:2005, Table 4 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 2	B	S	C
	Austenitic-ferritic (10)	EN 10088-2:2005, Table 4 EN 10088-3:2005, Table 5 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 3	S	C	C
EXC3	Austenitic (8)	EN 10088-2:2005, Table 3 EN 10088-3:2005, Table 4 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 2	S	C	C
	Austenitic-ferritic (10)	EN 10088-2:2005, Table 4 EN 10088-3:2005, Table 5 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 3	C	C	C
EXC4	All	All	C	C	C

Per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4, sulle superfici soggette a saldatura non devono essere presenti trattamenti di verniciatura di alcun genere, nemmeno trattandosi di primer di officina. Questo a meno che le stesse non fossero presenti, con le stesse caratteristiche, sui provini finalizzati a testare le procedure di saldatura.

L'impiego di collegamenti provvisori di ausilio alla saldatura è normato in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.5.6, ed è ammesso per le classi EXC3 e EXC4 solo previa apposita specifica progettuale. Anche in questo caso la rimozione mediante taglio o strappo non è ammessa se non per precisa deroga progettuale, e deve essere seguita da un'ispezione delle parti che ne constati l'esenzione da cricche e altre difettosità del materiale base, conseguenti all'operazione.



Le saldature ausiliarie (di “imbastitura” del collegamento) per le classi EXC2, EXC3 e EXC4 devono comunque essere assoggettate alle procedure di qualità, con le modalità descritte in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.4.6.

Nel caso di saldature testa a testa, per le classi di esecuzione EXC3 e EXC4 alle estremità dei cordoni dovranno essere impiegati elementi di prolungamento ausiliario allo scopo di garantire la realizzazione dell'intero spessore di gola su tutta la lunghezza di progetto. Le specifiche sono date in UNI EN 1090-2: 2011 §. La prescrizione si estende alla classe EXC2 se richiesto.

Nel caso di saldature di testa a completa penetrazione da un solo lato con l'impiego di sottofondo metallico al lato opposto dell'elemento, per classi EXC3 e EXC4 è obbligatorio rendere continua la connessione del materiale di sottofondo mediante ulteriore saldatura a completa penetrazione. Eventuali saldature di imbastitura saranno ricomprese nello spessore di testa a completa penetrazione.

Per le classi EXC3 e EXC4 le eventuali sbavature (UNI EN 1090-2: 2011 § 7.5.17) conseguenti al processo di saldatura dovranno essere rimosse.

In aggiunta a quanto stabilito in DM 14/01/2008 § 11.3.4.5 (... per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2004 e il livello B per strutture soggette a fatica...) i criteri di accettazione delle saldature secondo le classi di esecuzione saranno dati come segue:

- Per EXC3: livello di qualità B con l'aggiunta dei requisiti riportati in UNI EN 1090-2: 2011 § 7.6 table )

## **A.2 Controlli**

La quantità e modalità di esecuzione dei controlli è riportata in UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4. Si riportano nel seguito i principali riferimenti.

Il controllo visivo e dimensionale è obbligatorio sul totale delle saldature eseguite e per tutte le classi di esecuzione. Ulteriori test diagnostici non distruttivi sono specificati per le classi EXC2, EXC3, EXC4 e sono obbligatori qualora il controllo visivo riscontri delle non conformità, secondo le modalità che seguono (si veda la norma per i relativi dettagli e rimandi).

Per i primi 5 giunti appartenenti ad ogni nuova procedura di saldatura presa in considerazione, saranno richiesti i seguenti requisiti per la dimostrazione dell'effettiva capacità della procedura adottata di generare il livello di qualità previsto:

- È richiesto il livello di qualità B della procedura di saldatura come minimo;
- La percentuale di saldature soggette a controllo deve essere doppia rispetto a quanto riportato in (UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4.2.2 table 24);
- La lunghezza di giunto ispezionato deve essere di dimensione opportuna; qualora emergessero delle non conformità deve esserne identificata la causa e un nuovo set di 5 giunti deve essere sottoposto a verifica secondo le stesse modalità. Una volta accertata l'adeguatezza della procedura adottata al raggiungimento dei requisiti di qualità il controllo procede con i requisiti di cui in UNI EN 1090-2:2011 § 12.4.2.2 table 24. Si vedano EN 12062:1997 Annex C, e UNI EN 1090-2:2011 Annex L di seguito riportata.



L'ispezione visiva (rif. UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4.2.3) dovrà essere condotta in accordo a quanto stabilito in EN 970. Per quanto riguarda tutti gli altri metodi non distruttivi (rif. UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4.2.4) i riferimento sono i seguenti:

**Table 24 — Extent of supplementary NDT**

Type of weld	Shop and site welds		
	EXC2	EXC3	EXC4
Transverse butt welds and partial penetration welds in butt joints subjected to tensile stress:  $U \geq 0,5$  $U < 0,5$	10 %  0 %	20 %  10 %	100 %  50 %
Transverse butt welds and partial penetration welds:  in cruciform joints  in T joints	10 %  5 %	20 %  10 %	100 %  50 %
Transverse fillet welds in tension or shear:  With $a > 12$ mm or $t > 20$ mm  With $a \leq 12$ mm and $t \leq 20$ mm	5 %  0 %	10 %  5 %	20 %  10 %
<b>A1</b> Full penetration longitudinal welds between web and top flange of crane girders	10 %	20 %	100 %
Other longitudinal welds and welds to stiffeners	0 %	5 %	10 % <b>A1</b>
NOTE 1 Longitudinal welds are those made parallel to the component axis. All the others are considered as transverse welds.			
NOTE 2 $U$ = Utilization grade for welds for quasi-static actions. $U = E_d/R_d$ , where $E_d$ is the largest action effect of the weld and $R_d$ is the resistance of the weld in the ultimate limit state.			
NOTE 3 Terms $a$ and $t$ refer respectively to the throat thickness and the thickest material being joined.			

- Test di penetrazione secondo EN 571-1;
- Test con particolato magnetico secondo EN 1920;
- Test ultrasonici secondo EN 1714, EN 1713;
- Test radiografici secondo EN 1435.





Fermo restando quanto disposto dal DM 14/01/2008 §11, da UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4 circa la difettologia ed i limiti di accettabilità dei difetti, su richiesta della D.L., si applicheranno in aggiunta le seguenti prescrizioni:

- esame radiografico al 100% dei giunti di testa;
- esame ultrasonoro al 100% dei giunti a T a piena penetrazione;
- 5% di controllo con liquidi penetranti;

Si precisa inoltre che:

- tutte le saldature sottoposte a collaudo dovranno essere punzonate da parte del suddetto Istituto e il punzone apposto dovrà essere protetto in maniera da essere sempre visibile fino all'accettazione definitiva.

In base a quanto effettuato, l'Istituto rilascerà al Costruttore un certificato di conformità delle saldature ai requisiti stabiliti; detto certificato dovrà essere presentato alla Direzione Lavori del Committente prima dell'accettazione delle strutture premontate in officina.

Per quanto riguarda gli interventi indicati, l'APPALTATORE dovrà comunicare, con almeno 10 giorni di anticipo, al predetto Istituto e alla Direzione Lavori del Committente, le date in cui, volta per volta, possono essere eseguiti i controlli.

L'Istituto effettuerà entro 10 giorni le ispezioni, dandone comunicazione alla Direzione Lavori del Committente la quale si riserva di presenziare o meno ai controlli.

Di ogni controllo effettuato, sarà redatto, da parte dell'Istituto, apposito verbale in contraddittorio con l'APPALTATORE e con i rappresentanti della Direzione Lavori del Committente, se presenti.

In tale verbale dovrà essere opportunamente evidenziato:

- il tipo di saldatura controllata e relative caratteristiche con l'indicazione dei parametri di saldatura adottati;
- il tipo di controllo effettuato;
- la percentuale degli elementi saldati sottoposti a collaudo;
- le strumentazioni adottate, tipo e marca degli eventuali apparecchi;
- i parametri con i quali sono stati eseguiti i vari controlli radiografici, ultrasonori e magnetici;
- la rappresentazione grafica delle eventuali durezze accertate sui talloni;
- l'elenco dettagliato della difettologia riscontrata;
- l'elenco dettagliato delle riparazioni prescritte. (Le zone dovranno essere marcate con vernice gialla per la loro individuazione all'atto dell'accettazione delle strutture premontate).

### **A.3 Correzioni**

Per le classi di esecuzione EXC2, EXC3, EXC4 le riparazioni con nuova saldatura saranno realizzate secondo procedure di saldatura qualificate. Per le saldature oggetto di correzione saranno applicati nuovamente gli stessi requisiti di controllo e qualità (UNI EN 1090-2: 2011 § 12.4.2.5).

### **A.4 Bullonature**

### **Generalità**



I bulloni di regola dovranno essere montati in opera con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) ed una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado). È ammesso l'impiego di rosette aggiuntive nei termini e con le modalità stabilite in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.2.4.

Su una stessa struttura potranno essere adottati bulloni di tipologie diverse, a taglio o ad attrito, ma in tal caso:

- dovranno essere identificabili a vista;
- dovranno essere chiaramente indicate nei disegni di progetto e d'officina le diverse lavorazioni imposte per i fori e le relative tolleranze massime.

### ***Giunzioni con bulloni a taglio***

Tutti i bulloni dovranno essere adeguatamente serrati, secondo le modalità riportate in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.3. Alternativamente (opzione a discrezione della D.L. o precisa indicazione progettuale) quando il precarico non è esplicitamente considerato per la resistenza ad attrito, ma è richiesto ai fini della esecuzione o come requisito di qualità, il livello di precarico, da applicare, è lo stesso di quello previsto ai fini della resistenza ad attrito.

### ***Controllo dell'installazione e del serraggio***

Il controllo deve avvenire secondo le modalità in UNI EN 1090-2: 2011 § 12.5.1, e i criteri di accettazione sono quelli stabiliti in UNI EN 1090-2: 2011 § 8.3.

### ***Tolleranze dimensionali***

I requisiti di ammissibilità dei prodotti, con riferimento alle tolleranze dimensionali, sono indicati in UNI EN 1090-2: 2011 Annex D.

### ***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 dei lavori una 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 1086/71.



---

## **Art. 8 LEGNAMI**

### **8.1 GENERALITÀ**

#### *8.1.1 Nomenclatura e misurazione*

Per la nomenclatura delle specie legnose, sia di produzione nazionale che d'importazione, si farà riferimento alle norme UNI 2853 e 2854; per la nomenclatura convenzionale degli assortimenti alla UNI 3517; per la nomenclatura dei difetti, la classifica e la misurazione alle UNI ISO 1029, UNI EN 1310, UNI EN 844 (3-9) ed UNI EN 975-1.

#### *8.1.2 Requisiti in generale*

I legnami da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui al D.M. 30 ottobre 1912; saranno provvisti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso cui sono destinati. Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte affinché le fibre non riescano tagliate dalla segatura e non si ritirino nelle connessioni. I legnami rotondi dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie recidendone i nodi a seconda di essa; la differenza fra i diametri delle estremità non dovrà oltrepassare i 15/1000 della loro lunghezza, né il quarto del maggiore dei due diametri. Nei legnami grossamente squadriati od a spigolo smussato l'alburno dovrà essere in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

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

### **8.2 LEGNAMI DA CARPENTERIA DEFINITIVA**

Dovranno presentare carico di rottura a compressione normalmente alle fibre non inferiore a 30 MPa e carico di rottura a trazione parallelamente alle fibre non inferiore a 70 MPa.



## **Art. 9 MATERIALI PER PAVIMENTAZIONI**

### **9.1 GENERALITÀ**

I materiali per pavimentazione ed in particolare piastrelle di argilla, mattonelle e marmette di cemento, mattonelle greificate, lastre e quadrelle di marmo, mattonelle d'asfalto, oltre a possedere le caratteristiche riportate negli articoli relativi alle corrispondenti categorie di materiale, dovranno rispondere anche alle norme di accettazione di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2234.

Le prove da eseguire per accertare la bontà dei materiali da pavimentazione, in lastre o piastrelle, saranno almeno quelle di resistenza alla rottura per urto e per flessione, all'usura per attrito radente o per getto di sabbia, la prova di gelività e, per i materiali cementati a caldo, anche la prova d'impronta. Per la terminologia e la classificazione dei pavimenti lapidei si farà riferimento alla UNI 9379.

### **9.2 MATTONELLE, MARMETTE E PIETRINI DI CEMENTO**

#### *9.2.1 Norme generali*

Le mattonelle, le marmette ed i pietrini di cemento dovranno essere conformi, per dimensioni e caratteristiche, alle norme UNI da 2623 a 2629. Dovranno altresì risultare di ottima fabbricazione, di idonea compressione meccanica e di stagionatura non inferiore a tre mesi. Saranno ben calibrati, a bordi sani e piani e non dovranno presentare carie, né peli, né segni di distacco tra sottofondo e strato superiore. La colorazione del cemento dovrà essere fatta con colori adatti, amalgamati ed uniformi.

#### *9.2.2 Mattonelle di cemento*

Di spessore complessivo non inferiore a 18 mm, avranno uno strato superficiale di assoluto cemento colorato di spessore costante non inferiore a 5 mm.

#### *9.2.3 Pietrini di cemento*

Potranno avere forma quadrata (25 □ 25) e rettangolare (20 □ 10 e 30 □ 15). Nel formato minore (20 □ 10) avranno spessore complessivo non inferiore a 15 mm costituito da due strati dei quali il superiore, di assoluto cemento puro, colorato o meno, di spessore non inferiore a 5 mm; negli altri due formati avranno spessore complessivo non inferiore a 15 mm per usi pedonali ed a 18 mm per impieghi carrabili. La superficie superiore dei pietrini potrà essere richiesta liscia, bocciardata, bugnata (25 o 100 bugne), scanalata o ad impronte varie. Tolleranza sulle dimensioni dei lati: + 0,5/-1 mm.

### **9.3 MATTONELLE D'ASFALTO**

Composte di polvere d'asfalto naturale arricchita di bitume (puro ed in percentuale dell'11%), di fibrette di armatura e pigmenti naturali, compresse in forme a 250 ÷ 300 atm e riscaldate a 150 °C, dovranno avere forme perfettamente regolari, spigoli vivi, massa volumica non inferiore a 2000 kg/m<sup>3</sup> e resistenza all'impronta di 0,5 ÷ 0,6 mm.



## **Art. 10 PRODOTTI VERNICIANTI – PITTURE – VERNICI – SMALTI**

### **10.1 GENERALITÀ**

Tutti i prodotti in argomento dovranno essere forniti in cantiere in recipienti originali sigillati, di marca qualificata, recanti il nome della Ditta produttrice, il tipo e la qualità del prodotto, le modalità di conservazione e di uso, e l'eventuale data di scadenza. I recipienti, da aprire solo al momento dell'impiego in presenza di un assistente della Direzione, non dovranno presentare materiali con pigmenti irreversibilmente sedimentati, galleggianti non disperdibili, peli, addensamenti, gelatinizzazioni o degradazioni di qualunque genere.

Salvo diversa prescrizione, tutti i prodotti dovranno risultare pronti all'uso, non essendo consentita alcuna diluizione con solventi o diluenti, tranne che nei casi previsti dalle Ditte produttrici e con i prodotti e nei rapporti dalle stesse indicati. Risulta di conseguenza assolutamente vietato preparare pitture e vernici in cantiere, salvo le deroghe di cui alle norme di esecuzione.

Per quanto riguarda proprietà e metodi di prova dei materiali si farà riferimento alle norme di classifica UNI I.C.S. 87 (pitture, vernici, smalti) ed alle norme UNICHIM. In ogni caso saranno presi in considerazione solo prodotti di ottima qualità, di idonee e costanti caratteristiche per i quali potrà peraltro venire richiesto che siano corredati del "Marchio di Qualità Controllata" rilasciato dall'Istituto Italiano del Colore (I.I.C.).

### **10.2 PRODOTTI PER TINTEGGIATURA – IDROPITTURE**

Caratterizzate dal fatto di avere l'acqua come elemento solvente e/o diluente, le pitture in argomento verranno suddivise, per le norme del presente Disciplinare Tecnico, in due classi, di cui la prima comprenderà le pitture con legante disciolto in acqua (pitture con legante a base di colla, cemento, ecc.) e la seconda le pitture con legante disperso in emulsione (lattice) fra cui, le più comuni, quelle di copolimeri butadiene-stirene, di acetato di polivinile e di resine acriliche.

Per le pitture di che trattasi, o più in particolare per le idropitture, oltre alle prove contemplate nelle UNI potranno venire richieste delle prove aggiuntive di qualificazione, da eseguire con le modalità o nei tipi diversamente prescritti dalla Direzione Lavori.

#### **10.2.1 Latte di calce**

Sarà preparato con perfetta diluizione in acqua di grassello di calce grassa con non meno di sei mesi di stagionatura; la calce dovrà essere perfettamente spenta. Non sarà ammesso l'impiego di calce idrata.

#### **10.2.2 Idropitture a base di cemento**

Saranno preparate a base di cemento bianco, con l'incorporamento di pigmenti bianchi o colorati in misura non superiore al 10%. La preparazione della miscela dovrà essere effettuata secondo le prescrizioni della Ditta produttrice e sempre nei quantitativi utilizzabili entro 30 minuti dalla preparazione stessa.

#### **10.2.3 Idropitture a base di silicati**

Dette anche "pitture minerali", saranno ottenute sospendendo in una soluzione di vetro solubile (legante di silicato di potassio) polveri di caolino, talco e pigmenti vari. Verranno fornite in prodotto preconfezionato e saranno accompagnate da documento di qualificazione.

Le idropitture ai silicati dovranno possedere elevata permeabilità al vapore acqueo e non dovranno venire applicate su pitture preesistenti a base di leganti filmogeni.



#### 10.2.4 Idropitture a base di resine sintetiche

Ottenute con l'uso di veicoli leganti quali l'acetato di polivinile e la resina acrilica (emulsioni, dispersioni, copolimeri), saranno distinte in base all'impiego come di seguito:

14 - *Idropittura per interno*: Avrà massa volumica non superiore a  $1,50 \text{ kg/dm}^3$ , tempo di essiccazione

massimo di 8 ore, assenza di odori. Alla prova di lavabilità l'idropittura non dovrà presentare distacchi o rammollimenti, né alterazioni di colore; inoltre dovrà superare positivamente le prove di adesività e di resistenza alla luce per una esposizione alla lampada ad arco non inferiore a 6 ore.

15 - *Idropittura per esterno*: In aggiunta alle caratteristiche riportate alla lett. a), dovrà risultare particolarmente resistente agli alcali ed alle muffe, all'acqua ed agli agenti atmosferici e dovrà presentare facilità d'impiego e limitata sedimentazione. A distanza di 28 gg. dall'applicazione, poi, risulterà di colorazione uniforme, priva di macchie e perfettamente lavabile anche con detersivi forti.

### 10.3 PITTURE

Ai fini della presente normativa verranno definiti come tali tutti i prodotti verniciati non classificabili tra le idropitture di cui al precedente punto 50.1 né tra le vernici trasparenti e gli smalti.

Di norma saranno costituite da un *legante* da un *solvente* (ed eventuale diluente per regolarne la consistenza) e da un *pigmento* (corpo opacizzante e colorante); il complesso legante + solvente, costituente la fase continua liquida della pittura, verrà definito, con termine già in precedenza adoperato, *veicolo*. Con riguardo alla normativa si farà riferimento, oltre che alle UNI, anche alle UNICHIM di argomento 53/57 (Prodotti vernicianti - Metodi generali di prova).

#### 10.3.1 Pitture a olio

Pitture essiccanti per ossidazione, nelle quali cioè la polimerizzazione avviene per forte assorbimento di ossigeno atmosferico con l'aggiunta di opportuni siccativi innestati in dosi adeguate, dovranno risultare composte da non meno del 60% di pigmento e da non oltre il 40% di veicolo.

#### 10.3.2 Pitture oleosintetiche

Composte da olio e resine sintetiche (alchidiche, gliceroftaliche), con appropriate proporzioni di pigmenti, veicoli e sostanze coloranti, le pitture in argomento presenteranno massa volumica di  $1 \div 1,50 \text{ kg/dm}^3$ , adesività 0%, durezza 24 Sward Rocker, essiccazione fuori polvere (f.p.) di  $4 \div 6$  ore, residuo secco min. del 55%, brillantezza non inferiore a 80 Gloss.

Le pitture saranno fornite con vasta gamma di colori in confezioni sigillate di marca qualificata.

- *Pitture antiruggine e anticorrosive*

Saranno rapportate al tipo di materiale da proteggere, al grado di protezione, alle modalità d'impiego, al tipo di finitura nonché alle condizioni ambientali nelle quali dovranno esplicare la loro azione protettiva. Si richiamano le norme:

- |                   |  |
|-------------------|--|
| <b>UNI 9863 -</b> | Prodotti vernicianti. Pitture antiruggine su supporto di acciaio per ambiente urbano o rurale con essiccamento e/o reticolazione a temperatura ambiente. Requisiti per la caratterizzazione e l'identificazione. |
| <b>UNI 9864 -</b> | Idem per ambiente marino od industriale. Requisiti per la caratterizzazione e l'identificazione.   |
| <b>UNI 9865 -</b> | Idem per ambiente misto.   |
| <b>UNI 9866 -</b> | Prodotti vernicianti. Pitture di fondo. Zincati organici ad alto contenuto di zinco  |



metallico.

Requisiti per la caratterizzazione e l'identificazione.

**UNI 9867** - Idem per zincati inorganici.

**UNI 9868** - Prodotti vernicianti. Pitture di finitura su supporto di acciaio per ogni tipo di ambiente con essiccamento e/o reticolazione a temperatura ambiente. Requisiti per la caratterizzazione e l'identificazione.

In ogni caso, e con riguardo alle pitture antiruggine di più comune impiego, si prescrive:

– *Antiruggine a olio al minio di piombo*: Dovrà corrispondere alle caratteristiche di cui al punto 4.1. del Manuale UNICHIM 43 e dare, in prova, i seguenti risultati: densità 2,80 ÷ 3,40, finezza di macinazione 20

÷ 40 micron, essiccazione f.p. max. 6 ore, essiccazione max. 72 ore.

– *Antiruggine oleosintetica al minio di piombo*: Dovrà corrispondere alle caratteristiche di cui al punto 4.2. del Manuale UNICHIM 43 e dare, in prova, i seguenti risultati: densità 2,10 ÷ 2,40, finezza di macinazione 30 ÷ 40 micron, essiccazione all'aria max. 16 ore.

– *Antiruggine al cromato di piombo*: Dovrà corrispondere alle caratteristiche di cui al punto 4.3. del Manuale UNICHIM 43 e dare, in prova, i seguenti risultati: densità 1,50 ÷ 1,80, finezza di macinazione 20 ÷ 40 micron, essiccazione all'aria max. 16 ore.

– *Anticorrosiva al cromato di zinco*: Dovrà corrispondere alle caratteristiche di cui al punto 4.4. del Manuale UNICHIM 43 e dare, in prova i seguenti risultati: densità 1,35 ÷ 1,48, finezza di macinazione 30

÷ 40 micron, essiccazione all'aria max. 16 ore.

–

*Anticorrosive al catrame e speciali*: Dovranno possedere caratteristiche medie di composizione e fisico-meccaniche rientranti nei limiti di cui alla Tabella 41. Dovranno inoltre presentare resistenza alle corrosioni chimiche correlate alle condizioni di impiego e comunque non inferiore alle specifiche particolari richieste.

Le prove termiche, nonché quelle di durezza, di imbutitura e di impermeabilità, verranno eseguite su

rivestimento di 100 micron applicato a lamierini di acciaio dolcissimo conformemente alle norme UNI; quelle di corrosione, su rivestimento di 400 micron; quelle di urto, su

rivestimento di 200 micron applicato su provino di calcestruzzo. Al termine delle prove, i rivestimenti non dovranno presentare spaccature, sfogliature, vescicature, distacchi o alterazioni di sorta.

Per i rivestimenti delle superfici zincate, non dovranno in alcun modo venire impiegati pigmenti al minio o cromato di piombo, risultando questi catodici rispetto allo zinco.

L'eventuale alterazione di colore del rivestimento non sarà comunque considerata motivo di inidoneità.

**TAB. 41 - Pitture anticorrosive al catrame e speciali. Limiti percentuali di composizione e resistenza alle sollecitazioni fisico-meccaniche**

COMPONENTI ---	PITTURE ANTICORROSIVE								
	Catramose	Catramose Epossidiche	Epossidiche	Catramose Fenoliche	Fenoliche	Poliesteri	Poliuretatiche	Viniliche	Epossiviniliche
Pece di catrame	40/60	15/30	..	15/20	..	..	..	..	..
Resina	..	15/30	25/40	20/30	30/40	40/50	30/45	15/30	25/30
Solvente (max.)	40	30	15	15	10	20	30	65	20
Carica e pigmento (max.)	30	40	60	50	60	40	40	20	55
Limiti sulla composizione delle Ceneri: silicati min. 30% carbonati max. 20%, solfati max. 20%									
Resistenza alla temperatura in immersione (°C)	+ 45	+60	+90	+60	+90	+90	+100	+60	+60
Salto termico a caldo (°C)	70	90	120	90	120	120	130	90	90
Durezza min. Sward-Rocher	4	15	20	15	25	30	20	10	10
Imbutitura	4	4	4	2	2	2	3	3	3





#### **10.4 VERNICI**

Saranno perfettamente trasparenti e derivate da resine o gomme naturali di piante esotiche (flatting grasse e fini) o da resine sintetiche, escludendosi in ogni caso l'impiego di gomme prodotte da distillazione. Dovranno formare una pellicola dura ed elastica, di brillantezza cristallina e resistere all'azione degli olii lubrificanti e della benzina. In termini quantitativi presenteranno adesività 0%, durezza 24 Sward Rocker, essiccazione f.p. 4 ÷ 6 ore, resistenza all'imbutitura per deformazioni fino ad 8 mm.

Le vernici sintetiche e quelle speciali (acriliche, cloroviniliche, epossidiche, catalizzate poliesteri, poliuretaniche, al clorocaucciù, ecc.) saranno approvvigionate nelle loro confezioni sigillate e corrisponderanno perfettamente alle caratteristiche d'impiego e di qualità richieste. Caratteristiche comuni saranno comunque l'ottima adesività, l'uniforme applicabilità, l'assoluta assenza di grumi, la rapidità d'essiccazione, la resistenza all'abrasione ed alle macchie nonché l'inalterabilità all'acqua ed agli agenti atmosferici in generale.

#### **10.5 SMALTI**

Nel tipo grasso avranno come leganti le resine naturali e come pigmenti diossido di titanio, cariche inerti ed ossido di zinco. Nel tipo sintetico avranno come componenti principali le resine sintetiche (nelle loro svariate formulazioni: alchidiche, maleiche, fenoliche, epossidiche, poliesteri, poliuretaniche, siliconiche, ecc.) ed il bianco titanio rutilo e, come componenti secondari pigmenti aggiuntivi (cariche) ed additivi vari (dilatanti, antipelle, anti-impolmonimento, anticolanti, ecc.).

Gli smalti sintetici, prodotti di norma nei tipi *per interno* e *per esterno*, presentano adesività 0%, durezza 26 Sward Rocker, finezza di macinazione inferiore a 12 micron, massa volumica  $1,10 \pm 20\%$  kg/dm<sup>3</sup>, resistenza all'imbutitura per deformazione fino ad 8 mm. Gli smalti presenteranno altresì ottimo potere coprente, perfetto stendimento, brillantezza adeguata (per i lucidi non inferiore a 90 Gloss, per i satinati non superiore a 50 Gloss), nonché resistenza agli urti, alle macchie, all'azione dell'acqua, della luce, degli agenti atmosferici e decoloranti in genere.

Anche gli smalti, come le vernici, saranno approvvigionati in confezioni sigillate, con colori di vasta campionatura. Per i metodi di prova si rimanda alle precedenti elencazioni.



## Art. 11 PRODOTTI DI CEMENTO E AGGREGATI GRANULARI

### 11.1 GENERALITÀ

I prodotti di cemento dovranno essere confezionati con conglomerato vibrocompresso o centrifugato ad alto dosaggio di cemento (del tipo prescritto), con inerti di granulometria adeguata ai manufatti e di qualità rispondente ai vigenti requisiti generali di accettabilità. Dovranno avere spessore proporzionato alle condizioni di impiego, superfici lisce e regolari, dimensioni ben calibrate, assoluta mancanza di difetti e/o danni.

Per i tubi di cemento armato in pressione la qualità dei materiali dovrà essere particolarmente rapportata alle condizioni di posa: verranno pertanto usati cementi resistenti ai solfati ove il contenuto totale di solfati solubili dovesse superare nel terreno i 3000 mg/kg di terreno o i 600 mg/kg di acqua di sottosuolo e comunque per terreni impregnati di acqua di mare. In questo caso dovranno essere prese ulteriori precauzioni nei riguardi dei cloruri solubili, se presenti in quantità superiore a 500 mg/kg di terreno o di acqua di sottosuolo. Ancora, dovrà tenersi in considerazione l'eventuale presenza di acido carbonico (che dissolve la calce), se in quantità superiore a 60 mg/l di acqua di sottosuolo. In ogni caso il contenuto massimo ammissibile di cloruri nel calcestruzzo dovrà essere, in percentuale del peso di cemento: 0,4% per i tubi di calcestruzzo armato e 0,2% per i tubi di calcestruzzo precompresso. La resistenza minima a 28 giorni, in entrambi i casi, dovrà essere di 35 MPa (N/mm<sup>2</sup>). Vale la norma:

**UNI EN 639** - Prescrizioni comuni per tubi in pressione di calcestruzzo, inclusi giunti e pezzi speciali.

### 11.2 TUBI

#### 11.2.1 Tubi di cemento semplice

Sono così definiti i tubi in conglomerato cementizio i quali o sono privi di armatura metallica, ovvero la incorporano unicamente per necessità di trasporto e posa, con esclusione di qualunque altra funzione statica nelle condizioni d'uso.

Saranno confezionati con impasto dosato a  $350 \div 400$  kg/m<sup>3</sup> di cemento, vibrocompresso o centrifugato, e dovranno presentare sezione perfettamente circolare (od ovale, nella sagoma prescritta), generatrice dritta, spessore uniforme (o come da sagoma), elevata resistenza flessionale e, in frattura, grana omogenea, compatta e resistente. Dovranno rispondere inoltre, per i diametri superiori a 250 mm, alla seguente norma:

**UNI 9534** - Tubi di calcestruzzo non armato per fognature a sezione interna circolare, senza piede di appoggio.

I tubi UNI 9534 potranno essere con giunto a banchiera o con giunto a mezzo spessore (ad incastro) con lunghezza nominale non inferiore a due metri. Lo spessore minimo, salvo diversa specifica, sarà conforme ai valori riportati nella tabella a fianco. Per giunto ad incastro, lo spessore dovrà comunque non scendere sotto il valore di 120 mm.

Le prove che potranno venire richieste per l'accettazione saranno quelle di controllo geometrico delle dimensioni, di tenuta per pressione idraulica interna, di impermeabilità e di schiacciamento trasversale.

Per le prime, il diametro interno non potrà scostarsi dal valore nominale di oltre  $(3 + 0,004 \text{ DN})$  mm, mentre la lunghezza non potrà scostarsi da LN di oltre 10 mm. Per la seconda i tubi, mantenuti per almeno 15 minuti alla pressione di 10 m di colonna di acqua, non dovranno presentare perdite né gocciolamenti. Per la terza, da eseguirsi come al punto 10.2 della UNI citata, l'assorbimento d'acqua

TAB. 43 - Tubi di cemento semplice.  
Diametri nominali e classi

DN	CLASSI		
	1 <sup>a</sup> (60 kN/m <sup>2</sup> )	2 <sup>a</sup> (100 kN/m <sup>2</sup> )	3 <sup>a</sup> (150 kN/m <sup>2</sup> )
	Spessore nominale (minimo) mm		
300	50	50	50
400	50	50	55
500	50	55	65
600	60	65	80
700	70	75	95
800	80	90	110
1000		115	140
1200		140	170
1400		165	205
1500		180	220



non dovrà superare  $0,30 \text{ l/m}^2$  per DN inferiori a 1000 e  $0,20 \text{ l/m}^2$  per DN uguali o superiori a 1000. Per la quarta, da eseguirsi come al punto 10.3 della stessa UNI, il carico di rottura, in rapporto alla classe, non dovrà risultare inferiore ai valori riportati nel Prosp. I della UNI 9534.

#### 11.2.2 Tubi di cemento armato ordinario

Dovranno essere fabbricati da ditta specializzata, in apposito stabilimento e con idonee apparecchiature. Saranno calcolati, armati ed eseguiti secondo le norme valide per il conglomerato cementizio armato ed inoltre avranno: caratteristiche di qualità e di lavorazione uniformi, superfici interne perfettamente lisce, estremità piene ed a spigoli vivi, fronti perpendicolari all'asse. Non saranno ammessi tubi con danneggiamenti o imperfezioni che possano diminuirne l'impermeabilità, la resistenza meccanica e, in generale, le possibilità di impiego e la durabilità.

La lunghezza dei tubi senza piede sarà di almeno 2,00 m; quella dei tubi con piede di norma 1,00 m. La tolleranza sarà come al precedente punto 16.1.1. Le generatrici potranno scostarsi dalla rettilineità non oltre 3 mm per i tubi con diametro fino a 600 mm e non oltre 5 mm per i tubi con diametro superiore.

Per i tubi in pressione il diametro interno, lo spessore della parete, la lunghezza interna della canna e le caratteristiche geometriche del giunto saranno conformi alle specifiche di progetto e/o alla documentazione di fabbrica. Qualora le specifiche di progetto differissero dalle caratteristiche di produzione standard, tali caratteristiche dovranno essere adeguate tenendo conto in particolar modo dei seguenti dati: pressione e pressione massima di progetto; carichi esterni e condizioni di posa in opera; caratteristiche chimico-fisiche del fluido trasportato; dati sul terreno; condizioni di appoggio. I diametri nominali (da DN/ID 200 a DN/ID 4000) saranno conformi al prospetto 1 della UNI EN 639 con tolleranza come da Prospetto 2 della stessa norma. Sulla lunghezza interna sarà ammessa una tolleranza di  $\pm 10 \text{ mm}$  (per elementi diritti); in ogni caso il rapporto tra lunghezza utile di progetto e diametro nominale, espresso in mm, non dovrà superare i seguenti valori: 21 per tubi con cilindro e 14 per tubi senza. Valgono, per detti tubi, le seguenti norme:

**UNI EN 640** -Tubi in pressione di calcestruzzo armato e tubi in pressione di calcestruzzo con armatura diffusa (del tipo senza cilindro), inclusi giunti e pezzi speciali.

**UNI EN 641** - Tubi in pressione di calcestruzzo armato del tipo con cilindro, inclusi giunti e pezzi speciali.

Le dimensioni massime degli aggregati non dovranno essere maggiori di  $1/3$  dello spessore dei tubi, con massimo di 32 mm (4 mm per i tubi con armatura diffusa).

L'armatura metallica trasversale sarà costituita da tondi piegati ad anelli, ovvero avvolti in semplice o doppia elica, da fili o reti di acciaio, inglobate in una parete di calcestruzzo compatto (RCP), o da strati multipli di filo sottile continuo avvolti ad elica e inglobati in una parete di malta compatta (DRP); quella longitudinale (specie se richiesta la resistenza a flessione) da barre di acciaio, fili o strati di nastro di acciaio. Nei tubi UNI EN 641 l'armatura sarà integrata da un cilindro di acciaio saldato, con anelli per il giunto collegati all'estremità a mezzo saldatura. Per i particolari si rinvia al punto 3.3 delle UNI EN richiamate.

Lo spessore minimo dei tubi EN 640 sarà conforme al Prospetto 1 della norma; analogamente per i tubi della EN 641.

I giunti, secondo specifica, potranno essere rigidi, regolabili, semiflessibili o completamente flessibili; in ogni

caso dovranno assicurare la perfetta tenuta all'acqua, consentire piccoli assestamenti ed essere costituiti da materiali che diano piena garanzia di durata nelle previste condizioni di esercizio: di norma saranno realizzati con guarnizioni ad anelli di gomma; nei giunti di acciaio con guarnizione elastomerica



gli anelli maschio e femmina dovranno essere costruiti in modo da rendere i tubi autocentranti. Per le deviazioni angolari consentite sarà fatto riferimento al prospetto 3 della UNI EN 639. I pezzi speciali potranno essere di conglomerato cementizio armato, di ghisa ovvero di lamiera di acciaio saldato, secondo prescrizione; in quest'ultimo caso, ferma restando la verifica a pressione, lo spessore della lamiera sarà non inferiore a 1,5 mm se con rivestimento in conglomerato (2,5 per DN  $\square$  50; 3 per DN  $\square$  70) ed a 4 mm se con rivestimento bituminoso (5,5 per DN  $\square$  50; 7 per DN  $\square$  70).

Per l'accettazione i tubi verranno sottoposti a collaudo in stabilimento, eseguendo su campioni rappresentativi apposite prove tecnologiche, in particolare la prova di impermeabilità, quella di rottura per pressione interna e quella allo schiacciamento. Le prove saranno eseguite in conformità al punto 4 delle norme.

Ogni tubo dovrà riportare contrassegni indelebili che permettano di individuare il *marchio di fabbrica*, la *data di fabbricazione* (mese e anno), le *dimensioni* (intese come prodotto del diametro interno per la lunghezza nominale) e la categoria. Per i tubi ad armatura disimetrica, dovrà essere apposta sulla parete esterna l'indicazione del vertice. I tubi adatti all'utilizzo con acqua potabile dovranno altresì essere marcati con la lettera "P" appresso al numero della norma UNI EN utilizzata.

#### 11.2.3 Tubi rinforzati con fibre di acciaio

Per i tubi rinforzati con fibre di acciaio sarà fatto riferimento alla norma:

**UNI EN 1916** - Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato con fibre di acciaio e con armatura tradizionale.

#### 11.2.4 Tubi di cemento armato precompresso

Valgono, per i tubi in argomento, le norme generali di cui al precedente punto. I tubi dovranno essere fabbricati in officine o cantieri debitamente attrezzati, con procedimenti atti a garantire il costante raggiungimento dei requisiti in tutti i manufatti prodotti. Le operazioni automatizzate dovranno essere svolte sotto controllo di strumenti indicatori e registratori e nel ciclo di lavorazione saranno inseriti rilevamenti sistematici dei risultati ottenuti che, raccolti unitamente alle prove di qualità dei materiali in apposito registro di fabbricazione, avranno valore di documentazione agli effetti contrattuali.

I tubi in c.a.p., in rapporto alle prescrizioni di Elenco, potranno essere di tre tipi:

- 1) - Tubi con nucleo di conglomerato cementizio prefabbricato munito di cilindro di lamierino, armatura di precompressione radiale, rivestimento protettivo e giunto autocentrante a tenuta d'acqua.
- 2) - Tubi con nucleo di conglomerato cementizio prefabbricato, armatura di precompressione radiale, rivestimento protettivo e giunto come sopra.
- 3) - Tubi monolitici con armatura di precompressione radiale inglobata nella parete di conglomerato e giunto come sopra.

Con riferimento alle norme, dovranno osservarsi quelle per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle tubazioni in argomento e qui riportate:

**UNI EN 642** -Tubi in pressione di calcestruzzo precompresso con cilindro e senza cilindro, inclusi giunti e pezzi speciali, e prescrizioni specifiche per l'acciaio di precompressione dei tubi.

I tubi saranno di norma classificati in base alla pressione di decompressione a deformazioni lente esaurite nella sezione decompressa (pressione nominale PN); tale pressione dovrà essere correlata alle massime sollecitazioni conseguenti sia alla pressione idraulica che ai carichi esterni. Il diametro nominale corrisponderà al diametro interno del tubo, misurato in mm. Lo spessore nominale (t) corrisponderà allo spessore della parete del nucleo di conglomerato per i tubi del tipo a) e b), ovvero alla intera parete per i tubi del tipo c); lo spessore nominale del rivestimento protettivo corrisponderà



alla distanza tra l'estradosso dell'armatura di precompressione e la parete esterna.

Gli spessori minimi di calcolo delle pareti dei tubi saranno conformi al Prospetto 1 della UNI EN 642. Nei tubi con cilindro, lo spessore  $t_1$  min. (nucleo + spessore cilindro) sarà di 50 mm per DN/ID fino ad 800 mm e progressivamente crescente fino a 240 mm per DN/ID 4000 mm; nei tubi senza cilindro, lo spessore  $t_2$  min. (tubo nucleo) sarà di 40 mm per DN/ID fino a 700 mm; nei tubi senza cilindro di tipo c), lo spessore  $t_3$  min. (parete) sarà di 45 mm per DN/ID fino a 600 mm. I diametri nominali DN/ID avranno i seguenti valori, con tolleranza  $\pm 10\%$ : 500-600-700-800-900- 1000 ... 4000. Le lunghezze nominali saranno multiple di 0,50 m con tolleranza del  $\pm 1\%$ .

La superficie interna dei tubi dovrà essere sufficientemente liscia, in modo che le perdite di carico della condotta, espresse con la 2ª formula di Bazin (velocità d'acqua  $d \geq 3$  m/sec) dovranno corrispondere ad indici di scabrezza non maggiori di: 0,12 (DN/ID 400÷600); 0,10 (DN/ID 700÷1500); 0,08 (DN/ID > 1600).

I materiali e le modalità di costruzione dovranno rispettare in generale le norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. precompresso di cui al D.M. 14 gennaio 2008. In particolare la composizione chimica degli acciai sotto forma di fili trafilati dovrà rispondere alle seguenti limitazioni: C  $d \leq 0,87\%$ , S  $d \leq 0,03\%$ ; P  $d \leq 0,03\%$ . L'acciaio da impiegarsi nella costruzione degli eventuali involucri cilindrici in lamierino dovrà essere di facile saldabilità ed avere resistenza a snervamento e rottura rispettivamente non inferiore a 200 e 370 N/mm<sup>2</sup>. In ogni caso gli spessori e le armature di precompressione dovranno essere riferiti, per ogni coppia di valori PN e DN, a criteri di dimensionamento e calcoli statici elaborati conformemente alle Appendici C e D della norma.

I tubi saranno sottoposti a prove di produzione in stabilimento come al punto 4 della UNI EN richiamata. Le prove saranno effettuate sia sul calcestruzzo preformatura (prova di resistenza a compressione su due provini per giorno di fabbricazione e per tipo di impasto) sia sul tubo formato (prova idrostatica e prova di permeabilità). Il numero dei tubi da provare, in rapporto alla quantità di fornitura, sarà stabilito dalla Direzione Lavori, con minimo di uno ogni 50.

La prova idrostatica dovrà essere effettuata sull'intero nucleo o tubo precompresso, incluse le porzioni di innesto soggette a pressione. La pressione interna di prova sarà gradualmente aumentata, con gradiente non maggiore di 200 kPa (0,2 bar) in 5 s. I tubi con cilindro saranno sottoposti alla prova dopo il rivestimento, quelli senza cilindro prima o dopo il rivestimento o in entrambi i casi. La pressione idrostatica applicata dovrà annullare la tensione di compressione nella parete del tubo (tenendo conto delle perdite di precompressione al momento della prova) e dovrà essere mantenuta per almeno 3 min; in tale periodo non dovranno manifestarsi perdite o crearsi fessurazioni.

La prova di permeabilità sul rivestimento o strato di copertura di calcestruzzo o di malta sul prodotto finito sarà effettuata con l'apparecchiatura di cui al punto 4.3 della norma. I giunti saranno in uno dei tipi di cui all'Appendice B della norma e comunque secondo specifica di Elenco in rapporto alla tipologia dei tubi. La marcatura, da apparire in modo indelebile, riporterà; la *data di fabbricazione*, il *diametro nominale* e la *pressione*, il *riferimento alla norma UNI EN 642* e il *marchio* di fabbrica.

### **11.3 MANUFATTI DIVERSI**

#### **11.3.1 Manufatti in pietra artificiale**

Saranno confezionati con alto dosaggio di cemento ed inerti particolarmente selezionati. Avranno massa volumica non inferiore a 2300 kg/m<sup>3</sup> e la superficie esterna a vista, per lo spessore di almeno 2 cm, formata con malta dosata a 500 kg/m<sup>3</sup> di cemento, nel tipo bianco o colorato.

Cordoni, bocchette di scarico, risvolti, guide, scivoli, ecc. dovranno in particolare soddisfare ai requisiti stabiliti negli esecutivi di progetto e le prescrizioni di cui al punto 42.10, per quanto compatibile.

#### **11.3.2 Canalette di drenaggio**

Potranno essere di tipo "I" (non richiedenti ulteriore supporto) o di tipo "M" (richiedenti un supporto



aggiuntivo: di norma un massetto rinfiacato). Dovranno comunque essere marcate CE e rispondere alle prescrizioni della seguente normativa:

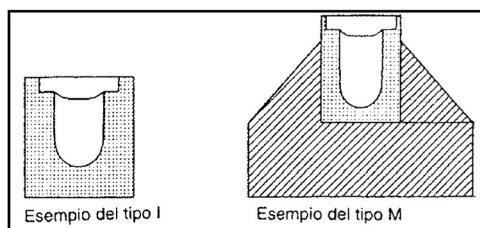
**UNI EN 1433** - Canalette di drenaggio per aree soggette al passaggio di veicoli e pedoni. Classificazione, requisiti di progettazione e di prova. Marcatura e valutazione di conformità.

Le canalette di drenaggio saranno classificate, in conformità al loro uso previsto, in: A15, B125, C250, D400, E600 e F900; tale classifica sarà posta in correlazione alla situazione di posa in opera secondo uno dei 6 gruppi di posa previsti al punto 5 della norma.

Il calcestruzzo dovrà essere conforme al punto 6.3.3 della norma e dovrà avere resistenza a compressione non inferiore a  $45 \text{ N/mm}^2$ . La marcatura dovrà riportare il riferimento alla norma, il marchio

di identificazione, la classe, il tipo di prodotto (I o M), la data di produzione, il grado di resistenza agli agenti atmosferici.

FIG. 11 - Canalette di drenaggio in calcestruzzo. Tipi.





## Art. 12 LEGANTI IDROCARBURATI E AFFINI – MATERIALI PER IMPERMEABILIZZAZIONI

### 12.1 BITUMI

#### 12.1.1 Bitumi per usi stradali

Dovranno rispettare le prescrizioni di cui alla seguente norma:

**UNI EN 12591** - Bitumi e leganti bituminosi. Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali.

La designazione dei bitumi sarà effettuata sulla base delle classi di penetrazione a 25 °C riportate nel prospetto 1 della norma delle quali, in Tab. 44 a, si riportano quelle di maggior uso in Italia.

Per gli usi stradali il campo di applicazione sarà definito dal 20/30 per l'asfalto colato, dal 35/50 e dal 50/70, per i conglomerati chiusi, dal 70/100 per i trattamenti a penetrazione ed i pietrischetti bitumati e dal 160/220 per i trattamenti a semipenetrazione.

TAB. 44 a - Bitumi per usi stradali. Caratteristiche parziali per i bitumi di maggior uso (da App. NA della norma)

"Caratteristica"	Unità	Metodo di prova	Designazione delle classi			
			35/50	50/70	70/100	160/220
Valore della penetrazione	x 0,1 mm	EN 1426	35-50	50-70	70-100	160-220
Punto di rammolimento	°C	EN 1427	50-58	46-54	43-51	35-43
Punto di rottura Fraass, valore massimo	°C	EN 12593	-5	-8	-10	-15
Punto di infiammabilità, valore minimo	°C	EN 22592	240	230	230	220
Solubilità, valore minimo	%	EN 12592	99	99	99	99
Resistenza all'indurimento		EN 12607-1	0,5	0,5	0,8	1

Potranno venire impiegati anche bitumi modificati o bitumi sfusi rispondenti alle norme UNI EN 14023 e prEN 13924.

#### 12.1.2 Bitumi da spalmatura

Dovranno essere del tipo ossidato e rispondere ai requisiti di cui alla seguente norma di unificazione:

**UNI 4157** - Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni. Campionamento e limiti di accettazione.

I bitumi saranno forniti in uno dei tipi indicati nella Tabella 44 b. L'indice di penetrazione sarà determinato con il metodo riportato nelle norme UNI.

TAB. 44 b - Bitumi da spalmatura. Tipi e caratteristiche

CARATTERISTICA	Unità di misura	TIPO						
		1	2	3	4	5	6	7
Punto di rammolimento P.A.	°C	50 a 60	60 a 70	80 a 90	95 a 105	95 a 105	105 a 115	110 a 120
Penetrazione a 25 °C	10 <sup>-1</sup> mm	40 a 50	25 a 35	20 a 30	35 a 45	10 a 20	25 a 35	10 a 20
Indice di penetrazione		min. -0,5	min. 0,5	min. 2,5	min. 5,5	min. 3	min. 5,5	min. 4,5
Punto di rottura Fraass	°C	max. -6	max. -12	max. -10	max. -18	max. -18	max. -13	max. -5
Solubilità in solventi organici	%	min. 99,5	min. 99,5	min. 99,5	min. 99,5	min. 99,5	min. 99,5	min. 99,5

#### 12.1.3 Bitumi liquidi

Bitumi di fluidità nettamente maggiore dei precedenti (per la presenza in essi di olii provenienti dal petrolio o dal catrame di carbon fossile e destinati ad evaporare, almeno in parte, dopo l'applicazione) dovranno soddisfare alle "Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi" di cui al Fasc. n. 7 CNR diffuso con circolare ministeriale 30 settembre 1957, n. 2759.





#### 12.1.4 Emulsioni bituminose

Dispersioni di bitumi di petrolio in acqua ottenute con l'impiego di emulsivi (oleato di sodio ed altri saponi di acidi grassi, resinati, colle animali o vegetali) ed eventuali stabilizzanti (idrati di carbonio, colle, sostanze alluminose) per aumentare la stabilità nel tempo e al gelo, dovranno avere capacità di legare il materiale lapideo al contatto del quale si rompono e rispondere alle "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali" di cui al Fasc. n. 3/1958 CNR diffuso con Circolare del Ministero dei LL.PP. 2 aprile 1959, n. 842.

Le norme non si applicano alle emulsioni a reazione acida ed a quelle preparate con bitumi liquidi. La classificazione è fatta con riferimento al contenuto di bitume puro e alla velocità di rottura delle stesse secondo la Tabella 45.

TAB. 45 – Emulsioni bituminose. Classificazione

COMPOSIZIONE E CARATTERISTICHE	EMULSIONI						
	a rapida rottura			a media velocità di rottura		a lenta rottura	
	Tipo ER 50	Tipo ER 55	Tipo ER 60	Tipo EM 55	Tipo EM 60	Tipo EL 55	Tipo EL 60
1) Composizione: — contenuto in peso di bitume puro, minimo.....%	50	55	60	55	60	55	60
— contenuto in peso di emulsivo e di stabilizzante massimo.....%	1	1	1	1	2	2,5	2,5
2) Caratteristiche fisiche — indice di rottura.....%	maggiore di 0,9			compreso tra 0,9 e 0,5		minore di 0,5	

In linea generale le emulsioni a rapida rottura dovranno essere impiegate nei trattamenti superficiali a penetrazione, quelle a media velocità di rottura negli impasti con sensibili percentuali di materiale fino, quelle a lenta velocità negli impasti con alta percentuale di materiale fino.

Nel caso di impiego di rocce "acide" idrofile, dovranno usarsi emulsioni acide, adottando nella preparazione dell'emulsione emulsivi "cationici" quali le ammine ad alto peso molecolare, come la oleilammina, la stearylammmina e derivati analoghi. Tali emulsioni dovranno essere adoperate, in sostituzione delle normali basiche, nei trattamenti da eseguire a stagione inoltrata con tempo freddo e umido.

All'atto dell'impiego la Direzione dei Lavori dovrà accertare che nei fusti di emulsione, per cause diverse, non sia avvenuta una separazione dei componenti che non sia riemulsionabile per agitazione; in tal caso e se dopo sbattimento si presentassero ancora dei grumi, l'emulsione dovrà essere scartata.

#### 12.1.5 Mastice bituminoso

Sarà ottenuto per intima mescolanza dei bitumi UNI 4157 di cui al precedente punto 54.1.2. e fibrette di minerali e/con dei filler in percentuali (in massa, riferite al prodotto finito) non superiori al 5% per le fibre e al 20% per il filler.

### 12.2 ASFALTO E DERIVATI

Costituito di carbonato di calcio impregnato di bitume, dovrà essere naturale e provenire dalle più reputate miniere. L'asfalto sarà in pani, omogeneo, compatto, di grana fine e di tinta bruna.

#### 12.2.1 Polveri di rocce asfaltiche

Dovranno soddisfare le norme di cui al Fasc. n. 6 - C.N.R., diffuso con Circolare Ministero LL.PP. 17



luglio 1956, n.

1916. Le polveri asfaltiche per uso stradale dovranno avere un contenuto di bitume non inferiore al 7% del peso totale.

Ai fini applicativi le polveri verranno distinte in tre categorie, delle quali la I per la preparazione a freddo di tappeti composti di polvere asfaltica, pietrischetto ed olio, la II per i conglomerati, gli asfalti colati e le mattonelle e la III come additivo per i conglomerati.

Le polveri di I e II categoria dovranno avere finezza tale da passare per almeno il 95% dallo staccio 2 UNI 2332; quelle della III categoria, la finezza prescritta per gli additivi stradali (norme CNR). In tutti i casi le polveri dovranno presentarsi di consistenza finemente sabbiosa e di composizione uniforme e costante.

#### *12.2.2 Mastice di asfalto*

Preparato con polveri di rocce asfaltiche e bitume, con miscelazione a caldo, sarà fornito in pani di colore bruno-castano, compatti, omogenei, di tenacità e consistenza elastica, privi di odore di catrame.

Il mastice dovrà rispondere, per designazione e caratteristiche, alla normativa UNI 4377; prove e determinazioni verranno effettuate con le modalità UNI da 4379 a 4385. Per la fornitura il mastice dovrà essere del tipo A UNI 4377 (con contenuto solubile in solfuro di carbonio del  $14 \div 16$  %). Non sarà consentito l'uso di mastice di asfalto sintetico.

#### *12.2.3 Asfalto colato*

Costituito da mastice di roccia asfaltica, bitume ed aggregati litici calcarei di appropriata granulometria, dovrà presentare i requisiti di cui alla norma UNI 5654 ed in particolare contenuto di bitume non inferiore all'11%, punto di rammollimento  $60 \div 80$  °C, prova di scorrimento ed impermeabilità all'acqua positive; il bitume dovrà avere solubilità del 99% min. e penetrazione a 25 °C tra 20 ed 80 dmm. Per le altre caratteristiche si rinvia alla norma citata.

#### *12.2.4 Olii minerali per trattamenti con polveri asfaltiche*

Gli olii asfaltici da impiegarsi nei trattamenti superficiali con polveri asfaltiche a freddo saranno di tipo diverso in rapporto alle polveri con cui verranno impiegati ed in rapporto anche alla stagione: tipo "A" per la stagione invernale e tipo "B" per quella estiva. In ogni caso gli olii dovranno presentare un contenuto in acqua non superiore allo 0,50%, in fenoli non superiore al 4% ed inoltre:

##### *26 – Olii di tipo A (invernali):*

26.7 per polveri abruzzesi: viscosità Engler a 25 °C da 3 a 6; punto di rammollimento del residuo a 330 °C (palla ed anello)  $30 \div 45$  °C;

26.8 per polveri siciliane: viscosità Engler a 50 °C al massimo 10; punto di rammollimento c.s.  $55 \div 70$  °C;

##### *27 – Olii di tipo B (estivi):*

27.7 per polveri abruzzesi: viscosità Engler a 25 °C da 4 a 8; punto di rammollimento c.s.  $35 \div 50$  °C;

27.8 per polveri siciliane: viscosità Engler a 50 °C al massimo 15; punto di rammollimento c.s.  $55 \div 70$  °C.

### **12.3 MEMBRANE PREFABBRICATE**

#### *12.3.1 Generalità*

Per le membrane in argomento si farà riferimento alla specifica normativa UNI, più avanti riportata; in



subordine, alle caratteristiche dichiarate dai fabbricanti accreditati presso l'IGLAE ed accettate dalla Direzione Lavori. Per l'identificazione le membrane saranno suddivise in quattro categorie fondamentali:

- a) *membrane a base bituminosa*, con impiego di bitume ossidato;
- b) *membrane a base di bitume-polimero*, con impiego sia di plastomeri (es. polipropilene atattico APP), sia di elastomeri (es. stirene butadiene stirene SBS);
- c) *membrane a base plastomerica* (es. polivinilcloruro PVC);
- d) *membrane a base elastomerica* (es. etilene propilene diene EPDM).

La classificazione (e la relativa designazione) sarà effettuata secondo la norma UNI 8818 con il criterio seguente: composizione della massa impermeabilizzante; tipologia del materiale di armatura; tipologia del materiale di finitura sulla faccia superiore e su quella inferiore. Valgono le norme:

**UNI 8629/1** - Membrane per impermeabilizzazione delle coperture. Caratteristiche prestazionali e loro significatività.

**UNI 8898/1** - Membrane polimeriche per opere di impermeabilizzazione. Terminologia, classificazione e significatività delle caratteristiche.

In base all'impiego le membrane saranno individuate con simboli letterari da "A" ad "E" secondo la norma UNI 8629/1 superiormente riportata. Le prove e le determinazioni per l'accettazione delle membrane saranno effettuate secondo le norme UNI 8202, da 8202/02 a 8202/35.

#### *12.3.2 Supporto in veli di fibre di vetro*

Sarà costituito da veli, preferibilmente armati con fili di vetro. Il collante (resina o altro), non dovrà presentare alcuna dispersione nel bitume e dovrà essere insensibile ai solventi (solfuro di carbonio).

I veli avranno massa areica non inferiore a 40 g/m<sup>2</sup>, fibre con diametro nominale di 10 ÷ 18 micron, carico di rottura a trazione non inferiore a 10N/cm. I supporti dovranno comunque rispettare la normativa UNI 6825 (prescrizioni e metodi di prova) nonché per le definizioni, le tolleranze e le determinazioni le UNI 5958, 6266, 6484, 6537, 6539 e 6540.

#### *12.3.3 Membrane a base di carte feltro e vetro veli bitumati*

Designate in codice con lettere alfabetiche, le prime da "A" a "C", le seconde da "D" ad "H" secondo composizione e finitura, saranno conformi per caratteristiche dimensionali, resistenza meccanica e resistenza termica alle prescrizioni della norma UNI 9168.

#### *12.3.4 Membrane a base di bitume ossidato fillerizzato*

Nelle varie formulazioni, dovranno rispondere ai limiti di accettazione riportati al punto 4 delle norme UNI 8629-7 e 8629-8.

#### *12.3.5 Membrane a base di bitume-polimero plastomerico*

Nelle varie formulazioni, dovranno rispondere ai limiti di accettazione riportati al punto 4 delle norme UNI 8629-2 e 8629-5.

#### *12.3.6 Membrane a base di bitume-polimero elastomerico*

Nelle varie formulazioni, dovranno rispondere ai limiti di accettazione riportati al punto 4 della norma UNI 8629.3.



#### 12.3.7 Membrane a base plastomerica in polivinilcloruro

Nelle varie formulazioni, dovranno rispondere ai limiti di accettazione riportati al punto 4 della norma UNI 8629-6.

#### 12.3.8 Membrane a base elastomerica

Per i tipi etilene-propilene-diene e isoprene-isobutilene, dovranno rispondere ai limiti di accettazione riportati al punto 4 della seguente norma:

**UNI 8629/4** - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione per i tipi EPDM e IIR per elementi di tenuta.

### **Art. 13 ADESIVI – SIGILLANTI – GUARNIZIONI – IDROFUGHI – IDROREPELLENTI – ADDITIVI**

#### **13.1 ADESIVI**

Saranno costituiti da resine, prodotti cementizi o prodotti misti, di resistenza adeguata agli sforzi cui potranno essere interessati i materiali aderenti (compressione, trazione, taglio, spellatura, ecc.) nonché alle altre sollecitazioni di diversa natura (fisica, chimica, ecc.) dovute alle condizioni di posa e di impiego. Dovranno inoltre presentare assoluta compatibilità chimica con i supporti, alto grado di adesività e durabilità nelle condizioni di lavoro.

Per l'accettazione, i prodotti adesivi saranno accompagnati da fogli informativi, forniti dal produttore, dove siano indicati: il campo di applicazione, le caratteristiche tecniche, gli eventuali prodotti aggiuntivi di miscela, le modalità di applicazione e le controindicazioni. Saranno altresì indicate le norme di riferimento e le certificazioni di prova. Le prove potranno essere fatte secondo la normativa dichiarata o secondo le UNI in vigore per la caratteristica da controllare.

Ad applicazione avvenuta gli adesivi dovranno risultare insolubili in acqua, chimicamente inerti, stabili agli sbalzi di temperatura, ininfiammabili e atossici (L 76/907 CEE). Gli eventuali additivi (catalizzatori, stabilizzanti, solventi, plastificanti, cariche) dovranno essere compatibili con i materiali di base senza compromettere le prestazioni richieste.

#### **13.2 SIGILLANTI**

##### **13.2.1 Generalità**

Composti atti a garantire il riempimento di interspazi e l'ermeticità dei giunti mediante forze di adesione, potranno essere di tipo *preformato* o *non preformato* (v. classificazione UNIPLAST: Materiali di tenuta) questi ultimi a media consistenza (mastici) o ad alta consistenza (stucchi). Nel tipo preformato i sigillanti saranno in genere costituiti da nastri, strisce e cordoni non vulcanizzati o parzialmente vulcanizzati. Nel tipo non preformato a media consistenza saranno in genere costituiti da prodotti non vulcanizzati di tipo liquido (autolivellanti) o pastoso (a diverso grado di consistenza o tixotropici), ad uno o più componenti.

In rapporto alle prestazioni poi, potranno essere distinti in sigillanti ad alto recupero elastico (elastomerici) e sigillanti a basso recupero (elastoplastici e plastici). Caratteristiche comuni saranno comunque la facilità e possibilità d'impiego entro un ampio arco di temperature (mediamente + 5/ ± 40 °C), la perfetta adesività, la resistenza all'acqua, all'ossigeno ed agli sbalzi di temperatura, la resistenza all'invecchiamento e, per i giunti mobili, anche ai fenomeni di fatica.

Il meccanismo di indurimento (vulcanizzazione) potrà essere attivato dalla umidità atmosferica (siliconi, polisolfuri, poliuretani), dall'ossidazione atmosferica (oli essiccanti), dall'evaporazione del solvente o



della fase disperdente (polimeri acrilici, gomme butiliche), da reazioni chimiche con induritori nei sistemi bicomponenti (polisolfuri, poliuretani, siliconi, policloropreni, epossidi) ed infine dal calore (plastisoli vinilici termoindurentiecc.).

Per l'accettazione i sigillanti dovranno presentare compatibilità chimica con il supporto di destinazione, allungamento a rottura compatibile con le deformazioni dello stesso supporto, durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego nonché alle azioni chimico-fisiche degli agenti atmosferici nell'ambiente di destinazione.

Le prove saranno effettuate secondo le metodologie UNI e UNI EN (di classifica ICS 91.100.10 e 91.100.50) o, in subordine, secondo i metodi di riferimento del produttore (ASTM, ecc.). Si richiamano le norme:

**UNI EN 26927** - Edilizia, Prodotti per giunti. Sigillanti. Vocabolario.

**UNI EN ISO 11600** - Edilizia. Prodotti per giunti. Classificazione e requisiti per i sigillanti.

**UNI EN 13888** - Sigillanti per piastrelle. Definizioni e specificazioni.

I sigillanti per piastrelle UNI EN 13888 potranno essere a base cementizia (normali: CG1, migliorati: CG2) o a base di resine reattive (RG). Caratteristiche opzionali saranno l'elevata resistenza all'abrasione (Ar) e l'assorbimento d'acqua ridotto (W).

**TAB. 46 - Sigillanti poliuretanici monocomponenti. Caratteristiche**

CARATTERISTICHE	Valore limite
Variazione di volume dopo trattamento termico	max. -10%
Adesione dopo l'azione delle radiazioni ultraviolette	nessuna rottura o distacco dal supporto all'allungamento del 60%
Proprietà tensili - tensione al 100% di allungamento	Modulo basso $\leq 0,4$ N/mm <sup>2</sup> Modulo basso $> 0,4 \leq 0,6$ N/mm <sup>2</sup> Modulo alto $> 0,6$ N/mm <sup>2</sup>
Recupero elastico	min. 80%
Resistenza allo scorrimento	max. 2 mm

### 13.2.2 Sigillanti siliconici

Costituiti da uno o due componenti a base di polimeri dimetilsilossanici (siliconi), avranno di norma consistenza di pasta semidensa e si trasformeranno, a vulcanizzazione avvenuta dopo applicazione, in prodotti solidi elastici ad alto recupero.

Come elementi caratterizzanti i sigillanti siliconici presenteranno facilità di applicazione in un vasto arco di temperature (-40/ +70 °C ed oltre, secondo formulazione), ottima resistenza agli agenti atmosferici, all'ossidazione, alla luce solare ed alla pioggia (non meno di 8000 ore in test ASTM con apparecchiatura "Weather Ometer"). Le altre caratteristiche saranno mediamente conformi ai valori riportati nella Tab. 46.

I sigillanti siliconici presenteranno ottima adesione su una vasta gamma di materiali; tuttavia su alcune superfici (alluminio, bronzo, lamiera stagnata, mattoni, pietra, legno e materiali porosi in genere) sarà prescritto il pretrattamento con appositi "primers".

### 13.2.3 Sigillanti poliuretanici

Costituiti da un vasto numero di componenti base, potranno essere mono o bicomponenti, autolivellanti o tixotropici. Saranno caratterizzati in ogni caso da eccezionale resistenza all'abrasione, eccellente resistenza agli oli, buona flessibilità alle basse temperature, eccellente elasticità, buona



resistenza ai solventi e al fuoco.

#### *13.2.4 Sigillanti polisolfurici*

Costituiti da uno o due componenti a base di polimeri polisolfurici, i sigillanti in argomento dovranno presentare elevata elasticità, ottima resistenza ai raggi ultravioletti, agli agenti meteorologici, alle atmosfere aggressive, e inoltre all'acqua, agli oli, ai grassi ed a molti solventi, ai carburanti, ecc.

#### *13.2.5 Sigillanti a basso recupero elastico*

Nel tipo elasto-plastico saranno costituiti da elastomeri a base acrilica o butilica (in solvente), nel tipo plastico da prodotti a base di poliisobutilene in pani o profilati a sezione varia o a base di oli essiccativi o mescole speciali di elastomeri e bitume.

Destinati nel primo tipo alla sigillatura di giunti soggetti a limitato movimento ( $\pm 5\%$  sull'ampiezza del giunto) o nel secondo a giunti fissi, avranno in tutti i casi buona resistenza all'azione dei raggi u.v. e agli sbalzi di temperatura ( $-25/+70$

°C). Caratteristiche più specifiche comunque, ove non riportate in Elenco, saranno prescritte dalla Direzione in rapporto ai particolari campi d'impiego.

### **13.3 GUARNIZIONI**

#### *13.3.1 Generalità*

Materiali di tenuta al pari dei sigillanti, ma allo stato solido preformato (e anche prevulcanizzato o prepolimerizzato), potranno essere costituiti da prodotti elastomerici o da materie plastiche.

Con riguardo alla struttura fisica e alle caratteristiche meccaniche le guarnizioni si distingueranno poi in *compatte* (normali o strutturali, quest'ultime dotate anche di portanza meccanica) ed *espansive* (a celle aperte o chiuse). Caratteristiche comuni dovranno essere comunque l'ottima elasticità, la morbidezza, la perfetta calibratura, la resistenza

agli agenti atmosferici e in generale all'invecchiamento. Resta stabilito comunque che, ove non diversamente prescritto, le guarnizioni saranno fornite nel tipo elastomerico. Vale la norma:

**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.

#### *13.3.2 Guarnizioni elastomeriche*

Avranno le prestazioni prescritte in Elenco o dichiarate dal produttore ed accettate dalla Direzione dei lavori. Per le prove si farà riferimento alle norme UNI, UNI EN o UNI EN ISO o, in subordine, alle norme ASTM o a quelle diverse di cui alla certificazioni di riferimento.

#### *13.3.3 Guarnizioni in cloruro di polivinile (PVC)*

Realizzate con cloruro di polivinile ad alto peso molecolare ( $K > 70$ ), avranno resistenza a trazione compresa tra  $14 \div 20$  MPa, allungamento a rottura compreso tra  $200 \div 350\%$  e durezza Shore A compresa tra  $76 \div 80$  punti.

Le guarnizioni presenteranno vasta gamma di colori e inoltre ottima resistenza all'invecchiamento, agli acidi e basi concentrate, alle soluzioni saline e agli agenti ossidanti. Le temperature d'impiego saranno comprese tra  $-25/+50$

°C; le caratteristiche meccaniche corrisponderanno alle norme stabilite per le guarnizioni (ASTM C-



542 od UNI).

#### **13.3.4 Guarnizioni in poliuretano espanso**

Saranno di norma costituite da espansi a celle aperte (densità  $60 \div 80 \text{ kg/m}^3$ ) impregnati di una speciale miscela bituminosa (in rapporto di  $80 \div 90 \text{ kg/m}^3$ ). La schiuma sarà autoestinguente e inoltre resistente agli acidi, alle basi, agli agenti atmosferici e alla temperatura (fino a  $100^\circ\text{C}$ ).

In applicazione, le proprietà di tenuta saranno determinate dai seguenti gradi di compressione:

- e) al 50% dello spessore originario, per la tenuta all'aria e alla polvere;
- f) al 25% dello spessore originario, per la tenuta agli agenti atmosferici;
- g) al 15% dello spessore originario, per la tenuta al vapore e all'acqua (idrostatica).

### **13.4 IDROFUGHI**

Qualunque sia la composizione chimica (fluati, soluzioni saponose, ecc.) dovranno conferire alle malte o ai calcestruzzi cui verranno addizionati efficace e duratura impermeabilità senza peraltro alterare le qualità fisico meccaniche delle stesse né aggredire gli eventuali ferri di armatura. Dovranno altresì lasciare inalterati i colori nonché, per intonaci cementizi a contatto con acque potabili, non alterare in alcun modo i requisiti di potabilità.

Gli idrofughi saranno approvvigionati in confezioni sigillate riportanti, oltre al tipo di materiale, il nome della ditta produttrice e le modalità di impiego. Le caratteristiche del prodotto dovranno essere adeguatamente certificate.

### **13.5 IDROREPELLENTI**

Costituiti in linea generale da resine siliconiche in soluzione acquosa o in solvente, dovranno essere compatibili con i materiali sui quali verranno applicati, dei quali non dovranno in alcun modo alterare le proprietà, né l'aspetto o il colore. Tali prodotti saranno perciò perfettamente trasparenti, inalterabili agli agenti meteorologici, alle atmosfere aggressive, agli sbalzi di temperatura e dovranno conservare la porosità e la traspirabilità delle strutture. Prove di idrorepellenza, effettuate su campioni di materiale trattato e sottoposti per non meno di 5 ore a getti di acqua continuati, dovranno dare percentuali di assorbimento assolutamente nulle.

Gli idrorepellenti dovranno essere approvvigionati come al precedente punto 13.4. Le qualità richieste dovranno essere idoneamente certificate e garantite per un periodo di durata non inferiore a 5 anni.

### **13.6 ADDITIVI**

Gli additivi per calcestruzzi e malte, a qualunque tipo appartengano (fluidificanti, aereanti, acceleranti, antigelo, ad azione combinata), dovranno rispettare le specificazioni della normativa UNI EN 934 (2-3-4-6); in particolare, per i calcestruzzi, la norma UNI EN 934-2, richiamata al paragrafo 11 del D.M. 14 settembre 2005, e che qui si riporta in titolo:

**UNI EN 934-2** - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

Gli additivi dovranno migliorare e potenziare le caratteristiche del calcestruzzo o della malta





(lavorabilità, resistenza, impermeabilità, uniformità, adesione, durabilità) e dovranno essere impiegati secondo le precise prescrizioni del produttore che dimostrerà, con prove di laboratorio, la conformità del prodotto ai requisiti richiesti e alle disposizioni vigenti.

Gli additivi a base di aggregati metallici ferrosi catalizzati, per malte e calcestruzzi esenti da ritiro o a espansione controllata, dovranno essere esenti da prodotti chimici generatori di gas, nonché da oli, grassi e particelle metalliche non ferrose; l'aggregato metallico base sarà permeabile all'acqua e non conterrà più dello 0,75%; di materiale solubile in acqua.

Tutti gli additivi per calcestruzzi e malte dovranno essere marcati CE; detta marcatura riporterà le informazioni contenute nella Fig. ZA.1 di cui all'Appendice ZA della norma. Il sistema di attestazione della conformità alla parte armonizzata della norma di riferimento sarà, per i calcestruzzi, del tipo "2+". Si richiamano inoltre le UNI 8146 (Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi) e la UNI 9527 (Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici).

## Art. 14 PRODOTTI DI MATERIE PLASTICHE

### 14.1 GENERALITÀ

Per la definizione, la classificazione e le prescrizioni sulle materie plastiche in generale, si farà riferimento alla normativa UNI (Materie plastiche), (Prove sulle materie plastiche), (Prodotti semifiniti e finiti di materie plastiche).

TAB. 47 - Lastre ondulate traslucide.  
Tipi unificati

Presso P mm	Altezza d'onda h mm
78	17
146	48
152,4	47
152,4	50
177	51

### 14.2 LASTRE ONDULATE TRASLUCIDE

Formate con resine poliestere armate con fibre di vetro, dovranno presentare elevata resistenza meccanica, stabilità dimensionale, elasticità, resistenza all'abrasione, agli agenti atmosferici e agli sbalzi termici. Dovranno inoltre rispondere alle prescrizioni delle norme UNI 6774 e 6775.

### 14.3 TUBI E RACCORDI DI CLORURO DI POLIVINILE (PVC)

#### 14.3.1 Generalità

Saranno fabbricati con mescolanze a base di cloruro di polivinile, esenti da plastificanti e opportunamente stabilizzate. Saranno inoltre conformi alle prescrizioni delle seguenti norme di unificazione:

**UNI EN 1401-1** - Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specificazioni per i tubi, i raccordi ed il sistema.

**UNI EN 1452-1** - Sistemi di tubazioni di materie plastiche per adduzione di acqua. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U).  
Generalità.

**UNI EN 1452-2** - Sistemi di tubazioni di materie plastiche per adduzione di acqua. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U).  
Tubi.

**UNI EN 1453-1** - Sistemi di tubazioni di materie plastiche con tubi a parete strutturata per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per i tubi ed il sistema.

**UNI EN 1456-1** - Sistemi di tubazioni di materie plastiche per fognature e scarichi in pressione interrati e fuori terra. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per i componenti della



tubazione e per il sistema.

**UNI 10968** - Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi interrati non a pressione. Sistemi di tubazione a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 1, Specifiche per i tubi, i raccordi ed il sistema.

#### 14.3.2 Tubi e raccordi per adduzione d'acqua

Saranno fabbricati con una composizione di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) e additivi in misura e qualità tali da non costituire pericolo tossico, organolettico o microbiologico (tali caratteristiche estendendosi a tutti i componenti del sistema) e da non influenzare le proprietà fisico-meccaniche dei prodotti e quelle di incollaggio.

I tubi avranno parete opaca e saranno colorati a spessore nei colori grigio, blu e crema. Avranno diametro esterno nominale e spessori nominali di parete come da Tab. 48 dove il coefficiente di impiego è un coefficiente di sicurezza.

La massa volumetrica " $\rho$ " dei tubi, misurata secondo ISO 1183 a 23 °C, dovrà essere compresa tra 1350 e 1460 kg/m<sup>3</sup>; la resistenza minima richiesta, MRS, come definita dalla EN 1452-1, dovrà essere di almeno 25 MPa (N/mm<sup>2</sup>). La pressione operativa ammissibile (PFA), per temperature fino a 25 °C, sarà uguale alla pressione nominale PN; per temperature comprese tra 25 e 45 °C, alla PN sarà applicato un coefficiente di riduzione da-to dal diagramma riportato nell'Appendice A della UNI 1452-2.

Come caratteristiche meccaniche i tubi con spessore nominale di parete " 14,9 mm, provati secondo EN 744, dovranno avere un TIR (percentuale reale di rottura) " 10%; i tubi della serie da S5 a S10 dovranno essere sottoposti a prova di livello medio, M, e quelli della serie da S12,5 a S20, a prova di livello elevato, H, secondo il prospetto 6 della norma. Si farà invece riferimento al prospetto 7 per la prova di resistenza alla pressione idrostatica interna (secondo EN 921). I tubi dovranno presentare temperatura di rammollimento Vicat • 80 °C, ritiro longitudinale " 5% e non devono contenere cloruro di vinile monomero in quantità maggiore di 1 ppm (ISO 6401).

La marcatura sarà conforme al prospetto 10 della norma e dovrà contenere, oltre alle informazioni di rito, il diametro esterno nominale □ spessore di parete e la pressione nominale PN. Per i tubi destinati alla distribuzione di acqua, si dovrà avere una marcatura supplementare con la parola "ACQUA".

**TAB. 49 - Tubi di PVC-U per condotte di scarico interrate. Diametri nominali e spessori**

Diametro nominale DN/OD Diametro esterno nominale $d_n$	Diametro esterno medio $d_{em,max}$	SN2 SDR51		SN4 SDR41		SN8 SDR34	
		$e_{min}$	$e_{min,max}$	$e_{min}$	$e_{min,max}$	$e_{min}$	$e_{min,max}$
110	110,3	-	-	3,2	3,8	3,2	3,8
125	125,3	-	-	3,2	3,8	3,7	4,3
160	160,4	3,2	3,8	4,0	4,6	4,7	5,4
200	200,5	3,9	4,5	4,9	5,6	5,9	6,7
250	250,5	4,9	5,6	6,2	7,1	7,3	8,3
315	315,6	6,2	7,1	7,7	8,7	9,2	10,4
400	400,7	7,9	8,9	9,8	11,0	11,7	13,1
500	500,9	9,8	11,0	12,3	13,8	14,5	16,3
630	631,1	12,3	13,8	15,4	17,2	18,4	20,5
800	801,3	15,7	17,5	19,6	21,8	-	-
1000	1001,6	19,6	21,8	24,5	27,2	-	-

Nota: Per le definizioni e la simbologia v. il punto 3 della UNI EN 1401-1

#### 14.3.3 Tubi e raccordi per fognature e scarichi interrati



Definiti dai codici “U” e “UD” in rapporto all’area di applicazione, saranno formati con PVC-U e idonei additivi, con contenuto di PVC non inferiore all’80% in massa per i tubi e all’85% per i raccordi stampati ad iniezione, il tutto conformemente alla norma UNI EN 1401-1 riportata nelle generalità, con particolare riferimento ai Prospetti 1 e 2 della stessa e ai metodi di prova di cui alla UNI EN 291. Saranno colorati in tutto il suo spessore, di regola nei colori marrone arancio (RAL 8023) o grigio (RAL 7037).

**TAB. 50 - Tubi di polietilene per distribuzione d’acqua. Spessori di parete e relative tolleranze (mm) (167)**

Serie dei tubi	SDR 7,4 S 3,2		SDR 11 S 5		SDR 17 S 8		SDR 26 S 12,5	
	Pressione nominale PN in bar							
PE 80	PN 20		PN 12,5		PN 8		PN 5	
PE 100	PN 25		PN 16		PN 10		PN 6	
Dimensione nominale	Spessore di parete							
	e <sub>min.</sub>	e <sub>max.</sub>	e <sub>min.</sub>	e <sub>max.</sub>	e <sub>min.</sub>	e <sub>max.</sub>	e <sub>min.</sub>	e <sub>max.</sub>
40	5,5	6,2	3,7	4,2	2,4	2,8	—	—
50	6,9	7,7	4,6	5,2	3,0	3,4	2,0	2,3
63	8,6	9,6	5,8	6,5	3,8	4,3	2,5	2,9
75	10,3	11,5	6,8	7,6	4,5	5,1	2,9	3,3
90	12,3	13,7	8,2	9,2	5,4	6,1	3,5	4,0
110	15,1	16,8	10,0	11,1	6,6	7,4	4,2	4,8
125	17,1	19,0	11,4	12,7	7,4	8,3	4,8	5,4
140	19,2	21,3	12,7	14,1	8,3	9,3	5,4	6,1
160	21,9	24,2	14,6	16,2	9,5	10,6	6,2	7,0
180	24,6	27,2	16,4	18,2	10,7	11,9	6,9	7,7
200	27,4	30,3	18,2	20,2	11,9	13,2	7,7	8,6
225	30,8	34,0	20,5	22,7	13,4	14,9	8,6	9,6
250	34,2	37,8	22,7	25,1	14,8	16,4	9,6	10,7
280	38,3	42,3	25,4	28,1	16,6	18,4	10,7	11,9
315	43,1	47,6	28,6	31,6	18,7	20,7	12,1	13,5
355	48,5	53,5	32,2	35,6	21,1	23,4	13,6	15,1
400	54,7	60,3	36,3	40,1	23,7	26,2	15,3	17,0
450	61,5	67,8	40,9	45,1	26,7	29,5	17,2	19,1
500	—	—	45,4	50,1	29,7	32,8	19,1	21,2
560	—	—	50,8	56,0	33,2	36,7	21,4	23,7
630	—	—	57,2	63,1	37,4	41,3	24,1	26,7
710	—	—	—	—	42,1	46,5	27,2	30,1
800	—	—	—	—	47,4	52,3	30,6	33,8
900	—	—	—	—	53,3	58,8	34,4	38,3
1000	—	—	—	—	59,3	65,4	38,2	42,2

I diametri ester-ni e gli spessori minimi e massimi dovranno essere conformi, in rapporto alla diversa rigidità anulare nominale SN (kN/m<sup>2</sup>) ai valori riportati nella Tabella 49; lo scostamento dalla circolarità (ovalizzazione), misurato direttamente dopo la produzione, dovrà essere non superiore a 0,024 d<sub>n</sub>. Per le dimensioni dei raccordi, dei bicchieri e dei codoli, sarà fatto riferimento ai punti 6.3 e 6.4 della UNI EN citata; per la tipologia dei raccordi, al punto 6.5.

I tubi presenteranno una percentuale reale di rottura (TIR) da prova d’urto non superiore al 10% (prova EN 744) ed inoltre una temperatura di rammollimento Vicat (VST) superiore a 79 °C ed un ritiro longitudinale (EN 743) non superiore al 5%. Per i raccordi si farà riferimento ai Prospetti 11 e 13 della norma.

I tubi dovranno essere marcati ad intervalli massimi di due metri, con riporto: il riferimento alla norma, il codice di area di applicazione, la dimensione nominale, lo spessore minimo di parete o SDR, il materiale, la rigidità anulare nominale (SN) ed infine l’eventuale simbolo del cristallo di ghiaccio per impiego alle basse temperature ed il marchio di fabbrica.

#### **14.4 TUBI, RACCORDI E VALVOLE DI POLIETILENE**



#### 14.4.1 *Tubi per distribuzione d'acqua*

Dovranno rispondere alle specifiche della seguente norma:

**UNI EN 12201-2** -Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (PE). Tubi.

Saranno composti con materiali conformi ai requisiti specificati nella norma UNI EN 12201-1, avranno colore blu o nero con strisce blu e dovranno rispettare le prescrizioni regolamentari vigenti (D.M. 21.03.1973, Circ. Min. San. 2.12.1978, n. 102). Avranno dimensioni nominali e spessore di parete come al prospetto 2 della norma, parzialmente riportato nella Tab. 54, e caratteristiche meccaniche e fisiche come ai prospetti 3, 4 e 5. In particolare: resistenza alla pressione idrostatica ad 80 °C (prova EN 921), allungamento a rottura • 350% (prove EN ISO 6259-1 e ISO 6259-3), indice di fluidità in massa MFR con variazione a seguito della lavorazione  $\pm 20\%$  (prova EN ISO 1133, condizione T), tempo di induzione all'ossidazione • 20 min (prova EN 278).

Ove per installazioni particolari fosse necessario valutare la resistenza chimica, i tubi dovranno essere classificati secondo le ISO 4433-1 e ISO 4433-2.

I tubi dovranno essere marcati in materia indelebile con le seguenti specifiche: numero della norma, marchio di fabbrica, dimensioni ( $dn \square en$ ), serie SDR, materiale e designazione (es. PE 80), classe di pressione in bar (PN), periodo di produzione.

#### 14.4.2 *Tubazioni in pressione per trasporto d'acqua, per fognature e scarichi*

Destinate ad essere adoperate per interrimento nel suolo, per sbocchi a mare, per posa in acqua, in sospensione sotto ponte, ecc., con una pressione massima operativa (MOP) fino a 25 bar, con temperatura di esercizio di riferimento di 20 °C, dovranno rispondere alle prescrizioni della seguente normativa:

**UNI EN 13244-1** - Sistemi di tubazioni di materia plastica in pressione, interrati e non, per il trasporto di acqua per usi generali, per fognature e per scarichi. Generalità.

**UNI EN 13244-2** - Idem. Tubi.

I tubi saranno composti con materiali conformi ai requisiti specificati nella norma 13244-1, avranno colore nero o nero con strisce di colore marrone e dovranno essere saldabili. La resistenza minima a trazione (MRS) sarà di 8,0 MPa per il materiale PE 80 e di 10,0 MPa per quello PE 100.

Le dimensioni nominali prevedono diametri da 32 a 1600 mm con spessori di parete uguali a quelli dei tubi UNI EN 12201-2 riportati in Tab. 50. Lo stesso dicasi per le caratteristiche meccaniche e fisiche.

#### 14.4.3 *Tubi a parete strutturata per scarichi*

Dovranno rispondere alle prescrizioni della seguente norma, in fase di coesistenza con la norma sostitutiva UNI EN 13476:

**UNI 10968-1** - Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi interrati non a pressione. Sistemi a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE). Parte 1 – Specifiche per i tubi, i raccordi ed il sistema.

### 14.5 **TUBI E RACCORDI DI RESINE TERMO-INDURENTI RINFORZATE CON FIBRE DI VETRO**



### **(PRFV)**

#### **14.5.1 Generalità**

Saranno costituiti da resine poliestere insature termoindurenti, armate con fibre di vetro e sottoposte a processo di polimerizzazione, con aggiunta o meno di cariche, inerti ed agenti polimerizzanti (acceleranti, catalizzatori, induritori, inibitori). La fabbricazione sarà effettuata di norma su mandrino rotante con procedimento per avvolgimento continuo o per centrifugazione.

Per la normativa, salvo diversa specifica, si farà riferimento alla UNI 9032 che si applica alle seguenti classi di tubi:

CLASSE A – Tubi monoparete rinforzati con fibre di vetro fabbricati su mandrino per avvolgimento di fili. *(Sono da considerare inclusi, anche se non espressamente indicati dalla normativa, i tubi caricati con inerti silicei onde aumentare il grado di rigidità);*

CLASSE B – Tubi con «liner» in termoplastico;

CLASSE C – Tubi in aggregato con resine termoindurenti; CLASSE D – Tubi monoparete prodotti per centrifugazione;

CLASSE E – Tubi monoparete rinforzati con nervature prodotti su mandrino; CLASSE F – Tubi a doppia parete prodotti su mandrino.

Con riferimento all'impiego i tubi verranno distinti in Tipi secondo il Prospetto I della UNI 9032, tra le quali:

T1 (in pressione, temperatura fino a 60 °C per convogliamento di acqua potabile o da potabilizzare, secondo D.M. 21 marzo 1973 e Circolare 2 dicembre 1978, n. 102 del Ministero della Sanità); T2 (in pressione, temperatura fino a 60 °C, per convogliamento di fluidi alimentari); T3 (in pressione, temperatura fino a 80 °C, per convogliamento di liquami e scarichi civili); T4 (per irrigazione); T5 (in pressione, temperatura fino a 80 °C, per convogliamento di acqua di mare e prodotti chimici).

Per quanto riguarda i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI 9033/1<sup>a</sup>÷17<sup>a</sup> di pari oggetto. Potrà farsi pure riferimento, per quanto non contemplato dalla citata normativa e non in contrasto con le presenti norme al

«Disciplinare tra la fornitura e posa in opera di tubazioni in plastica rinforzati con fibre di vetro» in uso presso la ex Cassa per il Mezzogiorno.

#### **14.5.2 Materiali**

Le resine generalmente impiegate saranno quelle del tipo poliestere insature. Potranno essere impiegate anche quelle del tipo epossidiche o altre termoindurenti purché non diversamente prescritto o particolarmente escluso.

Le resine potranno contenere cariche (ad es. per controllare la viscosità, migliorare la resistenza all'abrasione, aumentare il grado di rigidità, la resistenza all'urto, ecc.) ed eventuali pigmenti coloranti purché di tipo compatibile con la resina e con l'uso previsto per i manufatti.

I rinforzi dovranno essere costituiti da fibre di vetro «E» e, per alcune forme, da fibre o scaglie di vetro «C». Essi dovranno essere trattati con appretti idonei ad assicurare un buon legame con la matrice.

Gli acceleranti, i catalizzatori, gli induritori e gli inibitori dovranno essere della qualità ed usati nella quantità previste dal produttore della resina al fine della completa polimerizzazione dello stratificato in relazione alle tecnologie di lavorazione.



### 14.5.3 Composizione dello stratificato

La parete dei tubi e raccordi sarà di norma costruita da una serie di tre strati, costituenti comunque un unico complesso strutturale (stratificato), di cui uno interno (eventualmente rinforzato) ricco di resina, uno meccanico-resistente ed uno esterno.

Gli inerti, se presenti, saranno di norma costituiti da sabbie di quarzo o silicee con contenuto in  $\text{SiO}_2$  non inferiore al 94%, diametro massimo dei granuli non superiore ad 1 mm, contenuto di ferro non superiore allo 0,4% ed umidità non superiore all'1%. La percentuale in massa sarà non superiore al 40% per i tubi in pressione ed al 50% per i tubi da scarico. Il contenuto percentuale dei componenti dovrà essere dichiarato dal fabbricante.

### 14.5.4 Dimensioni

Per i tubi di classe A, C, E, F i diametri nominali DN saranno conformi al Prospetto II di cui al punto 8 delle norme (.....40-50-65-75-80-90-100-110-125-160- 220-250-....500-600-....1000-1200-....4000). I diametri interni «Di»

(dichiarati dal produttore) saranno uguali ai corrispettivi DN con uno scostamento limite dell'1,5÷7%. Per le tecnologie di produzione per avvolgimento continuo su mandrino che fanno riferimento al diametro esterno i diametri esterni «De» (dichiarati dal produttore) saranno uguali ai corrispettivi DN con le tolleranze indicate dalle norme AWWA C 950-81.

Le lunghezze utili saranno comprese tra 6 e 18 m con tolleranza + 40/-10 mm sui valori dichiarati. Potranno comunque essere concordate lunghezze di barre differenti.

Per i tubi della classe D i diametri nominali DN saranno conformi all'analogo Prospetto IV delle norme (100-200- 300-....1000-1200-....4000). I diametri esterni «De» (dichiarati dal produttore) saranno quelli indicati nello stesso prospetto con le relative tolleranze. Le lunghezze saranno non inferiori a 6 m.

### 14.5.5 Classificazione

I manufatti tubolari saranno classificati in base alla loro pressione nominale PN nonché in base alla loro resistenza meccanica trasversale iniziale caratterizzata dall'indice di rigidità trasversale RG. La norma prevede 14 classi di pressione nominale e 4 classi dell'indice di rigidità come alle Tabelle 51 e 52.

TAB. 51 - Tubi in P.R.F.V. Classi di pressione nominale

Pressione nominale PN (bar)	1	2,5	3,2	4	5	6	8	10	12,5	16	20	25	32	40
-----------------------------	---	-----	-----	---	---	---	---	----	------	----	----	----	----	----

TAB. 52 - Tubi in P.R.F.V. - Classi di rigidità

CLASSI	1250	2500	5000	10000
	Indice di rigidità (N/m <sup>2</sup> )(Pa)			
	> 1250 / ≤ 2500	> 2500 / ≤ 5000	> 5000 / ≤ 10000	> 10000

Per le necessità inerenti al calcolo dei tubi, il fattore rigidezza trasversale EJ (o SF: Stiffness Factor) verrà determinato come specificato nella UNI 9033/8<sup>a</sup>. In ogni caso, per le normali applicazioni di condotte interrate, sarà tassativamente esclusa la classe 1250 (salvo opportuno rinforzo delle sezioni). Per i tubi della classe E con irrigidimenti trasversali la rigidità meccanica sarà definita come al punto 14.5.2 della UNI 9032.

### 14.5.6 Caratteristiche e requisiti di accettazione

I tubi ed i raccordi in PRFV dovranno presentare, unitamente ai requisiti più avanti specificati, superfici lisce ed uniformi esenti da irregolarità e difetti come: delaminazioni, bolle, lesioni fibre affioranti.



La pressione di fessurazione PF dovrà essere non inferiore a quattro volte la pressione nominale PN; quella di rottura PR non inferiore a cinque volte. Questi valori faranno riferimento al breve termine e a materiali completamente polimerizzati (contenuto di stirene non reagito non superiore allo 0,3%).

Per quanto riguarda il comportamento dei materiali a lungo termine si farà riferimento alle normative citate. I tubi ed i raccordi non a pressione saranno soggetti alle condizioni corrispondenti alla PN 1.

Per  $PN > 1$ , la resistenza media longitudinale del solo strato meccanico-resistente dovrà essere tale da sopportare una pressione interna pari a 2 PN, considerato il tronco del tubo a sé stante e chiuso alle estremità. Con riguardo alla tenuta idraulica, i manufatti (tubi o raccordi) sottoposti ad una pressione pari a 1,5 volte la pressione nominale PN, non dovranno in alcun modo lesionarsi né manifestare perdite.

Per i tubi delle classi A, C, E, F, gli scostamenti limite sul diametro interno dichiarato «Di» saranno come da Tab. 53. Ove il diametro dichiarato fosse quello esterno «De» gli scostamenti saranno conformi alle norme AWWA C 950-81. Per i tubi della classe D gli scostamenti limite saranno come da Prospetto IV allegato alle norme.

#### 14.5.7 Designazione e marcatura

La designazione dei tubi e raccordi P.R.F.V. per tutte le applicazioni dovrà comprendere: il tipo di manufatto (tubo o raccordo, secondo simbolo distintivo); la natura del materiale; il riferimento alla norma; la classe; la sigla di cui al Prospetto VI della norma; il diametro nominale DN; il tipo di utilizzazione come da Prospetto I; la pressione nominale PN; l'indice di rigidità trasversale RG.

La marcatura, da apporsi in maniera indelebile nella zona centrale dei manufatti, dovrà comprendere: la *designazione completa*; la *data di produzione* (mese-anno); il *numero di partita* e il *marchio di fabbrica*.

TAB. 53 - Tubi PRFV. Classi A, C, E, F.  
Tolleranze sul diametro interno

Scostamenti limite su $D_i$ (mm)	
fino a 500	$\pm 1,5$
da oltre 500 fino a 1000	$\pm 4$
da oltre 1000 fino a 2000	$\pm 5$
da oltre 2000 fino a 4000	$\pm 7$





## Art. 15 MATERIALI DIVERSI E SPECIALI

### 15.1 ACCESSORI PER CAMERETTE E POZZETTI STRADALI

#### 15.1.1 Dispositivi di chiusura per camerette d'ispezione

Potranno essere del tipo quadrato, rettangolare o circolare, secondo prescrizione, con coperchi chiusini o tamponi di forma rotonda o quadrata in rapporto ai vari tipi di manufatti, ma comunque con fori di accesso (se accessibili) di luce netta mai inferiore a 600 mm. I materiali di costruzione saranno la ghisa grigia (almeno R 150 UNI ISO 185), la ghisa sferoidale o l'acciaio, impiegati da soli o in unione al calcestruzzo.

In ogni caso dovranno essere rispettate le seguenti norme di unificazione:

**UNI EN 124** - Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura e controllo di qualità.

I coperchi potranno essere dotati di fori di aerazione di sezione totale non inferiore a: 5% della superficie del cerchio (DN quota di passaggio) per i chiusini aventi quota non superiore a 600 mm; 140 cm<sup>2</sup> chiusini con quota superiore. Sotto tali coperchi, inoltre, potrà essere richiesta l'installazione di opportuni cestelli in lamiera di acciaio zincata, per la raccolta dei corpi solidi. L'impiego dei coperchi forati non risulterà idoneo per la copertura di pozzetti profondi, situati in strade con forte pendenza (ad evitare effetti di tiraggio), o laddove negli stessi pozzetti siano da installare apparecchiature e meccanismi particolari (ad evitare ingresso di acqua e di fango).

Le superfici di contatto dei chiusini, dalla Classe A 15 alla classe F 900 dovranno garantire la dovuta stabilità e silenziosità di esercizio, in particolar modo per le classi D 400, E 600 e F 900. Queste condizioni potranno essere ottenute con tutti i mezzi appropriati, quali: lavorazione meccanica, inserimento di guarnizioni elastiche, appoggio su tre punti, ecc. purché approvati dalla Direzione Lavori.

Ogni chiusino dovrà riportare, di fusione, il *nome e/o la sigla del fabbricante* e la *classe*, funzione quest'ultima del carico di prova in rapporto alle condizioni di esercizio di cui alla Tabella 55. Il carico di prova dovrà essere raggiunto in 4 minuti. La forza di pressione dovrà essere esercitata perpendicolarmente al coperchio del chiusino alloggiato nel proprio telaio a mezzo di un punzone come da prospetto VII della norma.

TAB. 55 - Chiusini per camerette d'ispezione. Classi (Norma UNI EN 124)

CLASSE	CONDIZIONI DI INSTALLAZIONE*	CARICHI DI PROVA KN
A 15	Zone ad esclusivo uso pedonale - Zone ciclabili e/o verde .....	1,5
B 125	Zone pedonali - Marciapiedi (eccezionalmente soggetti a carichi veicolari) .....	12,5
C 250	Zone di banchina - Canalette e cunette .....	25,0
D 400	Vie di circolazione (Autostrade, strade statali e provinciali) .....	40,0

\* In casi eccezionali (es. aeroporti) i chiusini potranno essere richiesti con portate di 60 t (classe E 600) o 90 t (classe F 900)

#### 15.1.2 Griglie e chiusini per pozzetti stradali (caditoie)

Le griglie potranno avere, in rapporto alle prescrizioni, la superficie superiore sagomata ad inginocchiatoio (ossia piatta e con una leggera pendenza verso il cordolo del marciapiede), ovvero concava (secondo la sagoma della cunetta stradale), con sbarre trasversali oppure parallele alla direzione della carreggiata. La distanza delle traverse, in rapporto all'orientamento rispetto alla direzione del traffico ed alla classe, dovrà risultare conforme ai prospetti 4 e 5 della UNI EN 124.

In tutti i casi la luce netta delle griglie dovrà essere non inferiore a 125 cm<sup>2</sup> (per pendenza della



carreggiata fino al 5%) e convenientemente superiore per maggiori pendenze.

Gli eventuali cestelli per la selezione e raccolta dei detriti solidi dovranno essere realizzati in lamiera di acciaio zincata, con fondo pieno e parete forata, uniti mediante chiodatura, saldatura, flangiatura, ecc. Saranno di facile sollevamento e poggeranno di norma su appositi risalti ricavati nelle pareti dei pozzetti. In rapporto all'utilizzazione il carico di prova sarà stabilito come alla Tab. 59. Il carico di prova dovrà essere riportato in fusione su ciascun elemento.

#### 15.1.3 Gradini per pozzetti di ispezione

Potranno essere, secondo prescrizione, in ghisa, in acciaio galvanizzato o zincato, o ancora in acciaio inossidabile. Potranno inoltre avere forma di bacchette (tipo DIN 19555) o di staffe (tipo corto: DIN 1211B; medio: DIN 1211A; lungo: DIN 1212).

Nel primo caso il diametro dovrà essere non inferiore a 20 mm; nel secondo caso lo stesso limite sarà rispettato dalla sezione di incastro dei bracci a mensola. In tutti i casi i gradini dovranno essere provati per un carico concentrato di estremità non inferiore a 3240 N.

## 15.2 MATERIALI PER GIUNZIONI

#### 15.2.1 Elastomeri per anelli di tenuta

Le speciali gomme con cui verranno formati gli anelli di tenuta potranno essere del tipo naturale (mescole di caucciù) o sintetico (neoprene, ecc.); dovranno comunque possedere particolari caratteristiche di elasticità (rapportate alle caratteristiche geometriche e meccaniche dei tubi) per attestare le quali il fabbricante dovrà presentare apposita certificazione da cui si rilevi il rispetto della normativa UNI EN 681-1 e comunque i seguenti dati:

- h) la classe di durezza (come definita al punto 3. della EN 681-1) espressa in gradi internazionali IRH (International Rubber Hardness) e determinata secondo UNI 7318;
- i) la resistenza a trazione (che comunque non dovrà risultare inferiore a 9 MPa);
- j) l'allungamento a rottura, in %, il cui valore minimo, determinato secondo ISO 37, non dovrà risultare inferiore ai valori riportati nel prospetto 2 della UNI EN 681/1;
- k) la deformazione massima residua a compressione, i cui valori non dovranno superare quelli riportati nello stesso prospetto;
- l) i risultati della prova di invecchiamento e di rilassamento, con riferimento ai valori e ai metodi di prova riportati in prospetto 2 della UNI EN citata.

TAB. 57 - Designazione degli elementi di tenuta in elastomero per tipo, applicazione e temperatura di esercizio

Tipo	Applicazione	Temperatura d'esercizio °C
GA	Gas combustibile	da -5 a 50
GAL	Gas combustibile	da -15 a 50
GB	Idrocarburi fluidi e gas combustibile	da -5 a 50
GBL	Idrocarburi fluidi e gas combustibile	da -15 a 50
H	Idrocarburi fluidi e gas combustibili contenenti condensati	da -5 a 50

La Direzione Lavori potrà richiedere comunque un'ulteriore documentazione dalla quale risulti il comportamento degli anelli nelle prove di: resistenza alla corrosione chimica, resistenza all'attacco microbico e resistenza alla penetrazione delle radici.

Le mescolanze di gomma naturale saranno di prima qualità, omogenee ed esenti da rigenerato o polveri di gomma vulcanizzata di recupero. Per l'impiego su tubazioni destinate a convogliare acqua



potabile tali mescolanze non dovranno contenere elementi metallici (antimonio, mercurio, manganese, piombo e rame) od altre sostanze che possano alterare le proprietà organolettiche.

Le guarnizioni con diametro interno fino a 1100 mm dovranno essere ottenute per stampaggio e dovranno presentare omogeneità di materiale, assenza di bolle d'aria, vescichette, forellini e tagli; la loro superficie dovrà essere liscia e perfettamente stampata, esente da difetti, impurità o particelle di natura estranea.

Ogni guarnizione (o unità di imballaggio di elementi di tenuta) dovrà essere marcata in modo chiaro e durevole con le seguenti indicazioni: dimensione nominale, identificazione del fabbricante, tipo di applicazione e classe di durezza, marchio di certificazione dell'organismo di controllo, trimestre ed anno di fabbricazione, eventuali caratteristiche particolari ed infine l'indicazione abbreviata della gomma.

Per le guarnizioni relative alle condotte di gas, si farà riferimento alla seguente norma di unificazione:

**UNI EN 682** - Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali elastomerici utilizzati in tubi e raccordi per il trasporto di gas e idrocarburi fluidi.

Gli elementi di tenuta in elastomero per tubi e raccordi per il trasporto di gas ed idrocarburi fluidi saranno classificati in base alla loro durezza secondo le categorie riportate in Tab. 56 ed avranno i requisiti riportati al punto 4 della norma, particolarmente compendati nei prospetti 2 e 3 della stessa. Per la designazione, le applicazioni e la temperatura di esercizio, si farà riferimento alla Tab. 57.

**TAB. 56 - Guarnizioni in elastomero per gas e idrocarburi liquidi. Categorie di durezza**

Categoria di durezza	50	60	70	80	90
Campo di durezza, IRHD	46-55	56-65	66-75	76-85	86-95

Ogni elemento di tenuta, o unità imballaggio di elementi di tenuta dovrà essere marcato in maniera indelebile con le seguenti indicazioni: dimensione nominale; marchio di fabbrica; riferimento alla norma e tipo e categoria di durezza; tipo di elastomero (in sigla); caratteristiche particolari. Per la marcatura CE e l'etichettatura, sarà fatto riferimento all'Appendice ZA.3.

#### **15.2.2 Corda catramata**

Dovrà essere di canapa (commercialmente chiamata "tozzo"), del diametro di 15 ÷ 20 mm, formata da quattro o cinque capi leggermente ritorti; sarà ben ventilata e stagionata nonché fortemente ed uniformemente imbevuta di catrame vegetale. Non dovrà assolutamente presentare inclusione di juta o di altra fibra vegetale meno resistente della canapa né dovrà essere imbevuta con bitume derivato dalla distillazione del gas illuminante. Secondo le norme DIN 4038, 500 g di corda, sottoposta per 5 minuti ad un carico di 300 kgf alla temperatura di 25 °C, non dovranno lasciare uscire alcuna goccia della sostanza di imbibizione.

#### **15.2.3 Mastici bituminosi per giunzioni plastiche a caldo**

Ottenuti mescolando ad una base di bitume, pece di catrame di carbon fossile od altre simili sostanze plastiche, dei riempitivi insolubili in acqua e non rigonfiabili, tali prodotti dovranno essere resistenti alle radici, avere un punto di rammollimento di almeno 70 °C, presentarsi tenaci, resistenti e non fragili alla temperatura di 0 °C, avere un punto di fusibilità inferiore a 180 °C (al fine di evitare l'evaporazione degli additivi tossici per le radici) e presentare infine una buona adesività alla temperatura di fusione. Le sostanze impiegate per la produzione dei mastici bituminosi non dovranno inoltre avere effetti tossici sugli operai o sulle acque freatiche, né dovranno essere additivate con fenoli volatili.



#### 15.2.4 Mastici per giunzioni plastiche a freddo

Ottenuti con sostanze a base di bitume o pece di catrame di carbon fossile, i prodotti presenteranno una consistenza plastico-dura, tale però da consentire la lavorazione con i normali mezzi di cantiere ad una temperatura propria di +10 °C (mastici plastici o mastici spatolabili). Gli eventuali additivi emollienti non dovranno essere volatili, e ciò onde evitare l'eccessivo indurimento della massa sigillante.

### 15.3 MATERIALI PER RIVESTIMENTI PROTETTIVI

#### 15.3.1 Bitume e miscela bituminosa

Dovranno avere le caratteristiche riportate nella Tabella 58.

TAB. 58 - Materiali per rivestimenti bitumati. Caratteristiche

CARATTERISTICHE	Unità di misura	MATERIALI		
		Vernice bituminosa	Bitume ossidato matrice per miscela	Miscela bituminosa
Punto di rammollimento (P.A.)	°C	100 ÷ 110	100 ÷ 110	100 ÷ 120
Penetrazione a 25 °C.	dmm	< 25	< 25	< 20
Punto di rottura Fraass	°C	< -8	< -8	< -6

#### 15.3.2 Fibre di vetro per armatura

Dovranno avere le caratteristiche riportate nella Tabella 59.

TAB. 59 - Fibre di vetro per rivestimenti armati. Caratteristiche

MATERIALI	CARATTERISTICHE				
	Massa (g/m <sup>2</sup> )	Rottura a trazione		Classe idrolitica %	Massa dopo calcinazione g/m <sup>2</sup>
		longitudinale kg /5 cm	trasversale kg/5 m		
Tessuto di vetro «tipo 7»	210 ± 20	> 40	> 40	< 3	> 170
Tessuto di vetro «tipo 8»	210 ± 20	> 40	> 40	< 3	> 170
Tessuto di vetro «tipo 9»	60 ± 10	> 15	> 3	< 3	> 40



## **15.4 APPARECCHI DI APPOGGIO**

### *15.4.1 Generalità*

Tutti i materiali da impiegare nella costruzione degli apparecchi di appoggio saranno sottoposti a collaudo tecnologico da parte della Direzione Lavori, a cura e spese dell'Appaltatore e alla presenza di un suo rappresentante, prima dell'inizio della lavorazione. A tale scopo è fatto obbligo all'Appaltatore di concordare in tempo utile con la stessa Direzione, la data di esecuzione di ciascuna operazione di collaudo.

Il collaudo tecnologico sarà di norma eseguito presso i laboratori degli stabilimenti di produzione, ferma restando la facoltà della Direzione Lavori di prelevare campioni da sottoporre a prove presso laboratori di propria scelta ogni qualvolta lo ritenesse opportuno. Gli oneri relativi saranno a carico dell'Appaltatore. Per ogni operazione di collaudo sarà redatto, a cura dello stabilimento di produzione, apposito verbale che sarà firmato dalla Direzione Lavori e dai rappresentanti dello stabilimento e dell'Appaltatore.

I produttori di appoggi strutturali dovranno essere in possesso di attestato di conformità (marcatura CE) secondo il D.P.R. n. 246/93, art. 7, comma 1, lett. A, alla relativa norma europea armonizzata dalla serie UNI EN 1337.

### *15.4.2 Apparecchi metallici*

Tanto gli apparecchi di tipo mobile, quanto quelli di tipo fisso, dovranno essere realizzati nel rispetto delle prescrizioni contenute al punto 11.5 delle *"Norme tecniche per la costruzione"* emanate con D.M. 18 gennaio 2008..

Le norme dovranno osservarsi anche nel caso in cui gli elementi metallici fossero costituiti da acciai di tipo speciale (al cromo, al nichel-cromo), ovvero da acciai trattati superficialmente con procedimenti chimici o elettrochimici, oppure da placcature o da combinazioni di acciai di diverse qualità. In ogni caso sarà prescritta la presentazione, da parte dell'Appaltatore, di apposito certificato, rilasciato da un Laboratorio ufficiale, comprovante le caratteristiche di resistenza dei metalli.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile all'approvazione della Direzione, il progetto esecutivo degli apparecchi di appoggio. Tale progetto, che dovrà corrispondere alle norme ed ai tipi stabiliti dalla Direzione Lavori, o diversamente indicati, e alle disposizioni e norme vigenti in materia, dovrà contenere:

- la capacità portante degli apparecchi, il coefficiente di attrito e la durabilità;
- il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento (con esposizione separata dei contributi dovuti ai carichi permanenti e accidentali, alle variazioni termiche, alle deformazioni viscosi e al ritiro del calcestruzzo) tenuto conto di un congruo franco di sicurezza;
- l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità e il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- l'indicazione della preregolazione da effettuare sugli apparecchi al momento del montaggio, in funzione della temperatura ambiente e della stagionatura del calcestruzzo (se presente) al momento della posa;
- l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento alle norme UNI;
- l'indicazione delle reazioni che gli apparecchi dovranno sopportare, la verifica statica dei singoli componenti e la determinazione delle pressioni di contatto;
- l'indicazione delle modalità di collegamento degli apparecchi ai pulvini e alle strutture degli impalcati e degli eventuali accorgimenti da adottare per il montaggio provvisorio.



Nel caso in cui fosse previsto l'impiego di lamine di resine fluoro-carboniche (tipo Teflon) aventi potere autolubrificante, esse di regola dovranno coprire almeno il 75% della superficie di appoggio e dovranno essere incollate sull'elemento metallico di supporto a mezzo di adesivi speciali strutturali atti ad assicurare l'inamovibilità delle lamine nelle condizioni di maggiore sollecitazione. Il materiale potrà essere costituito di resina pura ovvero di resina caricata con vari agenti (fibre di vetro, grafite, ecc.) atti ad aumentarne la resistenza e il potere autolubrificante. Lo spessore delle lamine varierà da 6 mm (se incassate) a 15 mm, salvo diversa prescrizione.

Nel caso di impiego di piastre in ottone, tale materiale dovrà risultare rispondente alle norme UNI in vigore.

#### **15.4.3      *Apparecchi di gomma e misti***

Potranno essere di *tipo semplice*, costituiti da un solo strato di gomma (in generale di tipo policloroprenico, neoprene, ecc.) o di *tipo armato*, costituiti da strati alterni di gomma e di lamiera di acciaio tra di loro efficacemente incollati.

La gomma avrà durezza Shore A di  $60 \pm 5$  punti (valore medio), carico di rottura a trazione non inferiore a  $13 \text{ N/mm}^2$  ed allungamento a rottura non inferiore al 50%. L'acciaio di armatura dovrà avere tensione di snervamento minima di  $235 \text{ N/mm}^2$ , tensione di rottura tra  $412 \div 520 \text{ N/mm}^2$  ed allungamento a rottura minimo del 23%.

Dovrà farsi comunque riferimento alle norme della serie UNI EN 1337 richiamate nelle generalità e, per quanto non in contrasto con le stesse, alla norma CNR UNI 10018 (oggi ritirata) dal titolo "*Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli appoggi di gomma nelle costruzioni*".

### **15.5      *SEGNALI STRADALI***

Tutti i segnali dovranno essere rigorosamente conformi ai tipi, alle dimensioni nonché alle misure prescritte dal Regolamento di Esecuzione del nuovo Codice della Strada (approvato con D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495, e successive modifiche e integrazioni).

I segnali saranno costruiti in ogni loro parte in lamiera di acciaio di spessore non inferiore a 10/10 di mm ovvero in lamiera di alluminio semicrudo puro di spessore non inferiore a 25/10 o 30/10 di mm, secondo prescrizione e saranno rinforzati sul perimetro con una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola; sul retro saranno dotati di attacchi speciali per l'ancoraggio dei sostegni.

I segnali, sia di acciaio che di alluminio, dovranno essere idoneamente trattati contro la corrosione e verniciati; in particolare il retro e la scatolatura dei cartelli saranno rifiniti in colore grigio neutro opaco.

I segnali dovranno riportare, sul retro, il nome del fabbricante, quello dell'Ente proprietario della strada e l'anno di fabbricazione. Il complesso di tali iscrizioni non dovrà occupare una superficie maggiore di  $200 \text{ cm}^2$ , secondo quanto disposto dall'art. 77 del Regolamento. Per i segnali di precrizione, ad accettazione di quelli utilizzati nei cantieri stradali, dovranno inoltre essere riportati gli estremi dell'ordinanza di prescrizione.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare, per la relativa accettazione preliminare, i campioni rappresentativi della fornitura ed inoltre, a garanzia della conformità dei campioni stessi alle norme prescritte, dichiarazioni impegnative e certificati ufficiali di analisi da cui risultino:

- le caratteristiche tecniche dei prodotti impiegati nella fornitura;
- i tipi e i cicli di lavorazione eseguiti presso il fabbricante con l'indicazione delle attrezzature impiegate;
- le prove tecnologiche e le analisi fotometriche effettuate.

La Direzione Lavori si riserva comunque la facoltà di prelevare in qualsiasi momento, senza preavviso,



campioni di tutti i materiali impiegati per sottoporli agli accertamenti che riterrà opportuno eseguire presso riconosciuti Istituti specializzati. Il tutto a carico dell'Appaltatore che sarà pertanto tenuto, ove non fosse il diretto produttore, a comunicare tempestivamente il nome del fabbricante.

## 15.6 PELlicOLE RETTORIFLETTENTI

### 15.6.1 Generalità

Le pellicole retroriflettenti, da impiegare nella realizzazione della segnaletica stradale, dovranno essere flessibili, piane e lisce, resistenti alla trazione ed all'abrasione nonché ai solventi, ai carburanti e lubrificanti, agli agenti atmosferici, alle atmosfere aggressive ed ai raggi ultravioletti. Le superfici inoltre dovranno essere stampabili con apposite paste serigrafiche trasparenti (e coprenti) e lavabili con detersivi anche forti senza subire decolorazione alcuna, o fessurazione o corrugamento. Per le proprietà di riflessione dovranno infine essere conformi alle prescrizioni di cui al D.M. 31 marzo 1995 che approva il "Disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali, integrato e modificato con D.M. 11 luglio 2000 (G.U. n. 234/2000).

In termini qualitativi le pellicole retroriflettenti saranno ritenute accettabili se avranno superato positivamente le prove di *adesività*, di *flessibilità*, di *resistenza all'invecchiamento accelerato*, alla *nebbia salina*, all'*impatto*, al *calore*, ecc. di cui al Cap. 4 dell'Allegato al decreto.

Le pellicole retroriflettenti dovranno essere sottili, a superficie perfettamente liscia e dovranno recare sul retro un adesivo protetto da un cartoncino (o da foglio di polietilene) facilmente e completamente asportabile così da non richiedere sforzi di spellamento o impiego di umidificanti o solventi. L'adesivo potrà essere del tipo a caldo (pellicole di tipo A, termoadesive) o del tipo a freddo (pellicole di tipo B, autoadesive); in entrambi i casi, ad applicazione avvenuta, lo stesso adesivo dovrà presentare alta resistenza alla trazione (superiore alla resistenza della pellicola), nonché all'acqua, alle muffe, alle soluzioni saline, a quelle detergenti ed agli agenti atmosferici in generale.

Su richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore, o per esso la Ditta fornitrice, dovrà presentare apposita certificazione, rilasciata da laboratori od istituti riconosciuti, dalla quale risultino superate favorevolmente le prove in precedenza specificate, o altre eventualmente richieste, e risultino altresì comprovati i valori del coefficiente specifico di intensità luminosa di cui ai punti che seguono.

### 15.6.2 Pellicole a normale risposta luminosa (classe 1)

Dovranno presentare, per l'accettazione, valori minimi del coefficiente di intensità luminosa retroriflessa (espresso in candele per lux di luce bianca incidente – sistema CIE illuminante A, temperatura di colore  $T_c$  2856 K) per ogni metro quadro di pellicola, come alla Tab. 60.

TAB. 60 - Pellicole retroriflettenti di classe 1. Valori minimi del coefficiente specifico di intensità luminosa retroriflessa

ANGOLI		Valori minimi del coefficiente areico di intensità luminosa ( $\text{cd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^2$ )						
Angolo di divergenza $\alpha$	Angolo di illuminazione $\beta_1$ ( $\beta_2 = 0$ )	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Marrone	Arancio
12'	5°	70,0	50,0	14,5	9,0	4,0	1,0	25,0
	30°	30,0	22,0	6,0	3,5	1,7	0,3	10,0
	40°	10,0	7,0	2,0	1,5	0,5	0,1	2,2
20'	5°	50,0	35,0	10,0	7,0	2,0	0,6	20,0
	30°	24,0	16,0	4,0	3,0	1,0	0,2	8,0
	40°	9,0	6,0	1,8	1,2	0,1	0,1	2,2
2°	5°	5,0	3,0	1,0	0,5	0,1	0,1	1,2
	30°	2,5	1,5	0,5	0,3	0,1	0,1	0,5
	40°	1,5	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1





### 15.6.3 Pellicole ad alta risposta luminosa (classe 2)

Dovranno presentare, per l'accettazione, valori minimi del coefficiente di intensità luminosa retroriflessa (espresso come al punto precedente) per ogni metro quadro di pellicola riflettente ad elevato coefficiente specifico di intensità luminosa, come alla seguente Tab. 61.

TAB. 61 - Pellicole retroriflettenti di classe 2. Valori minimi del coefficiente specifico di intensità luminosa retroriflessa

ANGOLI		Valori minimi del coefficiente areico di intensità luminosa (cd • lux <sup>-1</sup> • m <sup>2</sup> )						
Angolo di divergenza alfa	Angolo di illuminazione $\beta_1$ ( $\beta_2 = 0$ )	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	Blu	Marrone	Arancio
12°	5°	250,0	170,0	45,0	45,0	20,0	12,0	100,0
	30°	150,0	100,0	25,0	25,0	11,0	8,5	60,0
	40°	110,0	70,0	15,0	12,0	8,0	5,0	29,0
20°	5°	180,0	120,0	25,0	21,0	14,0	8,0	65,0
	30°	100,0	70,0	14,0	12,0	8,0	5,0	40,0
	40°	95,0	60,0	13,0	11,0	7,0	3,0	20,0
2°	5°	5,0	3,0	1,0	0,5	0,2	0,2	1,5
	30°	2,5	1,5	0,4	0,3	0,1	0,1	1,0
	40°	1,5	1,0	0,3	0,2	0,1	0,1	1,0

### 15.7 VERNICI RIFRANGENTI

Le vernici rifrangenti per segnaletica orizzontale dovranno essere del tipo con perline di vetro premiscelate ed avere pigmento costitutivo di biossido di titanio per il colore bianco e giallo cromo per quello giallo. Le perline di vetro contenute nella vernice dovranno essere incolori e dovranno avere un diametro compreso tra 66 ÷ 200 micron; la quantità in massa dovrà essere non inferiore al 33%.

Le vernici rifrangenti dovranno possedere le proprietà adesive nei riguardi di tutti i tipi di pavimentazione; dovranno altresì possedere ottima resistenza all'usura del traffico, alle soluzioni saline ed agenti atmosferici in generale. In particolare le proprietà rifrangenti non dovranno subire decadimenti fino al completo consumo.

Le qualità delle vernici dovranno comunque essere comprovate con referenze e certificazioni di laboratorio. Si richiama la norma:

**UNI EN 1436** - Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada.

### 15.8 GIUNTI

Giunto di dilatazione interamente in alluminio per pavimenti finiti, costituito da coppia di profili portanti ("ali"), provvisti di fori svasati (realizzati ad interasse di 200 mm. ca. da ambo i lati del giunto, n. 10 per metro di profilo) per il fissaggio del profilo al pavimento finito ai lati tramite viti speciali tipo MMS F, ai quali è incernierata la parte centrale simmetrica del profilo sul vuoto, ovvero un collegamento ad incastro scorrevole costituito da due profilati a "C" all'interno dei quali scorre il piatto centrale (ponte). Le estremità dei suddetti profilati a "C" e del piatto centrale sono provviste di risalti longitudinali il cui reciproco ingranamento impedisce l'accidentale dislocazione in esercizio del piatto stesso e ne consentono il ricentrimento. Il meccanismo a doppia articolazione descritto consente pertanto i movimenti nelle tre direzioni offrendo un'ottima planarità superficiale. Il giunto è dotato in corrispondenza dei piatti superficiali a contatto e delle cerniere cilindriche di speciali guarnizioni longitudinali per la tenuta dell'acqua della lavapavimenti e l'attutimento del rumore al passaggio dei



---

mezzi. E' altresì dotato di spine in acciaio che consentono un perfetto allineamento testa a testa tra le corrispondenti parti di due barre contigue. La parte visibile del profilo è zigrinata con funzione antiscivolo. Le estremità delle ali sono rastremate dolcemente per creare il minimo intralcio al transito dei mezzi e delle persone sul giunto.

Portata: adatto a sostenere un intenso traffico pedonale ed un transito di automezzi fino ad un peso totale a pieno carico di 30 kN (DIN 1072) qualora l'intradosso dei profilati in alluminio venga incollato in modo continuo alla superficie del pavimento finito mediante impiego di resina epossidica bicomponente tixotropica prima di procedere all'ancoraggio con i fissaggi in dotazione (viti tipo MMS F – n. 10 per metro di profilo).

Materiali: alluminio estruso.

Il profilo è caratterizzato da uno spessore delle ali in alluminio di 6,3 mm., è adatto per larghezza superficiale dei giunti di 153 mm. e consente un movimento totale di 50 mm. (± 25 mm.). Dovrà essere fornito in opera ancorato al pavimento finito con i fissaggi previsti (passo = 200 mm.) parallelamente sui due lati del giunto e preventivamente incollato al pavimento stesso, prima del fissaggio, mediante impiego di resina epossidica bicomponente tixotropica in caso di traffico di automezzi con ruote pneumatiche, compreso di ogni altro onere per dare il lavoro finito e a regola d'arte.



---

## **MODO DI ESECUZIONE DELLE CATEGORIE DI LAVORO MOVIMENTI DI MATERIE, OPERE D'ARTE, LAVORI DIVERSI**

### **Art. 16 DEMOLIZIONI**

#### **16.1 INTERVENTI PRELIMINARI**

L'Appaltatore prima dell'inizio delle demolizioni deve assicurarsi dell'interruzione degli approvvigionamenti idrici, gas, allacci di fognature; dell'accertamento e successiva eliminazione di elementi in amianto in conformità alle prescrizioni del D.M. 6 settembre 1994 recante «Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della Legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto».

#### **16.2 IDONEITÀ DELLE OPERE PROVVISORIALI**

Le opere provvisorie, in legno o in ferro, devono essere allestite sulla base di giustificati calcoli di resistenza; esse devono essere conservate in efficienza per l'intera durata del lavoro.

Prima di reimpiegare elementi di ponteggi di qualsiasi tipo si deve provvedere alla loro revisione per eliminare quelli non ritenuti più idonei.

In particolare per gli elementi metallici devono essere sottoposti a controllo della resistenza meccanica e della preservazione alla ruggine degli elementi soggetti ad usura come ad esempio: giunti, spinotti, bulloni, lastre, cerniere, ecc.

Il coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o il direttore dei lavori potrà ordinare l'esecuzione di prove per verificare la resistenza degli elementi strutturali provvisori impiegati dall'Appaltatore.

#### **16.3 ALLONTANAMENTO E /O DEPOSITO DELLE MATERIE DI RISULTA**

Il materiale di risulta ritenuto inutilizzabile dal direttore dei lavori per la formazione di rilevati o rinterri, deve essere allontanato dal cantiere per essere portato a rifiuto presso pubblica discarica del comune in cui si eseguono i lavori o altra discarica autorizzata ovvero su aree preventivamente acquisite dal comune ed autorizzate dal comune; diversamente l'Appaltatore potrà trasportare a sue spese il materiale di risulta presso proprie aree.

Il materiale proveniente dagli scavi che dovrà essere riutilizzato dovrà essere depositato entro l'ambito del cantiere, o sulle aree precedentemente indicate ovvero in zone tali da non costituire intralcio al movimento di uomini e mezzi durante l'esecuzione dei lavori.

#### **16.4 PROPRIETÀ DEI MATERIALI DA DEMOLIZIONE A SCAVO**

I materiali provenienti da scavi o demolizioni restano in proprietà della stazione appaltante; quando, a giudizio della direzione dei lavori, possano essere reimpiegati, l'Appaltatore deve trasportarli e regolarmente accatastarli per categorie nei luoghi stabiliti dalla direzione stessa, essendo di ciò compensato con gli appositi prezzi di elenco.

Qualora in particolare i detti materiali possano essere usati nei lavori oggetto del presente capitolato, l'Appaltatore avrà l'obbligo di accettarli; in tal caso verrà ad essi attribuito un prezzo pari al 50% del corrispondente prezzo dell'elenco contrattuale; i relativi importi devono essere dedotti dall'importo netto dei lavori, restando a carico dell'Appaltatore le spese di trasporto, accatastamento, cernita, lavaggio, ecc.



## **Art. 17 SCAVI E SBANCAMENTI IN GENERALE**

### **17.1 RICOGNIZIONE**

L'Appaltatore prima di eseguire gli scavi o gli sbancamenti previsti deve verificare la presenza di eventuali scavi precedenti, tubazioni di acqua, gas e fognature, cavi elettrici e telefonici, cavità sotterranee, ecc., eventualmente non indicati (o erroneamente indicati) negli elaborati progettuali esecutivi, in modo da potere impiegare i mezzi idonei per l'esecuzione dei lavori in appalto.

Il cantiere dovrà essere delimitato da recinzione in rete metallica fissata con paletti di ferro o legno, infissi nel terreno o in plinti in calcestruzzo.

### **17.2 VIABILITÀ NEI CANTIERI**

Durante i lavori deve essere assicurata nei cantieri la viabilità delle persone e dei veicoli.

Le rampe di accesso al fondo degli scavi di splateamento o di sbancamento devono avere una carreggiata solida, atta a resistere al transito dei mezzi di trasporto di cui è previsto l'impiego, ed una pendenza adeguata alla possibilità dei mezzi stessi.

La larghezza delle rampe deve essere tale da consentire un franco di almeno 70 cm, oltre la sagoma di ingombro del veicolo. Qualora nei tratti lunghi il franco sia limitato ad un solo lato, devono essere realizzate piazzuole o nicchie di rifugio ad intervalli non superiori a 20,00 m lungo l'altro lato.

I viottoli e le scale con gradini ricavati nel terreno o nella roccia devono essere provvisti di parapetto nei tratti prospicienti il vuoto quando il dislivello superi i 2,00 m.

Le alzate dei gradini ricavati in terreno friabile devono essere sostenute, ove occorra, con tavole e paletti robusti.

Alle vie di accesso ed ai punti pericolosi non proteggibili devono essere apposte segnalazioni opportune e devono essere adottate le precauzioni necessarie per evitare la caduta di gravi dal terreno a monte dei posti di lavoro.

### **17.3 SPLATEAMENTO E SBANCAMENTO**

Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco, secondo le prescrizioni dell'art. 118 del D.lgs. 81/08 devono avere un'inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di 1,50 m è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, si deve provvedere all'armatura o al consolidamento del terreno.

Nei lavori di scavo eseguiti con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.

Il posto di manovra dell'addetto all'escavatore, quando questo non sia munito di cabina metallica, deve essere protetto con solido riparo. Ai lavoratori deve essere fatto esplicito divieto di avvicinarsi alla base della parete di attacco e, in quanto necessario in relazione all'altezza dello scavo o alle condizioni di accessibilità del ciglio della platea superiore, la zona superiore di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni spostabili col proseguire dello scavo.

### **17.4 SCAVO A SEZIONE OBBLIGATA: POZZI, SCAVI E CUNICOLI**

Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 1,50 m, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, secondo le prescrizioni



dell'art. 119 del D.lgs. 81/08, 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 almeno 30 cm rispetto al livello del terreno o stradale.

Nello scavo dei cunicoli, salvo che si tratti di roccia che non presenti pericolo di distacchi, devono predisporre idonee armature per evitare franamenti della volta e delle pareti. Dette armature devono essere applicate man mano che procede il lavoro di avanzamento; la loro rimozione può essere effettuata in relazione al progredire del rivestimento in muratura.

Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano edifici o manufatti, le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.

Nell'infissione di pali di fondazione devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine, con pericolo per i lavoratori.

Nei lavori in pozzi di fondazione profondi oltre 3,00 m deve essere disposto, a protezione degli operai addetti allo scavo ed all'asportazione del materiale scavato, un robusto impalcato con apertura per il passaggio della benna.

#### **17.5    *SCAVI IN PRESENZA D'ACQUA. PROSCIUGAMENTO***

Si ritengono scavi subacquei quelli eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto un livello costante determinato da acque sorgive nelle cavità di fondazione, sia dopo un parziale prosciugamento con pompe, sia dopo la predisposizione di canali di drenaggio.

Se l'Appaltatore, in caso di acque sorgive o filtrazioni, non potesse far defluire l'acqua naturalmente, è in facoltà della direzione dei lavori di ordinare, secondo i casi e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento.

Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la direzione dei lavori ordinasse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi saranno eseguiti in economia, e l'Appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari.

I sistemi di prosciugamento del fondo adottati dall'Appaltatore devono essere accettati dalla direzione dei lavori, specialmente durante l'esecuzione di strutture in muratura o in c.a. al fine di prevenire il dilavamento delle malte.

#### **17.6    *IMPIEGO DI ESPLOSIVI***

L'uso di esplosivi per l'esecuzione di scavi è vietato.

#### **17.7    *DEPOSITO DI MATERIALI IN PROSSIMITÀ DEGLI SCAVI***

È vietato, secondo le prescrizioni dell'art. 120 del D.lgs. 81/08, costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi, soprattutto se privi delle necessarie armature, in quanto il materiale accumulato può esercitare pressioni tali da provocare frane.

Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.

#### **17.8    *DIVIETI PER L'APPALTATORE DOPO L'ESECUZIONE DEGLI SCAVI***

L'Appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi non può iniziare l'esecuzione delle opere, prima che la direzione dei lavori abbia verificato la rispondenza geometrica degli scavi o sbancamenti alle



prescrizioni del progetto esecutivo e l'eventuale successiva verifica geologica e geotecnica del terreno di fondazione.

#### **17.9 SISTEMAZIONE DI STRADE, ACCESSI E RIPRISTINO PASSAGGI**

Sono a carico dell'Appaltatore gli oneri per la sistemazione delle strade e dei collegamenti esterni ed interni, la collocazione, se necessario, di ponticelli, andatoie, rampe, scalette di adeguata portanza e sicurezza.

Prima di dare inizio ai lavori di sistemazione, varianti, allargamenti ed attraversamenti di strade esistenti, l'impresa è tenuta ad informarsi se eventualmente nelle zone nelle quali ricadono i lavori stessi esistono cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, gasdotti, fognature). In caso affermativo l'impresa dovrà comunicare agli enti proprietari di dette opere (Enel, Telecom., P.T., comuni, consorzi, società, ecc.) la data presumibile dell'esecuzione dei lavori nelle zone interessate, chiedendo altresì tutti quei dati (ubicazione, profondità, ecc.) necessari al fine di eseguire tutti i lavori con quelle cautele opportune per evitare danni alle opere su accennate.

Il maggior onere al quale l'impresa dovrà sottostare per l'esecuzione dei lavori in dette condizioni si intende compreso e compensato con i prezzi di elenco.

Qualora, nonostante le cautele usate, si dovessero manifestare danni ai cavi o alle condotte, l'impresa dovrà procedere a darne immediato avviso con il mezzo più opportuno sia agli enti proprietari delle strade che agli enti proprietari delle opere danneggiate oltreché, naturalmente, alla direzione dei lavori.

Rimane stabilito che nei confronti dei proprietari delle opere danneggiate l'unica responsabile rimane l'impresa, restando del tutto estranea l'amministrazione e la direzione dei lavori da qualsiasi vertenza, sia essa civile che penale.

Fanno comunque carico all'amministrazione gli oneri relativi a spostamenti temporanei e/o definitivi di cavi o condotte che si rendessero necessari.

#### **17.10 SMACCHIAMENTO DELL'AREA**

Sono a carico dell'Appaltatore gli oneri per lo smacchiamento generale della zona interessata dai lavori, ivi incluso il taglio di alberi, siepi e l'estirpazione di eventuale ceppaie.

#### **17.11 ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI O DI INFILTRAZIONE**

Sono a carico dell'Appaltatore gli oneri per l'esaurimento delle acque superficiali o di infiltrazione concorrenti nei cavi e l'esecuzione di opere provvisorie per lo scolo e la deviazione preventiva di esse dalle sedi stradali o dal cantiere, in generale.

#### **17.12 PROPRIETÀ DEGLI OGGETTI RITROVATI**

La stazione appaltante, salvi i diritti che spettano allo Stato a termini di legge, si riserva la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte o l'archeologia o l'etnologia, compresi i relativi frammenti, che si rinvenivano nei fondi occupati per l'esecuzione dei lavori e per i rispettivi cantieri e nella sede dei lavori stessi. L'Appaltatore dovrà pertanto consegnarli alla stazione appaltante, che gli rimborserà le spese incontrate per la loro conservazione e per le speciali operazioni che fossero state espressamente ordinate al fine di assicurarne l'incolumità ed il diligente recupero.

Qualora l'Appaltatore, nella esecuzione dei lavori, scopra ruderi monumentali, deve darne subito notizia al direttore dei lavori e non può demolirli né alterarli in qualsiasi modo senza il preventivo permesso del direttore stesso.

L'Appaltatore deve denunciare immediatamente alle forze di pubblica sicurezza il rinvenimento di sepolcri, tombe, cadaveri e scheletri umani, ancorché attinenti pratiche funerarie antiche, nonché il



rinvenimento di cose, consacrate o meno, che formino o abbiano formato oggetto di culto religioso o siano destinate all'esercizio del culto o formino oggetto della pietà verso i defunti. L'Appaltatore dovrà altresì darne immediata comunicazione al direttore dei lavori, che potrà ordinare adeguate azioni per una temporanea e migliore conservazione, segnalando eventuali danneggiamenti all'autorità giudiziaria.

## **Art. 18 SCAVI TRINCEE, COORD. ALTIMETRICO, LIVELLETTE PER POSA IN OPERA TUBAZIONI**

### **18.1 GENERALITÀ**

Gli scavi per la posa in opera delle tubazioni devono essere costituiti da tratte rettilinee (livellette) raccordate da curve. Qualora fossero necessarie deviazioni, si utilizzeranno i pezzi speciali di corrente produzione o loro combinazioni delle specifiche tubazioni. L'andamento serpeggiante, sia nel senso altimetrico sia planimetrico, dovrà essere quanto più possibile evitato.

La larghezza degli scavi dovrà essere tale da garantire la migliore esecuzione delle operazioni di posa in opera in rapporto alla profondità, alla natura dei terreni, ai diametri delle tubazioni ed ai tipi di giunti da eseguire.

In corrispondenza delle giunzioni dei tubi e dei pezzi speciali devono praticarsi, entro lo scavo, bocchette o nicchie allo scopo di facilitare l'operazione di montaggio.

L'Appaltatore ha l'obbligo di effettuare, prima dell'inizio dei lavori, il controllo ed il coordinamento delle quote altimetriche delle fognature esistenti alle quali la canalizzazione da costruire dovrà eventualmente collegarsi.

Qualora, per qualunque motivo, si rendessero necessarie modifiche alle quote altimetriche di posa delle condotte o ai salti di fondo, prima dell'esecuzione dei relativi lavori, sarà necessaria l'autorizzazione della direzione dei lavori.

In caso di inosservanza a quanto prescritto e per le eventuali variazioni non autorizzate della pendenza di fondo e delle quote altimetriche, l'Appaltatore dovrà, a propria cura e spese, apportare tutte quelle modifiche alle opere eseguite che, a giudizio della direzione dei lavori, si rendessero necessarie per garantire la funzionalità delle opere in appalto.

Non sono ammesse contropendenze o livellette in piano: eventuali errori d'esecuzione della livelletta che, a giudizio insindacabile della direzione dei lavori o del collaudatore, siano giudicati accettabili in quanto non pregiudicano la funzionalità delle opere, non daranno luogo all'applicazione di oneri a carico dell'Appaltatore.

Qualora invece detti errori di livelletta, a giudizio insindacabile della direzione dei lavori o del collaudatore, dovessero pregiudicare la funzionalità delle opere, si applicheranno le penali previste dal presente capitolato.

Le radici degli alberi in corrispondenza della trincea nella zona interessata all'attraversamento della condotta devono essere accuratamente eliminate.

### **18.2 INTERFERENZE CON EDIFICI**

Quando gli scavi si sviluppino lungo strade affiancate da edifici esistenti, si dovrà operare in modo da non ridurre la capacità portante dell'impronta delle fondazioni. Gli scavi devono essere preceduti da attento esame delle loro fondazioni, integrato da sondaggi, tesi ad accertarne natura, consistenza e profondità, quando si possa presumere che lo scavo della trincea risulti pericoloso per la stabilità dei fabbricati. Verificandosi tale situazione, l'Appaltatore dovrà ulteriormente procedere, a sue cure e spese, ad eseguire i calcoli di verifica della stabilità nelle peggiori condizioni che si possano determinare durante i lavori ed a progettare le eventuali opere di presidio, provvisorie o permanenti, che risulti opportuno realizzare.





Le prestazioni relative all'esecuzione dei sondaggi e alla realizzazione delle opere di presidio alle quali – restando ferma ed esclusiva la responsabilità dell'Appaltatore – si sia dato corso secondo modalità consentite dalla direzione dei lavori, faranno carico alla stazione appaltante e verranno remunerate ai prezzi d'elenco.

Qualora, lungo le strade sulle quali si devono realizzare le opere, qualche fabbricato presenti lesioni o, in rapporto al suo stato, induca a prevederne la formazione in seguito ai lavori, sarà obbligo dell'Appaltatore redigerne lo stato di consistenza in contraddittorio con le proprietà interessate, corredandolo di un'adeguata documentazione fotografica e installando, all'occorrenza, idonee spie.

### **18.3 ATTRAVERSAMENTI DI MANUFATTI**

Nel caso si debbano attraversare dei manufatti, deve assolutamente evitarsi di murare le tubazioni negli stessi, in quanto ciò potrebbe provocare la rottura dei tubi agli incastri in dipendenza degli inevitabili anche lievi assestamenti delle tubazioni e del manufatto. Bisogna invece provvedere alla creazione di un certo spazio fra muratura e tubo fasciando quest'ultimo per tutto lo spessore del manufatto con cartone ondulato o cemento plastico.

Ad ogni modo è sempre buona norma installare un giunto immediatamente a monte ed uno immediatamente a valle del tratto di tubazione che attraversa la parete del manufatto; eventuali cedimenti saranno così assorbiti dall'elasticità dei giunti più prossimi.

### **18.4 INTERFERENZE CON SERVIZI PUBBLICI SOTTERRANEI**

Prima dell'inizio dei lavori di scavo, sulla scorta dei disegni di progetto e/o mediante sopralluoghi con gli incaricati degli uffici competenti, si devono determinare con esattezza i punti dove la canalizzazione interferisce con servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, telefonici e simili, nonché manufatti in genere).

Nel caso di intersezione, i servizi interessati devono essere messi a giorno ed assicurati solo alla presenza di incaricati degli uffici competenti. In ogni caso, appena venga scoperto un condotto non in precedenza segnalato, appartenente ad un servizio pubblico sotterraneo, o si verifichi un danno allo stesso durante i lavori, l'Appaltatore dovrà avvertire immediatamente l'ufficio competente.

I servizi intersecati devono essere messi a giorno mediante accurato scavo a mano, fino alla quota di posa della canalizzazione, assicurati mediante un solido sistema di puntellamento nella fossa e – se si tratta di acquedotti – protetti dal gelo nella stagione invernale, prima di avviare i lavori generali di escavazione con mezzi meccanici.

Le misure di protezione adottate devono assicurare stabilmente l'esercizio dei servizi intersecati. Qualora ciò non sia possibile, su disposizione della direzione dei lavori, sentiti gli uffici competenti, si provvederà a deviare dalla fossa i servizi stessi.

Saranno a carico della stazione appaltante esclusivamente le spese occorrenti per quegli spostamenti dei pubblici servizi che, a giudizio della direzione dei lavori, risultino strettamente indispensabili. Tutti gli oneri che l'impresa dovrà sostenere per le maggiori difficoltà, derivanti ai lavori a causa dei servizi stessi, si intendono già remunerati dai prezzi stabiliti dall'elenco per l'esecuzione degli scavi.

### **18.5 INTERFERENZE CON CORSI D'ACQUA**

L'Appaltatore dovrà provvedere con diligenza, a sue cure e spese, salvo casi speciali stabiliti di volta in volta dalla direzione dei lavori, ad assicurare la continuità dei corsi d'acqua intersecati o interferenti con i lavori. A tal fine devono, se è il caso, essere realizzati idonei canali, da mantenere convenientemente spurgati, lungo i quali far defluire le acque sino al luogo di smaltimento, evitando in tal modo l'allagamento degli scavi.

Non appena realizzate le opere, l'Appaltatore dovrà, sempre a sue cure e spese, provvedere con tutta



sollecitudine a riattivare l'originario letto del corso d'acqua, eliminando i canali provvisori e ponendo in pristino stato il terreno interessato dagli stessi.

L'Appaltatore dovrà curare che, per effetto delle opere di convogliamento e smaltimento delle acque, non derivino danni a terzi; in ogni caso egli è tenuto a sollevare la stazione appaltante da ogni spesa per compensi che dovessero essere pagati e liti che dovessero insorgere.

## **18.6 REALIZZAZIONE DELLA FOSSA**

### *18.6.1 Accorgimenti*

L'impresa dovrà eseguire lo scavo con mezzi idonei, avendo la massima cura di:

- rispettare scrupolosamente le quote di progetto esecutivo indicate nei profili longitudinali;
- impedire con ogni mezzo il franamento delle pareti sia per evitare incidenti al personale, sia per non avere modifiche alla sezione di scavo e danneggiamenti alla tubazione eventualmente posata;
- eliminare, sia all'interno dello scavo sia negli immediati dintorni, eventuali radici il cui successivo sviluppo potrebbe danneggiare le condotte;
- provvedere nel modo migliore, alla raccolta e allontanamento delle acque meteoriche, nonché di quelle di falda e sorgive eventualmente incontrate;
- accumulare il materiale di scavo ad una distanza tale da consentire il libero movimento del personale e delle tubazioni onde evitare il pericolo di caduta di tale materiale ed in particolare di pietre sui manufatti già posati, avendo però anche cura di non ostacolare l'eventuale traffico di superficie.
- durante l'apertura di trincee in terreni eterogenei, collinari o montagnosi dovrà premunirsi da eventuali smottamenti o slittamenti mediante opportune opere di sostegno e di ancoraggio.

Se si ha motivo di ritenere che l'acqua di falda eventualmente presente nello scavo possa determinare una instabilità del terreno di posa e dei manufatti in muratura, occorre consolidare il terreno circostante con opere di drenaggio che agiscano sotto il livello dello scavo, in modo da evitare, in definitiva, che l'acqua di falda possa provocare spostamenti del materiale di rinterro che circonda il tubo. La larghezza dello scavo dovrà essere sufficiente per permettere una sistemazione corretta del fondo ed un agevole collegamento dei diversi elementi della tubazione.

### *18.6.2 Opere provvisorie*

Le pareti delle fosse devono essere armate in modo compatto, senza lacune, con armatura orizzontale o verticale, realizzata mediante tecniche corrette rispettando le indicazioni specifiche della direzione dei lavori e le norme antinfortunistiche. A giudizio della direzione dei lavori, potrà essere evitata unicamente l'armatura di fosse poco profonde, purché scavate in suoli naturali compatti ed all'esterno di strade che rimangono aperte al traffico.

Le eventuali tavole di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi di almeno 30 cm sopra la superficie stradale (art. 13 del D.P.R. n. 164/1956). Se le armature dello scavo o i bicchieri e le diramazioni dei condotti sporgono in modo tale da ostacolare i lavori, si deve provvedere ad allargare localmente lo spazio di lavoro. In particolare, fino alla profondità di 4,00 m, si adotterà di norma l'armatura con tavole orizzontali aventi lunghezza minima di 4,00 m e spessore minimo di 5 cm, purché il terreno sia sufficientemente resistente.

Gli spazi cavi tra l'armatura e le pareti dello scavo devono essere riempiti con materiali granulari fini (sabbia-ghiaietto), per assicurare un appoggio ineccepibile.

Le tavole verranno fissate in gruppi di 3-4 con traverse verticali e compresse mediante sbatocchi trasversali contro le pareti dello scavo. Con fosse più profonde di 4,00 m e comunque con terreni poco stabili, verrà adottata di norma l'armatura verticale, con tavole o palancole conficcate ad almeno 30 cm sotto il fondo della fossa, collegate da traverse orizzontali e compresse mediante sbatocchi trasversali contro le pareti dello scavo. Ovvero, a giudizio della direzione dei lavori, verrà adottato un



sistema misto, con armatura orizzontale nella parte superiore e verticale nella parte inferiore dello scavo.

Nell'esecuzione degli scavi in trincea, l'Appaltatore – senza che ciò possa costituire diritto a speciale compenso – dovrà uniformarsi, riguardo alla lunghezza delle tratte da scavare, alle prescrizioni che fossero impartite dal direttore dei lavori. Pure senza speciale compenso – bensì con semplice corresponsione dei prezzi o delle maggiorazioni che l'elenco stabilisce in funzione delle varie profondità – l'Appaltatore dovrà spingere gli scavi occorrenti alla fondazione dei manufatti fino a terreno stabile. La suola della fossa deve essere realizzata conformemente alla pendenza di progetto, avendo cura di ripristinare l'originaria portanza del terreno smosso, mediante adeguato costipamento. Se il condotto viene posato direttamente sulla suola e ricalzato, dovrà prestarsi attenzione che la suola non abbia una compattezza superiore a quella del ricalzo.

Se sul fondo della fossa affiora suolo di tipo legante, dovrà essere temporaneamente difeso dall'imbibizione, che provocherebbe rammollimento. Lo strato protettivo dovrà essere allontanato immediatamente prima di costruire la canalizzazione.

### *18.6.3 Aggottamenti*

Le canalizzazioni saranno costruite mantenendo il piano di posa costantemente all'asciutto. Pertanto, in caso di immissione e successivo ristagno nella fossa di scavo di acque superficiali o sorgive, ovvero nel caso in cui la suola della fossa si trovi ad una quota inferiore al livello della falda freatica, si dovrà provvedere alle necessarie opere di aggottamento o abbassamento della falda.

Va tuttavia precisato che, poiché gli scavi devono di norma essere eseguiti da valle verso monte, per consentire lo smaltimento a deflusso naturale delle acque entrate nella fossa, quando tale smaltimento, data la natura del suolo, sia possibile senza ristagni, l'Appaltatore non avrà diritto ad alcun particolare compenso per aggottamenti. Parimenti, quando l'Appaltatore non assuma i provvedimenti atti ad evitare il recapito di acque superficiali nelle fosse di scavo, l'aggottamento in caso di ristagno sarà a totale suo carico.

La posa in opera di condotte in presenza d'acqua di falda richiede che si proceda, nel tratto interessato dal lavoro, all'abbassamento del livello al di sotto del fondo dello scavo stesso con un sistema di drenaggio.

Quando la canalizzazione sia interessata da forti oscillazioni del livello freatico, i lavori devono di norma essere concentrati nella stagione in cui la falda freatica che attraversa la fossa ha il livello minimo, eccettuati diversi ordini scritti della direzione dei lavori.

Il sistema delle opere di aggottamento o di abbassamento artificiale della falda freatica dovrà essere scelto dall'Appaltatore in funzione delle caratteristiche di permeabilità del suolo e del livello della falda freatica, mettendo a disposizione i mezzi occorrenti. Tuttavia la direzione dei lavori potrà prescrivere il numero delle pompe, le caratteristiche dimensionali, la località d'impianto, l'inizio e la cessazione del funzionamento. L'impresa è obbligata a adoperare motori e pompe di buon rendimento, nonché ad assumere tutti i provvedimenti atti a mantenerlo tale per tutta la durata dell'impiego.

Sono a carico dell'impresa, oltre alle necessarie analisi delle caratteristiche di permeabilità del suolo e prospezioni per determinare il livello della falda freatica – da effettuare prima dell'inizio dei lavori – le impalcature di sostegno e le opere di riparo dei meccanismi, le prestazioni ed i materiali occorrenti all'impianto, esercizio, smontaggio – da un punto all'altro dei lavori – dei meccanismi stessi, nonché le linee di adduzione di energia elettrica e le relative cabine. Si intendono pure già remunerati con i compensi stabiliti dall'elenco per i noli delle pompe: il noleggio, la posa, e lo sgombero dei tubi d'aspirazione e di quelli necessari all'allontanamento dell'acqua aspirata dalle pompe fino allo scarico, nei limiti tuttavia d'un percorso totale di 30,00

m. Tali compensi saranno commisurati alle ore di effettivo lavoro, con deduzione delle interruzioni, qualunque ne sia la causa; essi si intendono invariabili, anche per prestazioni in ore notturne e festive.



---

Nel caso in cui fosse necessario un funzionamento continuo degli impianti di aggottamento, l'impresa – a richiesta della direzione dei lavori e senza alcun particolare compenso oltre quelli stabiliti dall'elenco prezzi – dovrà procedere all'esecuzione delle opere con due turni giornalieri e con squadre rafforzate, allo scopo di abbreviare al massimo i tempi di funzionamento degli impianti. L'impresa sarà inoltre tenuta responsabile di ogni eventuale danno e maggiore spesa conseguenti all'arresto degli impianti di aggottamento, nonché del rallentamento dei lavori per



detto motivo.

In tutti i lavori di aggotamento, si deve prestare attenzione a non asportare con l'acqua pompata particelle di terra, per non compromettere la resistenza del suolo. In ogni caso, a lavori ultimati, l'impresa dovrà provvedere, a sue cure e spese, alla pulizia dei condotti utilizzati per lo smaltimento delle acque pompate.

In caso di necessità l'Appaltatore dovrà ricorrere a sistemi di impermeabilizzazione.

#### *18.6.4 Materiali di risulta*

Senza che ciò dia diritto a pretendere maggiorazioni sui prezzi d'elenco, i materiali scavati che, a giudizio della direzione dei lavori, possano essere riutilizzati, ed in modo particolare quelli costituenti le massicciate stradali, le cotiche erbose ed il terreno di coltivo, devono essere depositati in cumuli distinti in base alla loro natura, se è il caso eseguendo gli scavi a strati successivi, in modo da poter asportare tutti i materiali d'interesse prima di approfondire le trincee.

In particolare, l'Appaltatore dovrà realizzare una tempestiva intesa con l'autorità stradale competente, al fine di identificare le modalità ed i luoghi più idonei per l'accatastamento dei materiali da riutilizzare per il successivo ripristino della massicciata stradale.

Di norma, i materiali scavati che risultino idonei per il rinterro devono essere depositati a lato della fossa, sempreché sia disponibile la superficie necessaria, in modo tale da non ostacolare o rendere pericolosi il traffico stradale e l'attività delle maestranze.

Il materiale scavato dovrà essere accumulato con un'inclinazione corrispondente all'angolo di scarpa naturale. In generale devono essere adottati tutti gli accorgimenti atti a impedire l'allagamento degli scavi da parte delle acque superficiali, gli scoscendimenti dei materiali ed ogni altro eventuale danno, che, comunque, nel caso avesse a verificarsi, dovrà essere riparato a cure e spese dell'Appaltatore.

Tra lo spigolo superiore della fossa ed il piede della scarpata del materiale di risulta, si deve mantenere libera una striscia sufficiente, come corsia dell'escavatore e per il trasporto dei materiali.

Nel deposito dei materiali di risulta, si deve prestare attenzione a non coprire gli idranti, i pozzetti d'ispezione ai condotti dei servizi pubblici sotterranei, i pozzetti per le acque di pioggia stradali e manufatti simili.

Nel caso in cui i cumuli dei materiali di risulta siano adiacenti ad alberature stradali, i tronchi degli alberi devono essere protetti con tavole di legno.

Di norma, i materiali occorrenti per la canalizzazione ed i materiali da riutilizzare per la massicciata stradale devono essere accatastati sul lato della fossa opposto a quello in cui vengono realizzati i cumuli per il rinterro, avendo cura di mantenere libera una striscia sufficiente per il trasporto dei materiali lungo la fossa.

I materiali di risulta esuberanti e quelli non adatti al rinterro devono essere caricati sui mezzi di trasporto direttamente dagli escavatori o dagli operai addetti allo scavo e mandati a scarica senza deposito intermedio. Qualora, in particolare su strade strette, non sia possibile l'accumulo dei materiali di scavo accanto alla fossa, i materiali idonei al reimpiego devono essere direttamente caricati sui mezzi di trasporto e portati ad un deposito intermedio, prescritto o comunque accettato dalla direzione dei lavori, ovvero al rinterro dei tronchi di canalizzazione già ultimati.

#### *18.6.5 Tipologie di scavi*

In base agli elementi geometrici degli scavi normalmente utilizzati, si potranno presentare le seguenti tipologie:

- *Trincea stretta.* È la migliore sistemazione nella quale collocare, ad esempio, un tubo di PVC, in quanto viene alleggerito dal carico sovrastante, riuscendo a trasmettere parte di esso al terreno



circostante in funzione della deformazione per schiacciamento alla quale il manufatto è sottoposto.

- *Trincea larga*. Il carico sul tubo è sempre maggiore di quello relativo alla sistemazione in trincea stretta. Per questo motivo, in fase di progettazione, si consiglia di partire, per questioni di sicurezza, da questa ipotesi.

- *Terrapieno (posizione positiva)*. La sommità del tubo sporge sul livello naturale del terreno. L'assenza di fianchi, anche naturali, nello scavo ed il relativo cedimento del terreno, impediscono normalmente la possibilità di impiegare questo metodo nel caso di carichi pesanti.

- *Terrapieno (posizione negativa)*. La tubazione è sistemata ad un livello inferiore a quello naturale del terreno. A motivo di una frizione piuttosto modesta in atto fra il materiale di riempimento sistemato a terrapieno ed i fianchi naturali dello scavo, il tubo può sopportare carichi leggermente superiori a quelli della posizione positiva, ma in ogni caso inferiori a quelli sopportabili nelle sistemazioni a trincea stretta e trincea larga.

La larghezza del fondo della trincea dovrà essere non inferiore a  $(D + 0,40 \cdot D)$  m.

## **Art. 19 LETTO DI POSA PER TUBAZIONI**

### **19.1 APPOGGIO SU SUOLI NATURALI**

Il supporto può essere realizzato dallo stesso suolo naturale affiorante sul fondo della fossa, purché questo abbia densità almeno pari a quella del supporto in sabbia o ghiaia-sabbia di riporto.

Questa soluzione sarà adottata preferibilmente quando il suolo ha natura non legante, con granulometria massima inferiore a 20 mm. Con tubi rigidi, sarà ammesso l'appoggio diretto anche su suoli costituiti da ghiaia grossa, purché la dimensione non superi la metà dello spessore della parete del condotto.

La superficie di posa sul fondo della fossa sarà accuratamente presagomata secondo la forma esterna dei condotti, in modo tale che questi appoggino esattamente per l'intera superficie corrispondente all'angolo di supporto, evitando appoggi in punti singolari o lungo linee.

Potrà essere altresì prescritto il rinalzo della condotta, sopra la sella d'appoggio sagomata, con materiale non legante costipato a strati, in modo tale da fargli acquisire una compattezza almeno pari a quella del suolo naturale sottostante. In questo modo di regola dovrà essere aumentato l'angolo di supporto.

In alternativa, la condotta potrà essere posata sul fondo della fossa piana, ossia non presagomata e rinalzata con materiale non legante costipato come nel caso precedente.

Come materiale per il rinalzo si possono usare sabbia e ghiaietto naturale fortemente sabbioso (percentuale di sabbia > 15%) con granulometria massima pari a 20 mm, ovvero sabbia di frantumazione e pietrischetto con granulometria massima pari a 11 mm.

Nel caso di tubi con piede, l'angolo del supporto è prefissato dalla forma del piede. Di norma peraltro questi tubi saranno posati su uno strato di calcestruzzo magro, senza particolari prescrizioni sulla classe di resistenza e sullo spessore, previa interposizione di malta cementizia liquida.

### **19.2 APPOGGIO SU MATERIALE DI RIPORTO**

Nel caso in cui sul fondo della fossa affiorino suoli inadatti per l'appoggio diretto (fortemente leganti o a granulometria troppo grossa), la suola deve essere approfondita per introdurre uno strato di supporto artificiale, costituito da terra adatta o calcestruzzo.

Come materiali di riporto sono adatti sabbia naturale, ghiaia fortemente sabbiosa (parte sabbiosa > 15%) con dimensione massima 20 mm, sabbia di frantumazione e pietrischetto con dimensione massima pari a 1/5 dello spessore minimo dello strato di supporto in corrispondenza della generatrice inferiore del condotto.

Con i suoli di compattezza media è sufficiente uno spessore minimo del supporto pari a 100 mm



+  $1/10 D$ . Con suoli molto compatti (per esempio rocciosi), per contrastare concentrazioni di carico sul fondo del condotto, quando questo ha diametro superiore a 500 mm, lo spessore minimo del supporto deve essere pari a  $100 \text{ mm} + 1/5 D$ , ovvero si deve prevedere un supporto in calcestruzzo.

### 19.3 APPOGGIO SU CALCESTRUZZO

Lo strato di supporto dei tubi rigidi dovrà essere realizzato in calcestruzzo quando il fondo della fossa ha forte pendenza o è possibile il dilavamento della sabbia per effetto drenante o il sottofondo è roccioso.

Lo spessore del supporto in calcestruzzo lungo la generatrice inferiore dei tubi senza piede sarà pari a  $50 \text{ mm} + 1/10 D$  in mm, con un minimo di 100 mm. Inizialmente si realizzerà una soletta piana in calcestruzzo, sulla quale verranno sistemati i tubi, completando poi il supporto fino al previsto angolo di appoggio. Oppure il supporto in calcestruzzo verrà realizzato integralmente, con una sagoma corrispondente alla superficie esterna del tubo e questo verrà successivamente posato su malta fresca. Per i tubi con piede ci si limiterà a realizzare una soletta piana in calcestruzzo con uno spessore minimo uguale a quello del caso precedente.

Per i condotti flessibili, qualora per ragioni costruttive sia necessaria una soletta in calcestruzzo, tra condotto e soletta si deve prevedere uno strato intermedio in sabbia e ghiaietto costipabile, con uno spessore minimo pari a  $100 \text{ mm} + 1/10 D$  in mm.

In ogni caso, fino all'indurimento del calcestruzzo, la fossa deve essere tenuta libera da acque di falda.

### 19.4 CAMICIA IN CALCESTRUZZO

In particolari condizioni statiche, la direzione dei lavori potrà prescrivere un'incamiciatura del condotto in calcestruzzo semplice o armato, parziale o totale, suddivisa mediante giunti trasversali.

Nel caso di incamiciatura in calcestruzzo di tubi flessibili, occorre fare attenzione che la camicia costituisca l'unica struttura portante, senza la collaborazione del tubo. Pertanto lo spessore minimo deve essere aumentato in funzione delle esigenze statiche.

Nelle zone rocciose, quando non fosse possibile rendere liscio il fondo dello scavo o laddove la natura dei terreni lo rendesse opportuno, ed in ogni caso su disposizione della direzione dei lavori, le tubazioni saranno poste in opera con l'interposizione di apposito letto di sabbia (o di materiale arido a granulometria minuta) dell'altezza minima di  $D/10 + 10 \text{ cm}$  (essendo  $D$  il diametro del tubo in cm) esteso a tutta la larghezza del cavo.

Qualora fosse prescritta la posa su massetto delle tubazioni, lo stesso sarà realizzato con conglomerato cementizio magro, in sezione non inferiori a quelle riportate nella seguente tabella.

Parametri	Diametro esterno del tubo (cm)												
	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
Altezza platea (h)	8	8	8	10	10	10	12	12	12	14	14	14	16
Altezza rinfiango (H)	10	14	18	25	27	30	36	40	46	55	63	68	78
Larghezza massetto (L)	40	45	50	55	65	70	75	80	95	105	115	130	140

**Tabella 35.1. – Tubazioni interrate – Dimensioni minime del massetto di posa**

La norma **UNI 7517** indica le diverse modalità di posa, i coefficienti di posa  $K$  da adottare in funzioni dell'angolo d'appoggio, del grado di costipamento del rinfiango e del tipo di trincea. Il carico di rottura in trincea  $Q_r$  risulterà dal prodotto del carico di rottura per schiacciamento  $Q$  (ottenuto in laboratorio) per il coefficiente di posa  $K$   $Q_r = K \times Q$ .





## **Art. 20 MODALITÀ ESECUTIVE POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI**

### **20.1 CONTROLLO E PULIZIA DEI TUBI**

Prima di procedere alla loro posa in opera, i tubi devono essere controllati uno ad uno per scoprire eventuali difetti o danni. Le code, i bicchieri, le guarnizioni devono essere integre.

Prima di essere posto in opera ciascun tubo, giunto e/o pezzo speciale dovrà essere accuratamente controllato per scoprire eventuali rotture dovute a precedenti ed errate manipolazioni (trasporto, scarico, sfilamento), pulito dalle tracce di ruggine o di qualunque altro materiale estraneo.

Quelli che dovessero risultare danneggiati in modo tale da compromettere la qualità o la funzionalità dell'opera devono essere scartati e sostituiti. Nel caso in cui il danneggiamento abbia interessato soltanto l'eventuale rivestimento, si dovrà provvedere al suo ripristino.

Deve essere lubrificata l'estremità maschio per tutta la circonferenza, soprattutto nella zona dell'estremità arrotondata. Il lubrificante dovrà essere compatibile con la qualità della gomma.

### **20.2 NICCHIE IN CORRISPONDENZA DEI GIUNTI**

Il sottofondo deve essere sagomato ed avere delle nicchie per l'alloggiamento delle giunzioni dei bicchieri, in corrispondenza dei giunti, onde evitare che la tubazione resti poggiata sui giunti stessi.

Le nicchie devono essere costruite dopo avere ultimato lo scavo a fondo livellato e devono avere la profondità minima indispensabile per consentire l'operazione di montaggio ed incasso del giunto.

### **20.3 CONTINUITÀ DEL PIANO DI POSA**

Il piano di posa dovrà garantire un'assoluta continuità d'appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si devono adottare particolari provvedimenti quali: impiego di giunti adeguati; trattamenti speciali del fondo della trincea; o se occorresse, appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole. In quest'ultimo caso la continuità di contatto tra tubo e selle sarà assicurata dall'interposizione di materiale idoneo.

### **20.4 PROTEZIONE CATODICA DELLE TUBAZIONI METALLICHE**

Nel caso specifico di tubazioni metalliche, devono essere inserite, ai fini della protezione catodica, in corrispondenza dei punti d'appoggio, membrane isolanti.

### **20.5 TUBI DANNEGGIATI DURANTE LA POSA IN OPERA**

I tubi che nell'operazione di posa avessero subito danneggiamenti devono essere riparati così da ripristinarne la completa integrità, ovvero saranno definitivamente scartati e sostituiti.

Nell'operazione di posa dovrà evitarsi che nell'interno delle condotte penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la loro superficie interna. Qualora, durante le operazioni di accostamento dei tubi, penetrasse della terra o altri materiali estranei tra le superfici frontali o nei giunti, si dovrà provvedere a sfilare l'ultimo tubo per effettuare le necessarie pulizie ed a posarlo nuovamente dopo aver ripristinato la suola.

### **20.6 PIANO DI POSA**

Per la corretta esecuzione delle livellette di posa, la direzione dei lavori si riserva di prescrivere l'uso di un'apparecchiatura a raggio laser, corredata di indicatori di pendenza, di dispositivo elettronico di



autolivellamento, di spostamento della direzione destra/sinistra, di inclinazione laterale, di spia batteria, munita di livello a bolle d'aria e protetta contro l'inversione della polarità.

Ove si rendesse necessario costituire il letto di posa o impiegare per il primo rinterro materiali diversi da quelli provenienti dallo scavo, dovrà accertarsi la possibile insorgenza di fenomeni corrosivi adottando appropriate contromisure.

La posa della condotta, sul fondo piano della fossa, è possibile solo mediante introduzione a strati e accurato costipamento del materiale di rinalzo.

La condotta si poserà su un letto di sabbia di spessore  $(0,10 + D/10)$  m e, comunque maggiore di 15 cm, e di larghezza quanto lo scavo.

Il supporto deve essere eseguito con l'angolo minimo corrispondente al calcolo statico.

Per tubi rigidi senza piede, l'angolo di appoggio deve essere di regola  $90^\circ$ ; esso può essere realizzato mediante accurato rinalzo e compattazione a mano o con attrezzi leggeri. Angoli di appoggio superiori ( $120^\circ$ ) possono essere realizzati con tubi rigidi solo se gli interstizi del supporto vengono costipati a strati in modo intensivo e si assicura che la densità del materiale nell'ambito del supporto sia maggiore di quella sotto il tubo. Angoli di appoggio inferiori a  $90^\circ$  possono essere realizzati previo controllo statico; con tubi rigidi aventi diametro = 200 mm, l'angolo di appoggio non può comunque essere inferiore a  $60^\circ$ .

Per i tubi flessibili, di regola il calcolo statico è basato su un angolo di appoggio di  $180^\circ$ , realizzato mediante compattazione intensiva del materiale di supporto fino all'altezza delle imposte.

Per i condotti con rivestimento protettivo esterno, il materiale del supporto e le modalità esecutive saranno tali da non danneggiare il rivestimento.

Se il supporto si trova immerso permanentemente o temporaneamente nella falda acquifera sotterranea, si dovrà prevenirne il dilavamento nei terreni circostanti o nel sistema di drenaggio. È costituito da materiale riportato (normalmente sabbia), in modo da costituire un supporto continuo alla tubazione. Si sconsigliano, in quanto possibile, fondi costituiti da gettate di cemento o simili.

Il letto di posa non dovrà essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea. In pratica il materiale più adatto sarà costituito da ghiaia o da pietrisco con diametro massimo di 20 mm. Il materiale impiegato dovrà essere accuratamente compatto in modo da ottenere l'indice Proctor prescritto.

#### *20.6.1 Modalità di posa in opera*

La posa in opera dei tubi sarà effettuata sul fondo della trincea spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare tubi e rivestimenti.

I tubi si poseranno procedendo da valle verso monte e con i bicchieri disposti in senso contrario alla direzione del flusso.

In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni ed altri appoggi discontinui.

Nessun tratto di tubazione dovrà essere disposto in orizzontale.

Per le operazioni di posa in opera, si devono osservare le raccomandazioni ed istruzioni del fornitore dei tubi.

I tubi verranno calati nello scavo solamente dopo aver controllato che il letto di posa in sabbia dello spessore di almeno 10 cm sia perfettamente piano e che siano state eseguite le nicchie per l'alloggiamento dei giunti.



## Art. 21 RINTERRO DELLE TUBAZIONI

### 21.1 GENERALITÀ

Non si procederà in alcun caso al rinterro se prima non sia stata controllata la corretta posizione della canalizzazione mediante esami condotti con funi, traguardi, tabelle di mira, apparecchi di livellazione, o con altri idonei mezzi.

### 21.2 ESECUZIONE DEL RINTERRO

Il materiale già usato per la costituzione del letto di posa verrà sistemato attorno al tubo e costipato a mano per formare strati successivi di 20-30 cm fino alla mezzera del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto il tubo e che il rinfiango tra tubo e parete dello scavo sia continuo e compatto. Durante tale operazioni verranno recuperate le eventuali impalcature poste per il contenimento delle pareti dello scavo. La compattazione dovrà eseguirsi preferibilmente con vibrator a piastra regolabili di potenza media o con altri mezzi meccanici.

Le nicchie precedentemente scavate per l'alloggio dei bicchieri devono, se necessario, essere accuratamente riempite con lo stesso materiale costituente il letto di posa, in modo da eliminare eventualmente spazi vuoti sotto i bicchieri stessi, quindi si procederà a riempire la trincea con il materiale di risulta.

Il rinfiango dovrà essere eseguito apportando, in un primo tempo, il materiale su entrambi i lati della tubazione fino al piano diametrale della stessa e, quindi, spingendo il materiale sotto il tubo con l'aiuto di una pala e costipandolo a mano o con idonei compattatori leggeri meccanici (stando bene attenti a non danneggiare il tubo). L'ulteriore riempimento sarà effettuato con il materiale proveniente dallo scavo, depurato degli elementi con diametro superiore a 10 cm e dai frammenti vegetali ed animali. Il rinfiango delle tubazioni ed il primo riempimento dello scavo, fino a 20 cm al di sopra dell'estremità superiore del tubo, devono essere effettuati con sabbia avente un peso in volume secco minimo di 1,9 t/m<sup>3</sup>; il massimo contenuto di limo è limitato al 10%, il massimo contenuto di argilla è limitato al 5%.

La compattazione dovrà essere effettuata esclusivamente sulle fasce laterali, al di fuori della zona occupata dal tubo fino ad ottenere che la densità relativa del materiale di rinterro raggiunga il 90% del valore ottimo determinante con la prova di Proctor modificata.

Gli inerti con diametro superiore a 2 cm, presenti in quantità superiore al 30%, devono essere eliminati, almeno per l'aliquota eccedente tale limite. Le terre difficilmente comprimibili: torbose, argillose, ghiacciate, sono da scartare. Il riempimento va eseguito per strati successivi di spessore pari a 30 cm che devono essere compattati ed eventualmente bagnati per lo spessore di 1,00 m (misurato dalla generatrice superiore del tubo). L'indice di Proctor risultante deve essere superiore a quello previsto dal progettista.

Infine verrà lasciato uno spazio libero per l'ultimo strato di terreno vegetale.

Il rinterro deve avvenire secondo le prescrizioni della norma **UNI EN 1295-1** che distingue:

- zona di rinterro. Tale zona deve essere eseguita secondo le caratteristiche della condotta (rigida, semi rigida o flessibile), i carichi esterni e la tipologia dei terreni attraversati;
- zona di rinterro accurato, costituita:
  - da letto di posa e rinfiango fino a 10 cm almeno al di sopra della generatrice superiore dell'accoppiamento per le condotte flessibili;
  - letto di posa e la base d'appoggio fino al diametro orizzontale per le condotte rigide;
  - terreno.

In generale le condizioni di posa debbono tenere conto delle seguenti condizioni:

- mantenimento della condotta al riparo dal gelo;
- attraversamento ad alta sicurezza (passaggi di ferrovie, autostrade, ecc.);



- regolamenti locali relativi alla viabilità.

L'esecuzione della base d'appoggio e del rinterro sarà effettuata con materiali compatibili con le condizioni di costipamento necessarie e previa accettazione della direzione dei lavori.

La ricopertura minima della condotta per qualsiasi materiale deve risultare di 80-100 cm in zone soggette a traffico leggero e di almeno 150 cm in zone soggette a traffico pesante. Per altezze del rinterro inferiori a quelle sopra stabilite, il riempimento dovrà essere eseguito con interposizione di un diaframma rigido di protezione e ripartizione dei carichi, collocato sullo strato superiore del materiale incoerente e calcolato tenendo conto delle caratteristiche dei terreni di posa, dello scavo e della resistenza meccanica del tubo impiegato.

Per i tubi in ghisa sferoidale potranno ammettersi delle altezze minime inferiori, previa adeguata verifica e parere favorevole della direzione dei lavori.

Se è previsto il riutilizzo del materiale di scavo, questo sarà privato di tutti quegli elementi suscettibili di danneggiare le condotte. Quando è previsto il costipamento della base d'appoggio, questo sarà realizzato con strumenti leggeri da tutte e due le parti della condotta, al fine di non provocare deviazioni del piano e del livello della condotta.

Per il ricoprimento, la scelta degli strumenti di costipamento, a vibrazione o costipanti, sarà realizzata in funzione della qualità del terreno, dei dispositivi di palancolaggio e dell'altezza di rinterro al di sopra dell'estradosso, previo parere favorevole della direzione dei lavori e del progettista.

Il materiale di rinterro dovrà appartenere ai gruppi A1 A2 e A3 della classificazione CNR **UNI 10006** e rispettare le metodologie di calcolo delle norme ATV 127 ed **UNI 7517**.

Resta comunque facoltà della direzione dei lavori, eseguiti i necessari accertamenti, prescrivere, se è il caso, il ricorso ad altro materiale di riporto.

Il rinfiamento ed il ricoprimento debbono essere realizzati con terra vagliata a maglia grossa o liberata (a mano) dagli elementi più grossolani che possono danneggiare la tubazione.

Nel caso di tubi installati in trincea la profondità minima del rinterro sarà  $1,2 \times DN$  (mm), non saranno ammessi in alcun caso rinterri inferiori alla metà del diametro esterno del tubo, con minimo assoluto di 350 mm.

Nel caso fosse necessario un rinterro minore si dovrà realizzare un rinfiamento in calcestruzzo e, sopra la superficie esterna del tubo, un getto di cemento armato le cui caratteristiche saranno determinate dal progettista della condotta.

Durante le operazioni di rinterro e di costipamento bisogna evitare che carichi pesanti transitino sulla trincea.

### **21.3 RINTERRI IN SITUAZIONI PARTICOLARI**

Dopo un conveniente periodo di assestamento l'impresa provvederà alla sistemazione ed al ripristino delle massicciate e delle sovrastanti pavimentazioni preesistenti.

I rinterri e le massicciate ripristinate devono essere costantemente controllate dall'impresa che, quando ne risultasse la necessità, dovrà procedere a sua cura e spese alla ricarica degli stessi con materiale adatto, e ciò fino al conseguimento del collaudo.

Se gli scavi fossero avvenuti in terreno coltivo, il rinterro dovrà essere effettuato utilizzando, per lo strato superiore e per le successive ricariche, terra di coltura.

L'impresa, anche quando avesse rispettato le norme del presente punto, rimarrà unica responsabile di ogni conseguenza alla viabilità ed alla sicurezza.

La stazione appaltante si riserva la facoltà di provvedere direttamente alla ricarica dei riempimenti nei casi di inadempienza dell'impresa agli eventuali ordini di servizio, emessi in merito dalla direzione dei lavori. In tale evenienza tutte le spese saranno addebitate all'impresa appaltatrice.

### **21.4 RACCOMANDAZIONI PER LA COMPATTAZIONE**

Considerato che una eccessiva compattazione o una compattazione con apparecchiature non



appropriate possono far deformare il tubo o farlo sollevare dal letto di posa, debbono essere rispettate le seguenti raccomandazioni per ottenere il massimo valore pratico della densità del materiale.

La compattazione può essere eseguita usando un compattatore ad impulsi o altro sistema idoneo. Durante la compattazione del rinterro sarà cura dell'Appaltatore e del direttore dei lavori controllare la forma della sezione del tubo. I controlli della deflessione dei tubi si eseguiranno quando siano stati posati e ricoperti i primi tubi. Controlli periodici si effettueranno durante lo svolgimento dei lavori. Quando è possibile, occorre eseguire sul posto, la misura della densità del materiale compattato della zona primaria, per verificarne l'accordo con le assunzioni progettuali esecutive.

#### 21.4.1 Terreni a grana grossolana con 5% di fini

La massima densità si otterrà con la compattazione, la saturazione e la vibrazione; il rinterro sarà posato in strati da 0,15 a 0,30 m. Si dovrà evitare il galleggiamento della tubazione durante la saturazione del terreno. Non è consigliato l'uso del getto d'acqua, in quanto potrebbe comportare il dilavamento del terreno di supporto laterale del tubo.

La posa del rinterro al di sopra del tubo dovrà evitarsi mentre viene saturata la zona di materiale attorno al tubo, in quanto questa condizione caricherebbe il tubo prima che inizi la reazione di assestamento.

#### 21.4.2 Terreni a grana grossolana con 5-12% di fini

La compattazione dei terreni che presentano una quantità di fini compresa tra il 5 ed il 12 % si dovrà eseguire mediante costipamento o saturazione e vibrazione.

#### 21.4.3 Terreni a grana grossolana con > 12% di fini

I terreni a grana grossolana che presentano una quantità di fini maggiore del 12% si compattano meglio per costipazione meccanica in strati da 0,10 a 0,15 m.

Il direttore dei lavori deve effettuare il controllo di deflessione dopo l'installazione e il ricoprimento dei primi tratti di tubo. L'Appaltatore potrà proseguire i lavori soltanto dopo tale controllo.

Il rinfilanco con terreni, quali quelli di natura organica, torbosi, melmosi, argillosi, ecc., è vietato perché detti terreni non sono costipabili a causa del loro alto contenuto d'acqua; esso potrà essere consentito dalla direzione dei lavori, in via eccezionale solo se saranno prescritte speciali modalità di posa o maggiori spessori.

## **Art. 22 DRENAGGI E FOGNATURE DI RISANAMENTO**

### **22.1 DRENAGGI**

I drenaggi e le fognature di risanamento del corpo stradale e zone circostanti che si rendessero necessarie saranno sempre eseguiti dallo sbocco a valle del cunicolo di scolo verso il centro della fognatura propriamente detta e lungo la medesima, procedendo da valle verso monte, per il deflusso regolare delle acque. Prima di stabilire definitivamente il piano di fondo del drenaggio, onde assicurarsi di raggiungere in ogni punto lo strato impermeabile, la direzione dei lavori disporrà all'atto esecutivo quanti pozzi riterrà necessario praticare e, in relazione al saggio ove risulti il punto più depresso dello strato impermeabile lungo l'asse del drenaggio, stabilirà la profondità di questo e la pendenza del cunicolo.

Detti pozzi saranno scavati della lunghezza da 2 a 3 m, della larghezza uguale a quella del drenaggio in corrispondenza dell'asse del drenaggio. Detti scavi saranno valutati agli stessi prezzi stabiliti nell'annesso elenco per gli scavi di fondazione e l'impresa non potrà avanzare pretese di maggiori compensi qualunque siano il numero e l'ubicazione di questi pozzi. Le pareti dei drenaggi e dei cunicoli di scolo ed anche quelle dei pozzi, saranno, dove occorra, sostenuti da appositi rivestimenti di tavole



o tavoloni con robuste armature in legname, secondo la natura dei terreni attraversati.

Il fondo dei drenaggi dovrà di norma essere rivestito in calcestruzzo che nella parte centrale sarà sagomato a cunetta e su tale rivestimento si costruirà dal lato a valle un muretto in malta, da quello a monte un muretto a secco, per l'altezza da 20 a 40 cm secondo l'importanza del drenaggio, così da costituire un cunicolo di scolo, da coprire con lastroni e successivamente col riempimento.

## **22.2 TUBI PERFORATI PER DRENAGGI**

I tubi per drenaggio avranno struttura portante costituita da lamiera d'acciaio con profilatura ondulata con onda elicoidale continua da un capo all'altro di ogni singolo tronco, in modo che una sezione normale alla direzione dell'onda rappresenti una linea simile ad una sinusoide.

L'acciaio della lamiera ondulata, dello spessore minimo di mm 1,2 – con tolleranza UNI (Norme UNI 2634) – dovrà avere carico unitario di rottura inferiore a 34 kg/mm<sup>2</sup>, e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo il processo Sendzimir con 480 grammi nominali di zinco per metro quadrato.

L'ampiezza dell'onda sarà di 38 mm (pollici 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub>) ed una profondità di mm 6,35 (1/4 pollice).

Sulle condotte saranno praticati dei fori del diametro di 0,9 cm (tolleranza 0,1 cm) che saranno distribuiti in serie longitudinali con interasse di 38 mm, tutti disposti in un quarto di tubo. I singoli tronchi, di lunghezza non superiore a 9 m saranno uniti tra loro mediante fasce di giunzione da fissare con bulloni.

Per questo tipo di tubo l'unica forma impiegabile è quella circolare con diametro variabile da 15 a 25 cm.

## **22.3 TUBAZIONI PER LO SCARICO DELLE ACQUE DI SUPERFICIE DAI RILEVATI**

Le tubazioni per lo scarico delle acque di superficie dai rilevati dovranno essere dello stesso materiale ed avranno le stesse caratteristiche delle tubazioni di cui al precedente paragrafo con la sola differenza che non avranno fori.

## **22.4 POSA IN OPERA**

Per la posa in opera dei suddetti manufatti dovrà essere predisposto un adeguato appoggio, ricavando nel piano di posa (costituito da terreno naturale o eventuale rilevato preesistente) un vano opportunamente profilato e accuratamente compatto, secondo la sagoma da ricevere ed interponendo, fra il terreno e la tubazione, un cuscinetto di materiale granulare fino (max 15 mm) avente spessore di almeno 30 cm.

Il rinterro dei quarti inferiori delle condotte dovrà essere fatto con pestelli meccanici, o con pestelli a mano nei punti in cui i primi non fossero impiegabili.

Il costipamento del materiale riportato sui fianchi dovrà essere fatto a strati di 15 mm utilizzando anche i normali mezzi costipanti dei rilevati, salvo che per le parti immediatamente adiacenti alle strutture dove il costipamento verrà fatto con pestelli pneumatici o a mano. Occorrerà evitare che i mezzi costipatori lavorino a « contatto » della struttura metallica. Le parti terminali dei manufatti dovranno essere munite di testate metalliche prefabbricate, oppure in muratura in conformità dei tipi adottati.

L'installazione dei tubi di drenaggio dovrà essere iniziata dal punto di uscita in modo da permettere all'acqua di scolare fuori dello scavo in apposito scavo della larghezza di 50 cm circa. Questi tubi dovranno essere posti in opera in modo che i fori si trovino nel quarto inferiore della circonferenza.

L'installazione dei tubi di scarico dai rilevati verrà fatta in cunicoli scavati lungo la massima pendenza della scarpata della profondità media di 40 cm e 66 cm di larghezza, appena sufficiente per la posa del tubo, che dovrà essere ricoperto con il materiale di scavo, in modo da ripristinare la continuità della scarpata.

Il materiale di rinterro dovrà essere permeabile in modo da consentire il rapido passaggio dell'acqua,



e dovrà inoltre funzionare da filtro onde trattenere le particelle minute in sospensione impedendone l'entrata con la conseguente ostruzione del tubo; si impiegherà sabbia per calcestruzzo contenente pietrisco medio ed esente da limo. Il rinterro dovrà essere eseguito in strati e ben battuto onde evitare cedimenti causati da assestamenti.

Per quanto non contemplato nella presente norma si farà riferimento alle norme AASHO m 36- 57 e M 167-57.

## **Art. 23 PALIFICAZIONI**

### **23.1 PREMESSA**

Questa parte del Capitolato Speciale d'Appalto intende fornire le indicazioni tecniche relative alle lavorazioni per l'esecuzione delle opere di fondazione della passerella ciclopeditale.

### **23.2 AVVERTENZE E ONERI SPECIFICI DELL'APPALTATORE**

Le acquisizioni d'indagine, hanno permesso di conseguire il quadro geolitologico del sottosuolo, Tutte le opere di fondazione sono state pertanto concepite alla luce di tutte le acquisizioni d'indagine. Per la verifica relativa al quadro geologico dell'area, si rimanda all'elaborato documentale **ESE.DOC.004-Relazione Geologica**, come parte integrante e sostanziale al presente documento.

## **Art. 24 PALI**

### **24.1 GENERALITA'**

#### *24.1.1 Definizioni*

Le prescrizioni di cui al presente capitolo si riferiscono a pali di medio e grande diametro (da un minimo di 400mm ad un massimo di 3000 mm)

Dal punto di vista esecutivo, i pali sono identificati dalle seguenti tipologie:

- Pali infissi (battuti o vibrati) gettati in opera o prefabbricati;
- Pali trivellati, con uso di fanghi bentonitici o di polimeri biodegradabili o di camicia metallica per sostenere lo scavo;
- Pali trivellati ad elica continua.

#### *24.1.2 Pali infissi*

##### *24.1.2.1 Pali infissi gettati in opera*

Si definiscono pali infissi gettati in opera quelli realizzati riempiendo con calcestruzzo (dopo la posizionatura della gabbia metallica di armatura) 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 (mediante battitura o vibrazione) di un tubo forma estraibile, 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.
  - Pali realizzati tramite l'infissione (mediante battitura o vibrazione) nel terreno di un tubo forma estraibile chiuso alla base da una valvola a becco che si apre in fase di estrazione. Durante il getto, il tubo forma viene estratto dal terreno.

#### *24.1.2.1.1 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.

#### *24.1.2.2 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 (oppure, quando richiesto, di polimeri biodegradabili), ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

Il tubo forma provvisorio in acciaio viene infisso con movimento rototraslatorio o vibratorio a mezzo di morsa giracolonna o sistema equivalente. 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.

#### *24.1.2.3 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.

#### *24.1.2.4 Normative di riferimento*

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In aggiunta dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- D.M. 14/01/2008 – Normative tecniche per le costruzioni
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dicembre



1984.

- UNI EN 1536:2003, 01/01/03, Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali trivellati.
- UNI EN 12699:2002. 01/07/02. Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Pali eseguiti con spostamento del terreno.

#### **24.2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI**

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 per ciascun palo.

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. Dei testimoni (capisaldi) a cui fare rapidamente riferimento dovranno essere posizionati in modo da non interferire con le normali operazioni di cantiere.

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 da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione, salvo diversa indicazione data nello specifico dal presente capitolato.

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. 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 cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con l'installazione di pali, con particolare attenzione allo smaltimento dei fanghi bentonitici.

Nel caso in cui, durante il corso dei lavori, l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie e sottoporle alla Direzione Lavori per accettazione.

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.

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.

In fase esecutiva, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisorie che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisorie. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per la costruzione dei pali debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera)



prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi richiesti dalla Direzione Lavori, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla scapitozzatura delle teste di tutti i pali, 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.

### **24.3 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**

#### *24.3.1 Soggezioni geotecniche e ambientali*

In merito ai limiti delle vibrazioni, l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle seguenti norme, oltre a quanto desumibile dallo stato dell'arte, al fine di ridurre danni alle strutture e disturbo ai residenti:

- UNI 9614:1990. 31/03/1990. Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- UNI 9916:2004. 01/04/2004. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 11048:2003. 01/03/2003. Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi (indicati all'interno della UNI 9614).

A sua discrezione, la Direzione Lavori potrà, con riferimento a quanto proposto, richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire un campo prove per l'effettuazione di misure di controllo delle vibrazioni indotte al contorno, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

#### *24.3.1.1 Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)*

L'esecuzione di prefiori per la riduzione della vibrazione è ammessa, con le limitazioni di cui ai successivi paragrafi del presente Capitolato.

Deve essere pianificata la sequenza di infissione dei pali.

I pali devono essere protetti dagli attacchi di organismi, sostanze aggressive, corrosione e correnti vaganti laddove esistano tali rischi.

Devono essere tenute in considerazione l'influenza dei metodi di infissione nei confronti delle prestazioni dei pali, della sicurezza delle strutture esistenti e dei pendii potenzialmente instabili. I metodi di infissione devono essere tali da non compromettere la capacità portante dei pali già collocati e/o la sicurezza delle strutture esistenti.

#### *24.3.1.2 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 è ammessa.

#### *24.3.1.3 Pali trivellati con 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.

#### *24.3.2 Documentazione preliminare*

L'Appaltatore dovrà presentare, con debito anticipo, alla Direzione Lavori una relazione illustrativa delle modalità di esecuzione, dell'organizzazione di cantiere e delle varie fasi operative; tale relazione dovrà in particolare contenere:

- le procedure operative e le modalità di esecuzione delle opere;
- l'elenco e la specifica delle apparecchiature da utilizzare, conformi alle caratteristiche indicate nel presente Capitolato. In generale esse dovranno essere in numero tale da consentire di far fronte rapidamente e senza interruzioni significative delle lavorazioni, ad eventuali inconvenienti tecnici o di altra natura che dovessero verificarsi.
- nel caso che l'esecuzione dei lavori comporti il superamento dei limiti ammissibili per le vibrazioni (§ 27.3.1), una relazione sui provvedimenti che verranno adottati.
- la necessaria documentazione sulla natura del terreno (rilievi stratigrafici) per valutare l'idoneità degli accorgimenti tecnici e delle attrezzature scelte, anche sulla base di quanto riportato al § 5 della UNI EN 1536:2003 e al § 5 della UNI EN 12699:2002.
- una dichiarazione che certifichi che l'area in cui debbono essere eseguiti i lavori 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 dei pali, con la loro numerazione progressiva.
- il programma temporale dei lavori.

La documentazione dovrà essere conforme ai requisiti riportati al § 4 della UNI EN 1536:2003 e al § 4 della UNI EN 12699:2002.

#### *24.3.3 Prove tecnologiche preliminari*

La Direzione Lavori, potrà richiedere di verificare l'idoneità delle attrezzature e di modificare le modalità operative, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari in condizioni il più possibile rappresentative delle opere di progetto; in tal caso potranno essere introdotti anche i rilevamenti ambientali di cui al § 27.3.1 relativi alle vibrazioni indotte dai lavori.

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura e gli associati dettagli esecutivi e di posa in opera del palo, dovranno essere comunicati preliminarmente all'esecuzione dei pali dall'Impresa alla DL.

Nell'eventualità di particolare complessità della situazione geotecnica e/o stratigrafica, o in relazione dell'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature sarà verificata mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari.

Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.



Le prove di integrità e di collaudo saranno da eseguirsi confermermente alla normativa Dm 14.01.2008 e secondo le prescrizioni riportate di seguito.

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive, ed a ogni altra prova di controllo, che saranno richieste dalla DL, tali da eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Nel caso in cui l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva, sperimentata ed approvata inizialmente, si dovrà dar corso, sempre a sua cura, alle prove tecnologiche precedentemente descritte.

#### *24.3.4 Tolleranze*

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato, le tolleranze da rispettare dovranno essere conformi ai requisiti riportati al § 7.2 della UNI EN 1536:2003 e al § 7.3 della UNI EN 12699:2002.

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):  $\pm 10\%$
- verticalità  $\pm 2\%$ ;
- lunghezza:
  - a) pali aventi diametro  $< 600 \text{ mm}$   $\pm 15 \text{ cm}$
  - b) pali aventi diametro  $\geq 600 \text{ mm}$   $\pm 25 \text{ cm}$
- diametro finito  $\pm 5 \%$
- quota di testa palo  $\pm 5 \text{ cm}$ .

### **24.4 MATERIALI**

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato, i materiali utilizzati dovranno essere conformi al § 6 della UNI EN 1536:2003 e al § 6 della UNI EN 12699:2002.

#### *24.4.1 Armature metalliche*

Barre di acciaio, reti di filo di acciaio, tubi o profilati di acciaio utilizzati per l'armatura dei pali devono conformarsi con le ENV 10080, EN 10210-1 e EN 10025.

Le armature metalliche saranno costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei pali saranno costituite da spirali o da staffe in tondino esterne ai ferri longitudinali. I pali dovranno essere armati per tutta la loro 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, si prescrive di 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 verrà richiesta la certificazione di saldabilità degli acciai da parte della ditta fornitrice. Gli elettrodi o i fili utilizzati devono essere di composizione tale da non introdurre fenomeni di fragilità.

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 7.4 cm (corrispondente ad una barra F26 di interasse 10 cm).



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 ogni spira non sia fissata solidamente a tutte le armature longitudinali intersecate.

Le armature trasversali dovranno contrastare efficacemente gli spostamenti della barre longitudinali verso l'esterno; le staffe dovranno essere chiuse e risvoltate verso l'interno. Al fine di irrigidire le gabbie d'armature dovranno essere predisposti i necessari ferri (diagonali, ad U etc.) atti a sollevare e trasportare le stesse.

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 y 3 m.

Nella qualifica deve essere prevista la costruzione di un prototipo di gabbia, avente le caratteristiche previste dal progetto, da cui verranno prelevati dei campioni di barre longitudinali e staffe da sottoporre a prova di verifica a trazione, in modo da verificare il mantenimento delle caratteristiche originarie delle barre di acciaio. Nei campioni prelevati dovrà essere presente almeno una saldatura.

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.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 6 cm rispetto al diametro nominale del foro. 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 massima 4 m.

E' ammessa la giunzione mediante una sovrapposizione non inferiore a 40 diametri (ove non diversamente indicato) o mediante impiego di un adeguato numero di morsetti, legature o saldature.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto, fatta eccezione per i pali trivellati a elica.

#### *24.4.2 Rivestimenti metallici*

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti, si 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 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, se non specificati in elenco prezzi o negli elaborati grafici di progetto.

#### *24.4.3 Conglomerati cementizi*

I calcestruzzi saranno conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto e nel capitolato relativo alle opere in conglomerato cementizio.

Il valore del rapporto acqua/cemento non dovrà di norma superare il limite di 0.5, umidità degli inerti compresa. Per garantire la lavorabilità in fase di getto, il calcestruzzo dovrà avere uno slump compreso tra 16 e 20 cm; la misura sarà eseguita utilizzando il cono di Abrams (cfr. Norme CNR UNI 7163-79).



Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

La dimensione massima degli inerti deve essere tale che:  $D_{max} * 2.5 \leq i_{min}$ .

dove "i min." è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali.

Il calcestruzzo dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità, secondo le cadenze prescritte e rendendo minimo l'intervallo di tempo fra preparazione e getto.

L'Appaltatore pertanto dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

#### 24.4.4 Fanghi bentonitici

I controlli sui fanghi bentonitici saranno atti a determinare i parametri di seguito specificati:

- caratteristiche della bentonite in polvere;
- caratteristiche dell'acqua;
- caratteristiche del fango bentonitico fresco;
- caratteristiche del fango bentonitico nell'interno dello scavo.

##### 24.4.4.1 Bentonite in polvere

La bentonite avrà le caratteristiche minime indicate nella tabella seguente:

Residuo al vaglio da 10.000 maglie cm <sup>2</sup>	<= 1%
Tenore di umidità	≤ 15%
Limite di liquidità	>=400%
Viscosità Marsh della sospensione al 6% in acqua distillata	>= 40"
Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	<= 2%
Acqua separata per pressofiltrazione di 450 cc della sospensione al 6% in 30' a 7 bar	<= 18 cc
pH dell'acqua filtrata	7 <= pH <= 9
Spessore del cake sul filtro della filtro-pressa	<= 2.5 mm

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.

##### 24.4.4.2 Caratteristiche dell'acqua per il confezionamento dei fanghi

I limiti di accettabilità dell'acqua per il confezionamento dei fanghi bentonitici sono riportate nella tabella che segue.

Caratteristiche	Limiti di accettabilità
Contenuto di solfati (come SO <sub>3</sub> )	" 20 mg/l
Contenuto di cloruri (lone CL)	" 20 mg/l
Sostanze sospese	" 2 g/l





#### 24.4.4.3 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 (disperdenti, 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.

#### 24.4.4.4 Controlli sul fango

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1,1  
t/m<sup>3</sup>
- viscosità Marsh: compresa fra 30" e 60"
- temperatura: > 5° C
- pH: 9-11

I controlli sui fanghi bentonitici all'interno dello scavo, prima del getto, dovranno garantire i limiti seguenti:

- contenuto in sabbia del fango d 5% in peso



- densità d 1,15 t/m<sup>3</sup> in peso

In caso di esito non soddisfacente l'Appaltatore sostituirà, parzialmente od integralmente, il fango per ricondurlo a tali limiti.

Qualora, prima dell'inizio del getto, non fosse possibile con le apparecchiature di depurazione a disposizione, far rientrare il fango nei limiti sopra citati, l'Appaltatore dovrà procedere alla completa sostituzione del fango di scavo.

#### *24.4.5 Fanghi polimerici biodegradabili*

##### *24.4.5.1 Definizione*

Per fango biodegradabile si intende un fluido di perforazione ad alta viscosità che muta spontaneamente le proprie caratteristiche nel tempo, riassumendo dopo pochi giorni le caratteristiche di viscosità proprie dell'acqua.

##### *24.4.5.2 Caratteristiche e preparazione dei fanghi biodegradabili*

Per la produzione dei fanghi biodegradabili si utilizzeranno di norma prodotti a base di amidi.

La formulazione del fango deve essere preventivamente studiata con prove di laboratorio e comunicata alla Direzione Lavori.

Nelle prove occorrerà tenere conto della effettiva temperatura di utilizzo del fango (temperatura dell'acqua disponibile in cantiere e temperatura dell'acqua di falda). Il decadimento spontaneo della viscosità deve avvenire di norma dopo un tempo sufficiente al completamento degli scavi; in linea generale la perdita di viscosità deve iniziare dopo 20÷40 ore dalla preparazione. Se necessario, i fanghi potranno essere additivati utilizzando correttivi idrolizzati.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico: non superiore a 1,1 t/m<sup>3</sup>
- viscosità Marsh: compresa fra 30" e 60"
- temperatura: > 5° C
- pH: 9-11

#### **24.5 MODALITA' ESECUTIVE**

Salvo diverse indicazioni del presente Capitolato, le modalità esecutive dovranno essere conformi al § 8 della UNI EN 1536:2003 per quel che riguarda i pali trivellati e al § 8 della UNI EN 12699:2002 per quel che riguarda i pali eseguiti con spostamento del terreno.

##### *24.5.1 Pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo*

###### *24.5.1.1 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.

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.

Considerazioni dovranno essere esposte dall'Appaltatore in apposite relazioni riguardo agli effetti al contorno per effetto dell'infissione, in termini di vibrazione e di rumore. A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesta l'adozione di opportuni campi prova, comprendenti l'installazione di sismografi, accelerometri ed altra strumentazione in edifici posti all'intorno. Tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Appaltatore, in quanto ritenuti remunerati dal prezzo offerto.

#### *24.5.1.2 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.

#### *24.5.1.3 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.

#### *24.5.1.4 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 tubo-forma 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.

#### *24.5.1.5 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 § 27.4.1.

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.

#### *24.5.1.6 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.

#### *24.5.1.7 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 conterà 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 piano-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

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.

#### *24.5.2 Pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile*

##### *24.5.2.1 Attrezzatura*

L'infissione del tubo forma provvisorio sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche di cui al punto 27.5.1 a).

##### *24.5.2.2 Tubi di rivestimento*

Le medesime specifiche del punto 27.5.1 b) precedente valgono per le caratteristiche della tubazione provvisoria.

Per l'espulsione del fondello, posto ad occludere l'estremità inferiore del tubo- forma, 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.

#### *24.5.2.3 Infissione*

L'infissione sarà effettuata in conformità a quanto specificato al punto 27.5.1 d) precedente con la sola esclusione di quanto non applicabile.

#### *24.5.2.4 Armature*

Valgono le prescrizioni di cui al punto 27.5.1 e) precedente.

#### *24.5.2.5 Getto del calcestruzzo*

Il getto avverrà secondo le modalità e le prescrizioni di cui al punto 27.5.1 f) precedente, 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.

#### *24.5.2.6 Controlli e documentazione*

Valgono le prescrizioni di cui al punto 27.5.1 g) precedente.

#### *24.5.2.7 Pali vibro-infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio*

#### *24.5.2.8 Attrezzatura*

L'energia necessaria per l'infissione sarà applicata in testa al palo utilizzando un battipalo analogo a quanto specificato per i pali battuti gettati in opera (27.5.1 punto a) 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.

Considerazioni dovranno essere esposte dall'Appaltatore in apposite relazioni riguardo agli effetti al contorno per effetto dell'infissione-vibrazione, in termini di vibrazione e di rumore. A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesta l'adozione di opportuni campi prova, comprendenti l'installazione di sismografi, accelerometri ed altra strumentazione in edifici posti all'intorno. Tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Appaltatore, in quanto ritenuti remunerati dal prezzo offerto.

#### *24.5.2.9 Infissione del tubo forma*

Per quanto concerne le caratteristiche del tubo forma e le modalità di infissione dello stesso valgono le prescrizioni specificate in 27.5.2 punti b) e c).

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.



#### 24.5.2.10 Posa dell'armatura e getto

Per quanto concerne le caratteristiche dell'armatura e le modalità di getto valgono le prescrizioni specificate in 27.5.2 e).

Completata l'infissione, si provvederà a porre in opera l'armatura entro il tubo-forma e si darà luogo al getto, estraendo man mano, per vibrazione, il tubo-forma 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 ) max = 25 mm.

L'assorbimento reale di calcestruzzo può eccedere il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura del 10%.

#### 24.5.2.11 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
- informazioni relative alla locale stratigrafia
- tempo necessario per l'infissione
- 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 quelle di progetto, al riesame della progettazione ed adotterà gli opportuni provvedimenti concordandoli con la Direzione Lavori

#### 24.5.3 Pali battuti prefabbricati

##### 24.5.3.1 Prefabbricazione dei pali

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

- 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.
- Pali prefabbricati in cantiere. I pali saranno realizzati con calcestruzzo tipo IA in accordo alla tabella "Tipi di Conglomerato Cementizio" di cui alla Sezione corrispondente. 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.

#### *24.5.3.2 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.

#### *24.5.3.3 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).

#### *24.5.3.4 Attrezzatura*

L'infissione del palo sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche valide per i pali battuti gettati in opera (27.5.1 punto a).

#### *24.5.3.5 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.



#### 24.5.3.6 *Controlli e documentazione*

Valgono le prescrizioni relative ai pali battuti gettati in opera

#### 24.5.4 *Pali trivellati con fanghi bentonitici*

##### 24.5.4.1 *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.

Considerazioni dovranno essere esposte dall'Appaltatore in apposite relazioni riguardo agli effetti al contorno per effetto della trivellazione, in termini di vibrazione e di rumore. A discrezione della Direzione Lavori potrà essere richiesta l'adozione di opportuni campi prova, comprendenti l'installazione di sismografi, accelerometri ed altra strumentazione in edifici posti all'intorno. Tutti gli oneri relativi saranno a carico dell'Appaltatore, in quanto ritenuti remunerati dal prezzo offerto.

##### 24.5.4.2 *Preparazione del fango bentonitico*

Il fango bentonitico, dovrà essere preparato ed utilizzato in accordo alle modalità indicate al punto 27.4.4.

##### 24.5.4.3 *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 piano- 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 ultimarela solo nell'imminenza del getto. Una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (es. cleaning bucket).

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

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

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



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

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio, spinto sino al tetto della formazione lapidea, allo scopo di evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

#### *24.5.4.4 Armature*

Completata la perforazione si provvederà alla posa in opera della gabbia, preassemblata, in conformità con le specifiche di cui al punto 27.4.1.

#### *24.5.4.5 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 30y60 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 y 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 y 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.

#### *24.5.4.6 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.

#### *24.5.5 Pali trivellati con fanghi biodegradabili*

Valgono le prescrizioni di cui ai punti 27.5.5 a), c), d), e), f).

Per quanto riguarda la preparazione del fango biodegradabile, esso dovrà essere preparato in accordo alle modalità descritte in 27.4.5.

La scheda tecnica relativa a ciascun palo dovrà contenere, oltre alle indicazioni di 27.5.5 f):

- prodotti impiegati
- dosaggio
- tempo di decadimento
- viscosità
- assorbimento.

#### *24.5.6 Pali trivellati con rivestimento provvisorio*

##### *24.5.6.1 Attrezzature*

##### *24.5.6.1.1 Escavatori*

Valgono le specifiche relative ai pali trivellati con fanghi bentonitici (27.5.5 a).

##### *24.5.6.1.2 Morsa muovi-colonna (o gira-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:

- z) 2 martinetti di oscillazione, sincronizzati, che imprimono un movimento rotatorio alla colonna
- aa) 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.



#### 24.5.6.1.3 *Vibromorsa*

Valgono le prescrizioni relative ai pali vibro-infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio.

#### 24.5.6.1.4 *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.

#### 24.5.6.2 *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.

#### 24.5.6.3 *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.

#### 24.5.6.4 *Armature*

Si applicano le specifiche di cui al punto 27.4.1.

#### 24.5.6.5 *Getto del calcestruzzo*

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

#### 24.5.6.6 *Controlli e documentazione*

Si applicano le specifiche relative ai pali trivellati con fanghi bentonitici (27.5.5 f).

### 24.5.7 *Pali trivellati ad elica continua*

#### 24.5.7.1 *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.

#### *24.5.7.2 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 prefiori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

#### *24.5.7.3 Armatura*

I pali trivellati possono essere armati:

- Prima del getto. 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.
- Dopo il getto. La gabbia, assemblata a piè d'opera in conformità col progetto ed alle prescrizioni presenti, verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore. Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata. Se necessario, la gabbia dovrà essere opportunamente irrigidita per consentirne l'infissione. Tale operazione dovrà essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

#### *24.5.7.4 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 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 y 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.

#### *24.5.7.5 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 prefori, etc.) concordandoli con la Direzione Lavori.

#### *24.5.8 Perforazione in ammasso roccioso con rotary idraulica*

##### *24.5.8.1 Utensile di perforazione*

L'orientamento sulla tipologia d'utensile più appropriata ai fini della conduzione di perforazioni verticali di grosso diametro in roccia è fornito, in prima approssimazione, con riferimento al quadro tecnico tipico riportato nelle figure sottostanti.



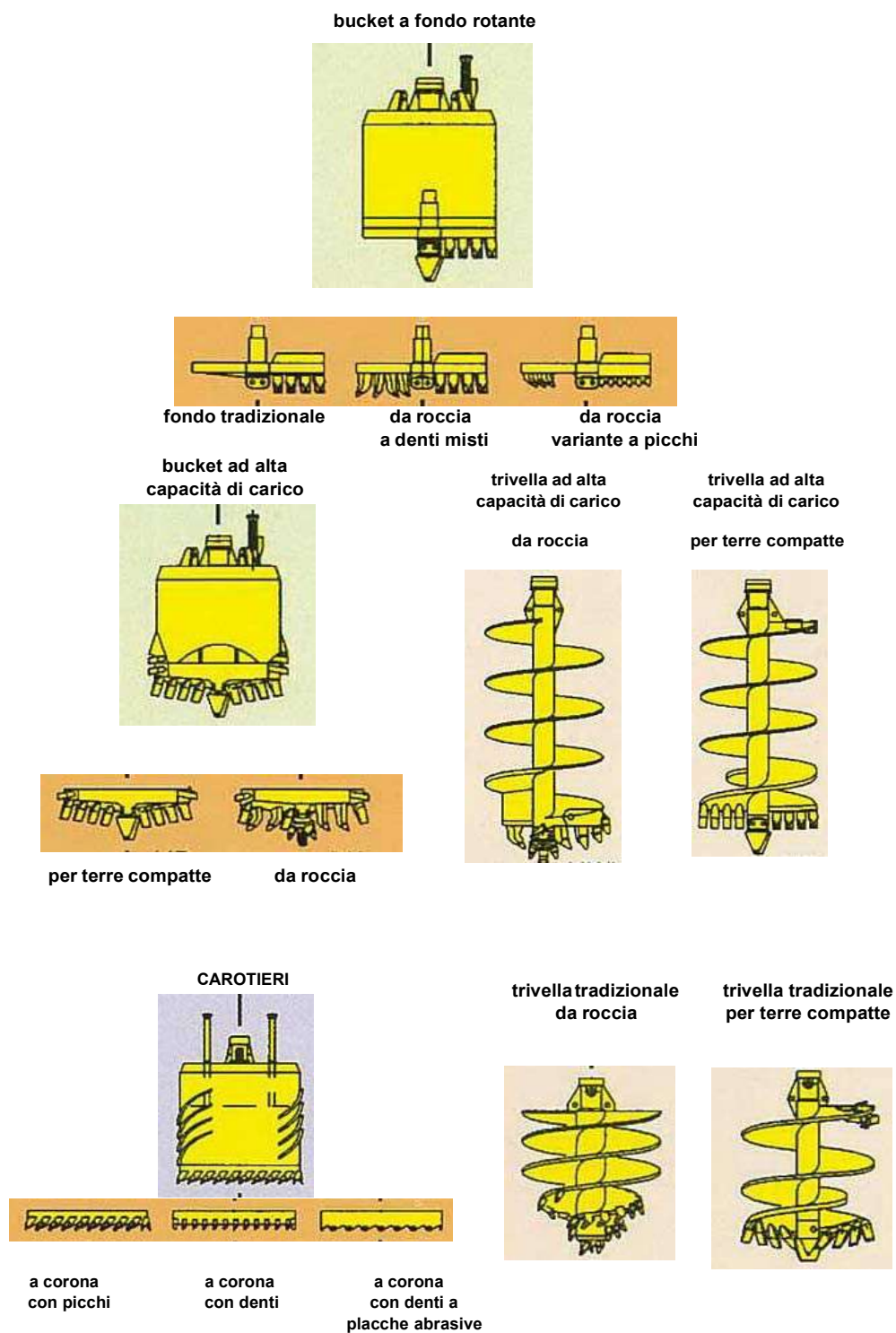


## GRADO DI DUREZZA / Hardness

	Resistenza a compressione (MPa) Compressive Strength		S Soft		M Medium		MH Medium Hard		H Hard		VH Very Hard																										
	min	max	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300				
Rocce magmatiche / Igneous rock																																					
Granito: Sienite / Granite: syenite	160	240																																			
Diorite: Gabbro / Diorite: Gabbro	170	300																																			
Porfido quarzifero Andesite / Quarzitic porphyry Andesite	180	>300																																			
Quarzo / Quartz	250	>300																																			
Rocce metamorfiche / Metamorphics rock																																					
Gneiss / Gneiss	160	280																																			
Anfiboliti / Amphibolite	170	280																																			
Scisti / Schist/Shale	0	10																																			
Rocce sedimentarie silicee / Siliceous sedimentary rock																																					
Quarzite / Quartzite	150	300																																			
Arenaria quarzifica / Quartzitic sandstones	120	200																																			
Altre arenarie / Other sandstones	30	60																																			
Rocce sedimentarie calcaree / Sedimentary Rock																																					
Calcarei e dolomie compatte e tanaci (inclusi i marmi) Limestones and compacted dolomite (including marble)	80	180																																			
Altri calcari (inclusi i cong. calcarei) Other limestones (including calcareous conglomerates)	20	90																																			
Travertino / Travertine	20	60																																			
Rocce sedimentarie sciolte / Sedimentary loose rocks																																					
Limi e sabbie / Silt and sand	<5	10																																			
Marne e argille / Marls and clay	<5	30																																			

## UTENSILI DI PERFORAZIONE / Drilling tools

BUCKET <i>Bucket</i>	a fondo rotante	tradizionale																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
-------------------------	-----------------	--------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



**Figura 1: Quadro tecnico di orientamento per la scelta dell'utensile di perforazione e gamma di utensili commerciali**



Di norma, il campo d'applicazione dell'utensile è rapportato al grado di durezza della roccia (ovvero alla resistenza a compressione monoassiale del campione di roccia). Nel caso di studio, una stima di tale parametro di resistenza è rappresentata in sede caratterizzazione geotecnica (si veda la relazione ad essa dedicata). Nello specifico, con riferimento a valori di resistenza a compressione uniassiale mediamente inferiori 40 MPa, il quadro tecnico indirizza la scelta sulle seguenti tipologie d'utensile di perforazione:

- 1) trivella ad elica per roccia (con picchi),
- 2) bucket a fondo rotante per roccia (con denti o picchi),
- 3) carotiere a corona (con denti o picchi).

#### *24.5.8.2 Prescrizioni esecutive*

In presenza di ammassi calcarei fratturati, caratterizzati da un indice geomeccanico RQD (Rock Quality Designation) mediamente pari a 20 per basse profondità e mediamente inferiore a 50 all'aumentare della profondità, la qualità d'ammasso si rivela da scadente a mediocre (in graduale miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche in relazione alla profondità). E' tuttavia possibile, causa il grado di fratturazione della roccia, che le ripetute manovre di scavo causino disaggi lungo le pareti. Per questa ragione si ritengono da preferire le tipologie d'utensile b) o c).

Le unità calcaree possono essere interessate dalla presenza di cavità decimetriche per dissoluzione con riempimento o sacche circoscritte di pezzame lapideo. Dalla constatazione delle acquisizioni di sondaggio si può stimare una dimensione delle cavità in ogni caso inferiore al metro (dim. media pluridecimetrica). Sebbene non si disponga di dati atti a confutare la diffusione del fenomeno, si ritiene che quest'ultimo possa comunque conferire un pregiudizio sulla stabilità locale delle pareti. Pertanto, qualora si ravvisino repentine variazioni sulla costituzione del detrito di scavo e/o sui parametri di perforazione (velocità e spinta) e, contestualmente, sopravvenga la necessità di operare con più manovre per l'asportazione del detrito senza conseguire un approfondimento dello scavo, l'Esecutore dovrà ricorrere ad un elemento provvisorio di contenimento (lamierino a recupero), per la posa del quale sarà necessario provvedere ad un opportuno rialesaggio del foro nominale. A tal riguardo si dovrà tener in debito conto la quota di rinvenimento della falda.

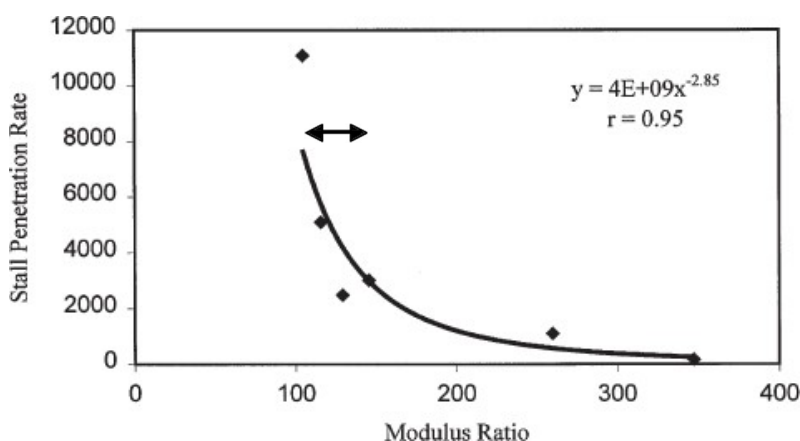
#### *24.5.8.3 Rendimento dell'utensile di perforazione*

In ragione della qualità d'ammasso, in miglioramento al crescere della profondità, è prevedibile una progressiva riduzione della resa dell'utensile prescelto in ragione dell'aumento della tenacia del materiale. Di ciò l'Esecutore dovrà tenerne conto provvedendo, nel caso, alla sua sostituzione in favore di un utensile rispondente a caratteristiche più ampie d'impiego. Non è ammesso pertanto, in alternativa, l'impiego del maglio a fondo foro.

Le diverse variabili esecutive (coppia applicata, abilità dell'operatore, tipo di utensile impiegato e suo stato d'usura) rendono la stima preliminare del rendimento dell'utensile poco attendibile; tale da richiedere di testare in campo la tecnologia prescelta. Riferimenti di letteratura sono orientati principalmente a tecnologie più propriamente minerarie per le quali è comune l'impiego di attrezzature differenti da quelle che si intendono adottare (rotopercussione e, per rocce dure, corone diamantate). Per queste tipologie di perforazione esistono diverse correlazioni che legano la produttività dell'utensile al parametro PR (Penetration Rate), che esprime la produzione unitaria (unità di lunghezza/unità di tempo). Il parametro PR è correlato al Modulus ratio (MR), ovvero il rapporto tra il modulo elastico della roccia e la sua resistenza a compressione uniassiale (nel caso specifico variabile da 100 a 150).



Il grafico di cui alla figura 2, ad esempio (Reddish&Yasar, 1996), è relativo all'impiego di un carotiere dotato di picchi, omologo della tipologia c) d'utensile di possibile impiego. Il rendimento, in ordinata, è espresso, diversamente, dal PR rapportato all'energia specifica impiegata per l'avanzamento (Stall PR); in ascissa si appropria con il valore del Modulus Ratio. Con tale utensile si configura un favorevole rendimento.



**Figura 2 – Stall PR versus MR – corona con picchi (Reddish & Yasar, 1996)**

#### 24.5.8.4 Scapitozzatura

Al fine di rendere il palo continuo con la fondazione, si rende necessario demolire la parte superiore del palo, per un'altezza di un diametro e comunque di almeno 1 metro.

La modalità di demolizione della testa del palo dovrà essere tale da evitare la formazione ed il diffondersi di lesioni nel palo stesso; a questo scopo si prescrive l'utilizzo di attrezzature di tipo idraulico, che applicano forze statiche in direzione radiale concentrate sul perimetro del palo e provocano una rottura localizzata del calcestruzzo, con una minima influenza sull'armatura.

## 24.6 PROVE E CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

### 24.6.1 Generalità

Le prove ed i controlli relativi ai pali dovranno essere eseguiti in conformità a quanto riportato al § 9 della UNI EN 1536:2003 e al § 9 della UNI EN 12699:2002, salvo diverse indicazioni del presente Capitolato.

Si dovranno inoltre eseguire le registrazioni indicate al § 10 della UNI EN 1536:2003 e al § 10 della UNI EN 12699:2002, salvo diverse specifiche del presente Capitolato. In particolare, per la UNI EN 1536:2003, se non diversamente indicato, di farà riferimento alle schede riportate in appendice B della stessa.

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove e dei controlli di accettazione sui 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.

#### 24.6.1.1 Definizioni

Questa serie di prove è sostanzialmente di tre tipi:

- prove di resistenza meccanica sotto carico (assiale o laterale):
  - aa) prove di collaudo (prova non distruttiva), effettuate sui pali 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 ( $P_{es}$ ) (vedere prova specifica);
  - bb) prove a carico limite (prova distruttiva), effettuate sui pali 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 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ ) (vedere prova specifica).
- controlli non distruttivi di integrità del palo, mediante prove di controllo sonico:
  - dd) carotaggio sonico;
  - ee) prova cross-hole.
- controlli non distruttivi di integrità del palo, mediante prove di ammettenza meccanica.
- verifica della verticalità del palo.

#### 24.6.1.2 Normative e specifiche di riferimento

Valgono le Norme già richiamate al punto 27.1.2, ed inoltre: ASTM D1 143-81, "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load".

#### 24.6.1.3 Numero e ubicazione dei pali di prova

Il numero e l'ubicazione dei pali 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.

Il numero e l'ubicazione dei pali di prova sono di regola definiti dal progettista nelle tavole del progetto esecutivo; se non riportati su queste tavole, tali indicazioni possono essere definite dall'Appaltatore, e comunque sotto approvazione della Direzione Lavori. In particolare, l'Appaltatore al termine dell'esecuzione delle fondazioni proporrà i pali da sottoporre a prove di carico. La Direzione Lavori, tenendo soprattutto conto dell'omogeneità dei terreni in cui è installato il lotto di pali e dei risultati delle prove a carico limite eseguite per pali dello stesso diametro, potrà accettare o modificare la scelta dei pali da sottoporre a prova di carico.

In ogni caso devono essere rispettati i seguenti quantitativi minimi (il numero di pali corrispondente ad una percentuale dovrà essere arrotondato all'intero superiore).



PROVA	PALI DA TESTARE
Prova (assiale) a carico di prova	1 (numero di pali inferiore a 20)
Prova sonica & Verticalità	Almeno il 15% dei pali dovranno essere attrezzati, con un minimo di 4 pali; la prova si effettua su tutti i pali attrezzati.
Prova di ammettenza meccanica Opzionale: a discrezione della Direzione Lavori.	Si dovrà eseguire una taratura di tale prova su almeno il 5% dei pali, con un minimo di 2; i pali da utilizzare per la taratura dovranno essere di sicura efficienza, valutata con prove di tipo sonico. Dopo la taratura si potrà per similitudine procedere alla prova, da estendersi ai pali non testati con prova sonica (e quindi fino al 85% dei pali).

In particolare, nel 15% dei pali attrezzati per prova sonica dovranno essere compresi:

- i pali sottoposti a prova di collaudo (2% dei pali con un minimo di 2 pali per opera);
- i pali su cui effettuare la taratura della eventuale prova di ammettenza meccanica (5% sul totale dei pali).

Lo scopo di questa organizzazione delle prove è quello di testare l'efficienza di un numero adeguato di pali (almeno il 15% sul totale); a discrezione della Direzione lavori, nel caso si riscontrino risultati non soddisfacenti nel corso delle prove, tutti i pali potranno essere testati, ed in particolare il 15% con prova sonica ed il rimanente 85 % con prova di ammettenza meccanica.

Le prove di ammettenza meccanica devono essere tarate su pali di cui si sia già accertata l'idoneità tramite prova di carico e/o prova cross-hole; ciò al fine di definire un riferimento di correlazione con cui valutare, a giudizio esclusivo della DL, l'idoneità di pali soggetti solo a prove di ammettenza meccanica. In particolare, la taratura di questa prova dovrà essere effettuata su almeno il 5 % dei pali con un minimo di 2 pali già soggetti a prova di carico e/o prova cross-hole.

Per quanto concerne i controlli basati su prove soniche, da eseguire sui pali di medio e grande diametro, considerata la necessità di predisporre all'interno del palo dei tubi di misura (tubi metallici aventi diametro interno non inferiore a 1"1/2), l'Appaltatore dovrà individuare, in accordo con la Direzione Lavori, i pali da sottoporre a tale tipologia di controllo (carotaggio sonico, prove cross-hole). Le caratteristiche dei pali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali dimensionati in fase di progetto. I terreni in cui questi dovranno essere eseguiti saranno limitrofi all'area di progetto e comunque tali da identificarsi il più possibile con le caratteristiche di quelli presenti nell'area di progetto.

#### 24.6.2 Prove di carico assiale

##### 24.6.2.1 Definizione dei carichi di prova

I carichi di prova saranno definiti dalla direzione lavori sentito il progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova  $P_{prova}$  sarà

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$  per prove di collaudo





- $P_{\text{prova}} = P_{\text{lim}}$  per prove a carico limite

ove con  $P_{\text{lim}}$  si indica quel valore di carico per il quale si raggiunge la condizione di rottura dell'insieme palo terreno (§ 27.6.2.6). Ove ciò non sia possibile, la prova deve essere eseguita fino ad un carico pari ad almeno 2.5 volte il carico di esercizio.

Nel caso di prove di collaudo di pali di diametro  $\phi > 1200$  mm, il carico di prova potrà raggiungere un valore di  $1,25 P_{\text{esercizio}}$ , qualora fossero stati verificati, con carico di prova =  $1,5 P_{\text{esercizio}}$ , pali di diametro  $\phi = 800$  mm realizzati su terreni con le stesse caratteristiche.

#### 24.6.2.2 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 dovrà essere non inferiore alla massa equivalente al massimo carico di prova, incrementato del 20%.

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 calcestruzzo 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, nel 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 con 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.

#### *24.6.2.3 Dispositivi per la misura dei cedimenti*

Saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a circa 120° 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.

#### *24.6.2.4 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°, 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.

#### *24.6.2.5 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 ( $h_{min} = 1,5 \text{ m}$ ).

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 nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

#### *24.6.2.6 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**

- Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a GP, fino a raggiungere il carico  $P_{es}$
- In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

aa)  $t = 0$  (applicazione del carico)



bb)  $t = 2'$

cc)  $t = 4'$

dd)  $t = 8'$

ee)  $t = 15'$

ff) 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 ( $t = 15'$ ):

$G_s \leq 0.025 \text{ mm}$ .

- Per il livello corrispondente a  $P_{es}$  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:

gg)  $t = 0$

hh)  $t = 5'$

ii)  $t = 10'$

jj)  $t = 15'$

kk) Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:  $t = 30'$ ,  $t = 45'$ ,  $t = 60'$ .

## 2° Ciclo

- Applicazione di "m" (m t 9) gradini di carico GP fino a raggiungere il carico  $P_{prova}$  (vedere 27.6.2.1).
- In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° Ciclo.
- Il carico  $P_{prova}$  quando è minore di  $P_{lim}$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità 3 GP) con misure a:

ll)  $t = 0$

mm)  $t = 5'$

nn)  $t = 10'$

oo)  $t = 15'$

pp) 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.

- Nel caso di prove a carico limite, si considererà raggiunto il carico limite  $P_{lim}$ , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

qq) cedimento ( $P_{lim}$ ) t 2 cedimento ( $P_{lim} - GP$ )

rr) cedimento ( $P_{lim}$ ) t 0.10 diametri.



- In ogni caso, il carico limite deve essere superiore a 2.5 volte il carico di esercizio.

#### 24.6.2.7 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 dell'inverse pendenze.

#### 24.6.3 Prove di carico su pali strumentati

##### 24.6.3.1 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 in precedenza.

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.

#### *24.6.3.2 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.

#### *24.6.3.3 Strumentazione alla base del palo*

La sezione di misurazione alla base del palo verrà ubicata alla distanza di 1 diametro dalla base del palo stesso.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

In aggiunta, 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 y 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.

#### *24.6.3.4 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.

Preparazione ed esecuzione della prova

Si applicano integralmente le specifiche di cui al § 27.6.2.

#### *24.6.4 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.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale (§ 27.6.2) salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 5 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 comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico, la seconda 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  $\pm 81/76$  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 tubo-guida. Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

#### *24.6.5 Prove di controllo sonico*

Le prove di controllo sonico consistono in:

##### *24.6.5.1 carotaggio sonico*

##### *24.6.5.2 prove cross-hole.*

Si prescrive in generale l'utilizzo di prove cross-hole, a meno di diversa indicazione data dal progettista o dalla Direzione Lavori.

Le prove verranno eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto.



#### 24.6.5.3 Carotaggio sonico

##### **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.

##### **Modalità e frequenze 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.

Questo tipo di prove dovrà essere eseguito quando l'Appaltatore e/o la Direzione Lavori, a seguito di altre prove o riscontri, abbiano fondati dubbi sulla corretta esecuzione ed integrità del palo stesso.

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.

#### 24.6.5.4 Prove cross-hole

##### **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 tutti i tubi necessari all'interno del palo prima dell'esecuzione del getto.

Il numero minimo di tubi da predisporre nel palo dipende dal diametro del palo stesso:

- per diametri non superiori a 60 cm, almeno tre tubi, disposti ai vertici di un triangolo;
- per diametri superiori a 60 cm, almeno quattro tubi, disposti ai vertici di un quadrato.

##### **Frequenza e modalità di esecuzione**

Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce.

In uno di questi 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.

Le misure debbono essere eseguite almeno ogni 10 cm. di avanzamento delle sonde nelle tubazioni predisposte.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

L'esito delle prove sarà registrato con strumentazione digitale.

Nel caso si individuassero anomalie, le misure saranno ripetute con le sonde a quote diverse tra loro, al fine di stabilire se l'anomalia riscontrata è dovuta ad un piano di discontinuità oppure è provocata da cavità o inclusioni nel getto di calcestruzzo.

#### 24.6.6 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.

#### **Modalità di esecuzione**

La prova può essere effettuata colpendo la testa del palo con un piccolo martello contenente un trasduttore di forza.

L'eccitazione dinamica deve invece essere ottenuta preferibilmente 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.

L'impiego di eccitatore a masse eccentriche determina la necessità di 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.

#### **24.6.7 Prova di verticalità del palo**

I pali dovranno essere eseguiti nel rispetto delle tolleranze definite al § 27.3.4. Oltre al controllo geometrico e di posizionamento del palo, si dovrà verificare anche la sua verticalità.

A questo scopo, uno dei tubi da utilizzarsi nella prova sismica potrà essere sostituito da un tubo guida per la sonda inclinometrica.

Il tubo dovrà essere opportunamente legato con le barre longitudinali di armatura; particolare attenzione dovrà essere posta nel punto di giunzione del tubo, in corrispondenza della zona di sovrapposizione dell'armatura stessa.

L'errore della sonda inclinometrica dovrà essere contenuto entro  $\pm 0.5$  mm/m, ovvero circa  $\pm 0.03^\circ$ .

### **24.7 REQUISITI SPECIALI**

#### **24.7.1 Sicurezza del cantiere**

Si devono adottare misure appropriate per proteggere la salute e la sicurezza dei lavoratori e di altre persone presenti in cantiere o nelle sue vicinanze.

I pericoli per la salute e la sicurezza associati all'esecuzione dei pali devono essere valutati in relazione alle condizioni specifiche del cantiere.

#### **24.7.2 Rumore e vibrazioni**

Se le persone nelle vicinanze potrebbero essere esposte a rumore e/o vibrazioni, si dovrebbero indicare i livelli previsti di rumore e/o di vibrazioni mediante infissione di prova tramite esperienza confrontabile, quindi valutare l'accettabilità del processo. Ove necessario, si dovrebbe eseguire il monitoraggio durante l'esecuzione dei lavori, per per confermare che i livelli siano mantenuti entro i limiti concordati.

#### **24.7.3 Protezione dell'ambiente**





Si devono adottare misure per limitare o evitare effetti negativi sull'ambiente.  
Si devono considerare i seguenti rischi per l'ambiente:

movimenti indotti nel terreno;  
inquinamento dell'acqua superficiale;  
inquinamento dell'acqua freatica;  
variazioni inaccettabili nel flusso naturale dell'acqua di falda;  
inquinamento dell'aria;  
inquinamento del terreno;  
rumore.

#### *24.7.4 Impatto sulle strutture e sui pendii circostanti*

Laddove sono presenti strutture ed installazioni sensibili o pendii instabili in prossimità del sito della possibile sfera di influenza dei lavori di palificazione, la loro condizione dovrebbe essere accuratamente conservata e documentata prima e durante l'esecuzione dei lavori di palificazione.

### **Art. 25 MICROPALI**

#### **25.1 GENERALITÀ**

##### *25.1.1 Definizioni*

Per micropali si intendono pali aventi diametro non maggiore di 30 cm, con fusto costituito da malta o pasta di cemento gettata in opera e da idonea armatura di acciaio.

Tali pali, dal punto di vista esecutivo, si suddividono in:

- Micropali cementati mediante iniezioni multiple selettive, ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno, e connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.
- Micropali a semplice cementazione, realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica, e connessi al terreno mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia. La cementazione può avvenire a semplice gravità o a bassa pressione mediante un circuito a tenuta facente capo a un dispositivo posto a bocca foro; la cementazione dovrà in ogni modo iniziare dal fondo del foro. L'armatura metallica può essere costituita:
  - aa) da un tubo senza saldature;
  - bb) da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
  - cc) da una gabbia di armatura costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirale continua in tondino ad aderenza migliorata.

##### *25.1.2 Normative di riferimento*

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In particolare dovranno essere rispettate le seguenti normative, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:



- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 14/01/2008.
- Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana sui pali di fondazione, Dicembre 1984.
- UNI EN 14199:2005 : Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Micropali.

## **25.2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI**

Prima di dare inizio ai lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori una planimetria riportante la posizione di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati da un numero progressivo.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà eseguire il tracciamento dei micropali identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascun palo. Dei testimoni (capisaldi) a cui fare rapidamente riferimento dovranno essere posizionati in modo da non interferire con le normali operazioni di cantiere.

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 micropali da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima dell'inizio delle operazioni di infissione o perforazione, salvo diversa indicazione data nello specifico dal presente capitolato.

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 micropali.

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 cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con l'installazione di micropali.

Nel caso in cui, durante il corso dei lavori, l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie e sottoporle alla Direzione Lavori per accettazione.

Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che l'installazione dei micropali arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, ai micropali adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti.

In fase esecutiva, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisorie che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisorie. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per la costruzione dei micropali debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi richiesti dalla Direzione Lavori, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.



## **25.3 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**

### **25.3.1 Soggezioni geotecniche ed ambientali**

Le tecniche di perforazione dovranno essere idonee alla natura del terreno attraversato e alle caratteristiche idrogeologiche del sito. In particolare dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti a 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 dovranno essere 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;

In merito ai limiti delle vibrazioni, l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle seguenti norme, oltre a quanto desumibile dallo stato dell'arte, al fine di ridurre danni alle strutture e disturbo ai residenti:

- UNI 9614:1990. 31/03/1990. Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- UNI 9916:2004. 01/04/2004. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 11048:2003. 01/03/2003. Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi (indicati all'interno della UNI 9614).

A sua discrezione, la Direzione Lavori potrà, con riferimento a quanto proposto, richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire un campo prove per l'effettuazione di misure di controllo delle vibrazioni indotte al contorno, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

### **25.3.2 Documentazione preliminare**

L'Appaltatore dovrà presentare, con debito anticipo, alla Direzione Lavori una relazione illustrativa delle modalità di esecuzione, dell'organizzazione di cantiere e delle varie fasi operative; tale relazione dovrà in particolare contenere:

- le procedure operative e le modalità di esecuzione delle opere;
- l'elenco e la specifica delle apparecchiature da utilizzare, conformi alle caratteristiche indicate nel presente Capitolato. In generale esse dovranno essere in numero tale da consentire di far fronte rapidamente e senza interruzioni significative delle lavorazioni, ad eventuali inconvenienti tecnici o di altra natura che dovessero verificarsi.
- nel caso che l'esecuzione dei lavori comporti il superamento dei limiti ammissibili per le vibrazioni (§ 28.3.1), una relazione sui provvedimenti che verranno adottati.



- la necessaria documentazione sulla natura del terreno (rilievi stratigrafici) per valutare l'idoneità degli accorgimenti tecnici e delle attrezzature scelte.
- una dichiarazione che certifichi che l'area in cui debbono essere eseguiti i lavori 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 dei micropali, con la loro numerazione progressiva.
- il programma temporale dei lavori.

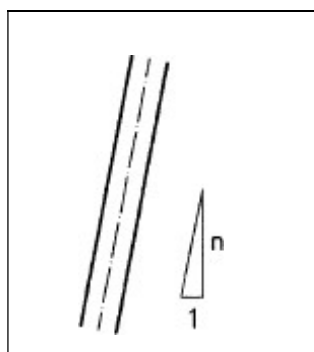
### 25.3.3 Prove tecnologiche preliminari

La Direzione Lavori, potrà richiedere di verificare l'idoneità delle attrezzature e di modificare le modalità operative, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, mediante l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari in condizioni il più possibile rappresentative delle opere di progetto; in tal caso potranno essere introdotti anche i rilevamenti ambientali di cui al § 28.3.1 relativi alle vibrazioni indotte dai lavori.

### 25.3.4 Tolleranze

I micropali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, e con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate nel progetto stesso:

- coordinate planimetriche del centro del micropalo:  $\pm 5 \text{ cm}$
- scostamento dell'inclinazione dell'asso teorico:
  - per micropali verticali: + 2% della lunghezza del micropalo;
  - per micropali subverticali ( $n > 4$ ): max 4% della lunghezza del micropalo;
  - per micropali inclinati ( $n < 4$ ): max 6% della lunghezza del micropalo;



aaa) lunghezza:  $\pm 15 \text{ cm}$

bbb) diametro finito:  $\pm 5\%$

ccc) quota testa micropalo:  $\pm 5 \text{ cm}$

La sezione dell'armatura non dovrà risultare inferiore a quella di progetto; il diametro dell'utensile di perforazione non dovrà essere inferiore al diametro di perforazione di progetto.



L'Appaltatore dovrà sostituire a sua cura e spese tutti i micropali che risultassero non conformi alle tolleranze stabilite.

## **25.4 MATERIALI**

I materiali dovranno soddisfare le prescrizioni delle normative vigenti di riferimento ed essere conformi al progetto.

Le armature dovranno rispettare oltre al D.M. 9/1/96 le seguenti norme:

- EN 10080 per armature costituite da barre;
- EN 10210 per armature costituite da tubi;
- EN 10025 per armature costituite da laminati;

### *25.4.1 Armature*

Le armature metalliche dovranno essere di norma costituite da barre ad aderenza migliorata; le armature trasversali dei micropali dovranno essere costituite da staffe o da una spirale in tondino, esterne ai ferri longitudinali.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti dovranno essere ottenuti con doppia legatura in filo di ferro e/o morsetti.

Nel caso di utilizzo di acciaio saldabile ai sensi del D.M. 9/1/96, si prescrive di 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 verrà richiesta la certificazione di saldabilità degli acciai da parte della ditta fornitrice. Gli elettrodi o i fili utilizzati devono essere di composizione tale da non introdurre fenomeni di fragilità.

Le gabbie di armatura, all'atto della messa in opera, dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

Le armature dovranno essere dotate di opportuni distanziatori atti a garantire la centratura nel foro con un copriferro netto minimo di 4 cm rispetto al diametro nominale del foro.

Per i distanziatori non cementizi al fine di garantire la solidarizzazione con la miscela cementizia, è necessario che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori dovranno essere posti a gruppi di 3-4 regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 2-3 m.

Nel caso di micropali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre, tra una gabbia e la successiva la giunzione potrà avvenire per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti nel rispetto di quanto previsto nel D.M. del 9/1/96.

### *25.4.2 Armature in acciaio speciale*

Le barre dovranno essere in acciaio del tipo ad aderenza migliorata di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nel D.M. del 9/1/96 soprarichiamato.

E' consentito, ove espressamente previsto dai disegni di progetto, l'impiego di barre in acciai speciali e a filettatura continua ad alto limite di snervamento o simili.

Le caratteristiche di tali acciai dovranno essere certificate dal produttore e verificate in conformità al D.M. del 9/1/96.

### *25.4.3 Tubi in acciaio*



Si dovranno utilizzare 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 dello stesso spessore del tubo e di lunghezza adeguata, da verificare alla flessione in base ai parametri di progetto. Le caratteristiche delle giunzioni (filettatura, lunghezza, sezioni utili) dovranno consentire una trazione ammissibile pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione.

Le valvole di iniezione, ove previste, dovranno essere del tipo a "manchette" costituite cioè da una guarnizione in gomma dello spessore minimo di 3,5 mm, tenuta in sede da due anelli metallici, del diametro di almeno 4 mm solidarizzati al tubo. Nel tubo in corrispondenza di ciascuna valvola dovranno essere praticati almeno due fori di 10 mm di diametro.

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici, per assicurare un copriferro minimo di 4 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

Qualora espressamente autorizzato dalla Direzione Lavori è ammesso l'impiego di tubi di produzione non nazionale, di caratteristiche meccaniche equivalenti a quanto prescritto in progetto, purché certificati in conformità a quanto prescritto nel D.M. del 9/11/96. In particolare per le prove di qualificazione dovrà essere fatto riferimento a quanto previsto al punto 2 dell'Allegato 8 del D.M. in questione e alle norme richiamate per:

- 1) Materiali da impiegare: Norme UNI EN 10210 Parti 1a e 2a; UNI EN 10025; EN 10045 Parte 1a;
- 2) Saldature: Norme UNI 5132; UNI 7278;
- 3) Bullonature: Norme UNI 5727; UNI 5592;
- 4) Collaudi Norma UNI 10024.

Al fine di garantire l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti approvvigionati tutto il materiale avente dimensione quadra o tonda superiore a 60.3 mm dovrà essere marcato, sull'intera lunghezza di ciascun elemento e a intervalli non inferiori a 3.0 m, con i parametri definiti nel paragrafo 10 della Norma UNI EN 10210/1a.

Di ogni partita di materiale consegnato dovranno essere conservate e rese eventualmente disponibili alla Direzione Lavori le bolle di consegna e i certificati di prova.

#### *25.4.4 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 (12y14m).

Le saldature dovranno essere dimensionate ed eseguite in conformità alle Norme vigenti in materia.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di richiedere che il saldatore sia in possesso della qualifica secondo quanto previsto dalla Norma UNI 4634.

#### *25.4.5 Vetoresine*

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

I tubi in vetroresina dovranno essere non giuntati per lunghezze fino a 15 m mentre per lunghezze



maggiori, la giunzione dovrà essere ottenuta mediante manicotti di resistenza non inferiore a quella del tubo. Non saranno accettate giunzioni incollate.

I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore.

Ove necessario, le armature dei micropali dovranno essere rese solidali con i successivi getti di fondazione o di contenimento mediante adeguata armatura integrativa e di collegamento.

#### 25.4.6 Malte e miscele cementizie di iniezione

##### **Componenti:**

- Cementi. I calcestruzzi saranno conformi a quanto prescritto nei disegni di progetto e nel capitolato relativo alle opere in conglomerato cementizio.
- Inerti. Gli aggregati dovranno essere di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione. In relazione alle eventuali prescrizioni di progetto l'aggregato dovrà essere costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti. Nel caso di impiego di ceneri volanti si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio di 0.075 mm.
- Acqua di impasto. Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di norma.
- Additivi. E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Le schede tecniche dei prodotti commerciali che l'Appaltatore proporrà di usare dovranno essere inviate preventivamente alla Direzione Lavori per l'approvazione.

##### **Preparazione delle malte e delle miscele cementizie**

- Dosaggio: il rapporto acqua/cemento dovrà essere inferiore a 0.5.
- La composizione delle miscele cementizie di iniezione, riferita ad 1 mc di prodotto, dovrà essere la seguente (con variazioni fino al 10% in peso):  
ddd) Acqua: 600 kg  
eee) Cemento: 1200 kg  
fff) Additivi: 10-20 kg
- La composizione delle malte cementizie di iniezione, riferita ad 1 mc di prodotto, dovrà essere la seguente (con variazioni fino al 10% in peso):  
ggg) Acqua: 300 kg  
hhh) Cemento: 600 kg  
iii) Additivi: 5-10 kg  
jjj) Inerti 1100-1300 kg  
kkk) Si deve prevedere un efficace miscelazione dei componenti atta a ridurre la porosità





dell'impasto.

- Impianti di preparazione: le miscele dovranno essere confezionate utilizzando impianti a funzionamento automatico o semiautomatico, costituiti dalle seguenti attrezzature:

III) bilance elettroniche per componenti solidi;

mmm) vasca volumetrica per acqua o contalitri digitale o flussometro ad alta precisione;

nnn) mescolatore primario a elevata turbolenza (min. 1500 giri/min);

ooo) vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici, per le miscele cementizie;

ppp) mixer per le malte.

Almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, per l'approvazione, lo studio delle miscele di iniezione.

La frequenza media delle prove di controllo dei parametri suddetti sarà una ogni 10 micropali eseguiti e/o giorno di lavoro.

## **25.5 MODALITA' ESECUTIVE**

### *25.5.1 Micropali a iniezioni multiple selettive*

#### *25.5.1.1 Perforazione*

La perforazione dovrà essere eseguita con modalità e utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto e minimizzando il disturbo del terreno nell'intorno del foro.

Per la circolazione del fluido di perforazione dovranno essere utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Di norma i valori minimi dovranno essere di 200 l/min e 2,5 MPa, rispettivamente. Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo-foro si dovranno utilizzare compressori di adeguata potenza; le caratteristiche minime richieste sono:

- portata maggiore di 10 m<sup>3</sup>/min
- pressione non inferiore a 0,8 MPa

#### *25.5.1.2 Allestimento del micropalo*

Al termine della perforazione il foro dovrà essere accuratamente sgombrato dai detriti mediante il fluido di circolazione o l'utensile asportatore, senza operare con l'utensile disgregatore.

L'ordine di esecuzione dei micropali nell'ambito di ciascun gruppo dovrà essere stabilito in modo tale da evitare tassativamente l'interferenza delle perforazioni con le operazioni di iniezione.

Si provvederà quindi a inserire l'armatura tubolare valvolata (qualora prevista), 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 dovrà procedere immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina cementizia); la posa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, dovrà essere eseguita successivamente



all'iniezione.

#### *25.5.1.3 Iniezione*

La solidarizzazione dell'armatura al terreno dovrà essere eseguita in due o più fasi come di seguito specificato. Si dovrà utilizzare una miscela cementizia conforme a quanto richiesto nel presente C.S.A..

**Formazione della guaina**

Non appena completata la posa 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;

In caso contrario la perforatrice dovrà restare in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro. 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. Iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati

Trascorso un periodo di 12y24 ore dalla formazione della guaina, si procederà alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un pistoncino (packer) a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 6 MPa; in caso contrario la valvola dovrà essere abbandonata.

Ottenuta l'apertura della valvola, si dovrà iniziare l'iniezione in pressione fino a 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 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 dovranno essere 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, oppure la pressione residua misurata a bocca foro non abbia superato 0,7 MPa, la valvola dovrà essere nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 y 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.

**Caratteristiche degli iniettori**

Per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

qqq) pressione massima di iniezione: 10 MP

rrr) portata massima: 2

m<sup>3</sup>/ora

sss) n° massimo di pistonate/minuto: 60

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori.

#### *25.5.1.4 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 a 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
- viscosità Marsh della miscela cementizia e decantazione
- massa volumica della miscela cementizia
- dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di resistenza a compressione a monoassiale;
- risultati delle determinazioni della massa volumica, della decantazione e della resistenza a compressione.

Questi ultimi tre valori dovranno essere confrontati con i valori misurati nel corso delle prove di qualificazione delle miscele di cui al precedente punto.

#### *25.5.2 Micropali a semplice cementazione*

##### *25.5.2.1 Perforazione*

La perforazione dovrà essere eseguita secondo indicazioni di cui al punto 28.5.1 a).

##### *25.5.2.2 Allestimento del micropalo*

Completata la perforazione e rimossi i detriti, l'Appaltatore dovrà inserire entro il foro l'armatura conforme ai disegni di progetto, in accordo alle prescrizioni di cui al punto 28.5.1 b).

##### *25.5.2.3 Cementazione con riempimento a gravità*

Il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione posizionato a 10y15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.  
Nel caso si adotti una miscela contenente aggregati sabbiosi, il tubo convogliatore dovrà essere dotato



superiormente di un imbuto o tramoggia di carico.

Si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno maggiore di 80 mm.

Nel caso di miscela cementizia pura, senza aggregati, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se il diametro interno sarà inferiore a 80 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere a un tubo di convogliamento separato.

Il riempimento dovrà essere proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire sempre tramite il tubo di convogliamento.

#### *25.5.2.4 Cementazione con riempimento a bassa pressione*

Il foro dovrà essere interamente rivestito; il getto della malta o della miscela dovrà avvenire in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto punto c1) precedente.

Successivamente si dovrà applicare al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5 - 0.6 MPa) contestualmente al sollevamento graduale del rivestimento fino alla sua prima giunzione.

Dovrà essere smontata quindi la sezione superiore del rivestimento e applicata la testa a tenuta al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si dovrà procedere 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 5y6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

#### *25.5.2.5 Controlli e documentazione*

La profondità dei perfori, da valutare rispetto alla quota del sottoplinto o della trave di coronamento nel caso di paratie, dovrà essere misurata in doppio modo:

- in base alla lunghezza delle aste di perforazione nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- in base alla lunghezza dell'armatura.

La differenza fra le due misure dovrà risultare minore di 0,10 m; in caso contrario si dovrà procedere alla pulizia del fondo del foro, asportando i detriti accumulati, dopo aver estratto l'armatura.

La massa delle armature dovrà essere determinata:

- nel caso di armature in barre ad aderenza migliorata, in base alla massa teorica corrispondente ai vari diametri nominali, alla lunghezza di progetto alla massa unitaria secondo le tabelle UNI 6407/69;
- nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alla massa effettiva dei tubi posti in opera.

Durante l'iniezione dovrà essere prelevato un campione di miscela per ogni micropalo sul quale si determinerà la massa volumica, la viscosità Marsh e la decantazione.

La massa volumica dovrà risultare pari ad almeno il 98% di quella teorica. Nelle prove di decantazione, l'acqua essudata fino al momento dell'indurimento non dovrà superare lo 0,2% in volume.



Con il campione di miscela verranno inoltre confezionati cubetti di 7 o 10 cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza a compressione semplice con frequenza di almeno una prova per ogni 10 micropali o frazione iniettati nella stessa giornata.

La resistenza dovrà essere conforme a quanto stabilito al precedente punto 2.1.5.b2).

Le modalità di prova dovranno essere conformi alle normative vigenti e alle eventuali richieste aggiuntive della Direzione Lavori.

Per ogni micropalo eseguito l'Appaltatore dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- n° del micropalo e data di esecuzione (con riferimento a 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
- risultati delle determinazioni della massa volumica, della decantazione e della resistenza a compressione semplice.

## **25.6 PROVE DI CARICO**

### *25.6.1 Generalità*

Nei paragrafi che seguono vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su micropali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel micropalo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema micropalo- terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema micropalo-terreno.

#### *25.6.1.1 Definizioni*

Si definiscono:

- prove di collaudo (prove non distruttive) le prove effettuate sui 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 (prove distruttive) le prove effettuate sui micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema micropalo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a 2,5 y 3 volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );

#### *25.6.1.2 Normative e specifiche di riferimento*



Valgono le Norme già richiamate al punto 28.1.2, ed inoltre: ASTM D1 143-81, "Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load".

#### 25.6.1.3 Numero e ubicazione dei micropali di prova

Il numero e l'ubicazione dei 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.

Il numero e l'ubicazione dei micropali di prova sono di regola definiti dal progettista nelle tavole del progetto esecutivo; se non riportati su queste tavole, tali indicazioni possono essere definite dall'Appaltatore, e comunque sotto approvazione della Direzione Lavori. In ogni caso devono essere rispettati i seguenti quantitativi minimi.

PROVA	MICROPALI DA TESTARE
Prova a carico limite	1 per ogni diametro di palo e per terreni equivalenti dal punto di vista geotecnico.
Prova di collaudo	2% dei micropali con un minimo di 2 micropali per opera; comunque almeno 1 per ogni diametro di palo e per terreni equivalenti dal punto di vista geotecnico

In particolare, l'Appaltatore al termine dell'esecuzione delle fondazioni proporrà i micropali da sottoporre a prove di carico. La Direzione Lavori, tenendo soprattutto conto dell'omogeneità dei terreni in cui è installato il lotto di micropali e dei risultati delle prove a carico limite eseguite per micropali dello stesso diametro, potrà accettare o modificare la scelta dei micropali da sottoporre a prova di carico.

Le caratteristiche dei micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali dimensionati in fase di progetto. I terreni in cui questi dovranno essere eseguiti saranno limitrofi all'area di progetto e comunque tali da identificarsi il più possibile con le caratteristiche di quelli presenti nell'area di progetto.

#### 25.6.2 Prove di carico assiale

##### 25.6.2.1 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

- $P_{prova} = 1.5 P_{esercizio}$  per prove di collaudo
- $P_{prova} = P_{lim}$  per prove a carico limite

ove con  $P_{lim}$  si indica quel valore di carico per il quale si raggiunge la condizione di rottura dell'insieme palo terreno (§ 28.6.2.6). Ove ciò non sia possibile, la prova deve essere eseguita fino ad un carico pari ad almeno 2.5 volte il carico di esercizio.

##### 25.6.2.2 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 micropalo.

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 alla massa equivalente al massimo carico di prova, incrementata del 20%.

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:

- micropali 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 micropali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal micropalo di prova (minimo 5 diametri).

L'Appaltatore, nel caso di prove di carico con micropali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei micropali.

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 adiacente 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 applicati rispettano le indicazioni di cui al § 28.6.2.1.

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 micropalo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il micropalo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici con opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al micropalo 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 ( $r \geq 20$  kN) il carico applicato sul micropalo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del micropalo.

#### *25.6.2.3 Dispositivi per la misura dei cedimenti*

Saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a circa  $120^\circ$  intorno all'insieme micropalo-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 micropalo.

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.

#### *25.6.2.4 Preparazione dei micropali da sottoporre a prova*

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di circa 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 tre staffe metalliche a  $120^\circ$ , per il posizionamento dei micrometri. Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

#### *25.6.2.5 Realizzazione del contrasto*

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 metri dall'asse del micropalo.

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.

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 nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

#### *25.6.2.6 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 tre cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

### **1° CICLO**

- Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a GP, fino a raggiungere il carico  $P_{es}$
- In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:



dddd)t = 0 (applicazione del carico) eeee)t = 2'

ffff) t = 4' gggg)t = 8' hhhh)t=15'

iiii) 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'):

Gs d 0.025 mm.

- Per il livello corrispondente a  $P_{es}$  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:

jjjj) t=0 kkkk)t = 5' llll) t=10'

mmmm)t = 15'

nnnn)Allo scarico le letture verranno eseguite anche a: t=30', t=45', t=60'.

## 2° CICLO

- Applicazione rapida di un carico di entità  $1/3 P_{es}$
- Lettura del cedimento a t=0', 1', 2', 4', 8', 15'.
- Scarico rapido e letture a t= 0' e 5'.
- Applicazione rapida di un carico di entità  $2/3 P_{es}$
- Lettura del cedimento a t=0', 1', 2', 4', 8', 15'.
- Scarico rapido e letture a t= 0' e 5'.
- Applicazione rapida di un carico di entità  $P_{es}$
- Lettura del cedimento a t=0', 1', 2', 4', 8', 15'.
- Scarico rapido e letture a t= 0'. 5'. 10'. 15', 30'.

## 3° CICLO

- Applicazione di "m" (m t 9) gradini di carico GP fino a raggiungere il carico  $P_{prova}$  (vedere § 28.6.2.1).
- In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° Ciclo.
- Il carico  $P_{prova}$  quando è minore di  $P_{lim}$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il micropalo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità 3 GP) con misura:
  - t=0 pppp)t = 5' qqqq)t=10' rrrr) t=15'
  - A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a t = 60';una lettura finale sarà effettuata



12 ore dopo che il micropalo è stato completamente scaricato.

- Nel caso di prove a carico limite, si considererà raggiunto il carico limite  $P_{lim}$ , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:
  - cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 2$  cedimento ( $P_{lim} - GP$ )
  - cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 0.10$  diametri +  $s_{el}$ . Ove  $s_{el}$  è cedimento elastico del micropalo
- In ogni caso, il carico limite deve essere superiore a 2.5 volte il carico di esercizio.

#### 25.6.2.7 Documentazione delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del micropalo 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 micropalo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (micropali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi portamicrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;
- scheda tecnica del micropalo, 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 dell'inverse pendenze.



## Art. 26 ANCORAGGI

### 26.1 GENERALITA'

- Gli ancoraggi sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive: tiranti di ancoraggio;
- barre di ancoraggio e bulloni; chiodi.

#### 26.1.1 Definizioni

##### 26.1.1.1 Tiranti di ancoraggio

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

Nelle strutture di ancoraggio che lavorano totalmente o prevalentemente a trazione si distinguono gli elementi riportati nel seguito.

- Testata

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

- Armatura

È l'elemento destinato a trasmettere le sollecitazioni dalle testate al terreno o alla roccia; è costituita da trefoli o barre, a seconda del tipo di ancoraggio.

- Tratto libero

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

- Fondazione (Bulbo di ancoraggio)

È il tratto di armatura che viene solidarizzato al terreno o alla roccia e trasferisce le sollecitazioni per attrito. Il dispositivo di ancoraggio del tratto di fondazione al terreno può avvenire per:

- cementazione: può essere ulteriormente distinto in relazione alla forma del foro di alloggiamento (cilindrico, con una o più espansioni, ecc.), al tipo di legante (cementi semplici o additivati, resine, ecc.), alla modalità di iniezione dei leganti (in una o più fasi successive);
- espansione meccanica (utilizzato solo per i tiranti provvisori).
- Canna di iniezione

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

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



tiranti a iniezioni selettive, la guaina grecata è collegata alla canna di iniezione e reca incorporate delle valvole a manchettes.

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

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

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

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato non oltre i 2 anni;
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata (maggiore di 2anni).

In relazione allo stato di tensione iniziale, i tiranti di ancoraggio vengono distinti in:

- presollecitati: tiranti nella cui armatura viene indotta una forza di tesatura  $N_i$  superiore a quella teorica di utilizzazione  $N_q$  ( $N_i > N_q$ );
- parzialmente presollecitati: tiranti nella cui armatura viene indotta una forza di tesatura non superiore a quella teorica di utilizzazione ( $N_i \leq N_q$ );
- non presollecitati: tiranti nella cui armatura non viene indotta alcuna forza di tesatura ( $N_i = 0$ ). In relazione alla possibilità di controllo delle variazioni di tensione, i tiranti di ancoraggio vengono distinti in:
  - normali: tiranti in cui, al termine della fase detta iniziale, di durata da stabilire di volta in volta in sede di progetto, viene fissata la forza di tesatura, e viene esclusa la possibilità di ripresa della tesatura;
  - ritensionabili: tiranti per i quali esiste, anche dopo la fase iniziale, la possibilità di misurare e modificare, sia in aumento che in diminuzione, la forza nell'armatura.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio lucido, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie selettive.

#### *26.1.1.2 Barre di ancoraggio e bulloni*

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

- armatura costituita da una singola barra;
  - lunghezza in genere limitata;
  - impiego prevalente in roccia;
  - solidarizzazione, di norma, per semplice cementazione.
- Analogamente ai tiranti di ancoraggio è possibile operare distinzioni in base alle modalità di



applicazione degli sforzi di trazione (attivi e passivi) ed in base alla durata di esercizio (provvisori e permanenti). I bulloni sono generalmente caratterizzati dalla peculiarità di possedere dispositivi di ancoraggio ad espansione meccanica.

- I bulloni d'ancoraggio sono caratterizzati dall'assenza di guaine, da una lunghezza generalmente non superiore a 12 m, e possono essere convenzionalmente suddivisi in:
  - bulloni ad aderenza continua in barre d'acciaio;
  - bulloni ad espansione meccanica con tubo di acciaio sagomato ad "omega";
  - bulloni ad espansione meccanica con barra di acciaio e testa di ancoraggio espandibile;
  - bulloni costituiti da lamiere, barre o profilati infissi a pressione senza perforazione preventiva.

#### 26.1.1.3 Chiodi

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

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

- barra in acciaio ad aderenza migliorata;
- profilato metallico;
- barra o tubo in vetroresina, con superficie corrugata o scabra.

I chiodi sono di norma costituiti da elementi di acciaio od altri idonei materiali (ad esempio, vetroresina, fibre di carbonio o similari).

La connessione al terreno può essere ottenuta con cementazione mediante miscele cementizie o chimiche o con mezzi meccanici.

#### 26.1.2 Normative di riferimento

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In aggiunta dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 14/01/2008 e relativa circolare esplicativa
- "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
  - Associazione Geotecnica Italiana, giugno 1977.
  - raccomandazioni AICAP "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", maggio 1993.
  - UNI EN 1537: 2002. Esecuzione di lavori geotecnica speciali – Tiranti di ancoraggio.
  - UNI EN 1997-1:1997. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.

### 26.1 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Prima di dare inizio ai lavori l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori una planimetria riportante la posizione di tutti gli ancoraggi, incluse quelli di prova, contrassegnati da un numero progressivo.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà eseguire il tracciamento degli ancoraggi identificando la posizione sul terreno mediante infissione di appositi picchetti in corrispondenza dell'asse di ciascuno di essi. Dei testimoni (capisaldi) a cui fare rapidamente riferimento dovranno essere posizionati in modo da non interferire con le normali operazioni di cantiere.



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 gli ancoraggi da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alle eventuali opere di deviazione e/o rimozione di tali ostacoli prima dell'inizio delle operazioni di perforazione, salvo diversa indicazione data nello specifico dal presente capitolato.

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 micropali.

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 cura dell'Appaltatore provvedere all'immediato trasporto a rifiuto di tutti i materiali di risulta provenienti dagli scavi e dalle lavorazioni comunque connesse con l'esecuzione degli ancoraggi.

Nel caso in cui, durante il corso dei lavori, l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate, sarà sua cura effettuare le nuove prove tecnologiche preliminari eventualmente necessarie e sottoporle alla Direzione Lavori per accettazione.

Sarà altresì cura dell'Appaltatore evitare che l'esecuzione degli ancoraggi arrechi danno, per effetto di vibrazione e/o spostamenti di materie, a quelle adiacenti così come ad opere e manufatti preesistenti. In fase esecutiva, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli accorgimenti o a tutte le opere provvisoriale che riterrà necessari ed opportuni per garantire le migliori condizioni di sicurezza ed evitare qualsiasi danno ai fabbricati e/o ai manufatti adiacenti, essendo comunque a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri e i costi connessi alla realizzazione ed al progetto di dettaglio di tutte le opere provvisoriale. Restano in ogni caso a carico dell'Appaltatore gli oneri conseguenti al ripristino dei danni provocati dalla realizzazione delle opere.

L'Appaltatore non potrà richiedere alcun compenso per il fatto che, a seguito di prescrizioni di autorità terze competenti, i lavori per l'esecuzione degli ancoraggi debbano eseguirsi in orario notturno o per fasi, secondo un programma fissato dalla Direzione Lavori.

Sarà cura dell'Appaltatore far eseguire tutti i controlli e le prove (sia preliminari che in corso d'opera) prescritti dal presente Capitolato, così come quelli integrativi richiesti dalla Direzione Lavori, qualora si rendessero necessari per garantire la qualità e le caratteristiche previste dal progetto.

## **26.2      *PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI***

### **26.2.2      *Soggezioni geotecniche e ambientali***

In merito ai limiti delle vibrazioni, l'Appaltatore dovrà assicurare il rispetto delle seguenti norme, oltre a quanto desumibile dallo stato dell'arte, al fine di ridurre danni alle strutture e disturbo ai residenti:

- UNI 9614:1990. 31/03/1990. Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo.
- UNI 9916:2004. 01/04/2004. Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici
- UNI 11048:2003. 01/03/2003. Vibrazioni meccaniche ed urti - Metodo di misura delle vibrazioni negli edifici al fine della valutazione del disturbo.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso





del superamento dei limiti stessi (indicati all'interno della UNI 9614).

A sua discrezione, la Direzione Lavori potrà, con riferimento a quanto proposto, richiedere che l'Appaltatore provveda ad eseguire un campo prove per l'effettuazione di misure di controllo delle vibrazioni indotte al contorno, con oneri e spese relative a carico del medesimo Appaltatore.

#### 26.2.2.1 *Conoscenze geotecniche ed ambientali*

Poiché la corretta della tipologia, delle dimensioni degli ancoraggi e delle relative procedure di esecuzione sono basilari per la corretta realizzazione degli stessi, l'Appaltatore dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni, dei caratteri geomorfologici e strutturali degli ammassi rocciosi, e dell'influenza della falda. Ove ne ricorra l'opportunità si richiederanno prove tecnologiche preliminari, secondo quanto precisato al § 30.3.2, eventualmente accompagnate da prove di tensionamento a supporto della progettazione.

#### 26.2.2.2 *Agressività dell'ambiente*

Poiché l'ambiente circostante gli ancoraggi è costituito dal terreno, dalle acque sotterranee e superficiali, stagnanti o correnti, e dall'atmosfera, dovranno essere valutati con molta attenzione i pericoli di corrosione delle armature tese e di aggressione chimico-fisica dei bulbi di ancoraggio. È da tenere presente che l'azione aggressiva è esaltata dal movimento dell'acqua, dalla temperatura elevata e dalle correnti vaganti. L'ambiente è da considerare aggressivo nei riguardi del cemento anche se è verificata una sola delle condizioni qui di seguito indicate:

- grado idrotimetrico dell'acqua del terreno o di falda < 3° F
- valore del ph < 6
- contenuto in CO<sub>2</sub> disciolta < 30 mg/l
- contenuto in NH<sub>4</sub> < 30 mg/l
- contenuto in MG<sup>++</sup> < 30 mg/l
- contenuto in SO<sup>-</sup> > 60 mg/l (oppure > 60 mg/kg di terreno sciolto)
- tiranti in vicinanza di linee ferroviarie o di altri impianti a corrente continua non isolati e con potenze maggiori di 50 kW;
- opera situata a distanza ≤ 300 m dal litorale marino.

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

Qualora gli ancoraggi operino in terreni interessati dalla presenza di acque aggressive nei confronti dei cementi o dell'acciaio, gli ancoraggi saranno costituiti da materiali mutuamente compatibili, da un punto di vista elettrochimico, con le parti meccaniche dell'ancoraggio.

In particolare, sarà curata la protezione delle testate di ancoraggio e saranno utilizzate idonee iniezioni di intasamento dei fori a base di cementi ad alta resistenza chimica.

#### 26.2.3 *Documentazione e prove preliminari*

Le attrezzature prescelte, i procedimenti esecutivi e le tipologie degli ancoraggi dovranno essere comunicati dall'Appaltatore alla Direzione Lavori per informazione. Se richiesto dalla Direzione Lavori, in relazione a particolari condizioni stratigrafiche o all'importanza dell'opera, l'idoneità dei tipi esecutivi, delle attrezzature e dei procedimenti sarà verificata mediante l'esecuzione di prove preliminari. Le relative prove di carico saranno eseguite in conformità a quanto prescritto al § 30.6 e al § 30.7.



#### 26.2.4 Tolleranze

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

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione non dovrà discostarsi più di  $\pm 10$  cm dalla posizione di progetto;
- la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non dovrà essere maggiore di  $\pm 1^\circ$ ;
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di  $\pm 2$  cm dalla posizione di progetto.

La lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi alle indicazioni progettuali.

### 26.3 MATERIALI

#### 26.3.2 Generalità

Le prescrizioni che seguono sono complementari a quelle di Norma che si intendono quindi integralmente applicabili.

Tutti i materiali impiegati devono essere tra loro compatibili. Ciò vale in particolare per materiali adiacenti con interfaccia comune. Le proprietà dei materiali non devono cambiare per la durata prevista del tirante, in modo da non perdere la corrispondente funzione.

Ancoraggi che comportano l'uso di materiali o di metodi di recente sviluppo sono permessi, previo parere della Direzione Lavori, soltanto se l'efficienza degli ancoraggi e la durabilità dei materiali usati siano stati controllati con prove, in modo da garantire il servizio del sistema per la durata prevista della struttura ancorata.

#### 26.3.3 Acciai e dispositivi di bloccaggio

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti emanate in applicazione dell'art.21 della Legge 5/11/1971 n. 1086.

I dispositivi di bloccaggio dovranno essere conformi alle disposizioni dell'allegato "B" della Circolare Ministero LL.PP. 30/06/1980 ed eventuali successivi aggiornamenti e alla EN 1992-1:Eurocodice 2.

#### 26.3.4 Armature metalliche

Le armature devono essere esenti da corrosione, in particolare da corrosione ad alveoli (vaiolature) sul sistema di protezione. Una leggera presenza di ruggine è tollerabile a condizione che possa esser eliminata e successivamente coperta dalla malta cementizia.

L'armatura non deve essere esposta a danni per correnti elettriche vaganti.

Le armature non devono essere avvolte con raggi di curvatura inferiori al minimo specificato dal fornitore degli stessi.

Durante il carico, il trasporto e la posa in opera dell'armatura si deve aver cura di non deformarla o di non danneggiare i suoi componenti e le protezioni anti-corrosione.

Prima di mettere in opera l'ancoraggio, il foro deve essere controllato per quanto riguarda la lunghezza, la pulizia e l'assenza di ostruzioni. La posa deve essere svolta in modo controllato per evitare spostamenti dei componenti. Nel caso di ancoraggi inclinati verso l'alto, si devono fissare solidamente le armature in opera in modo da impedire spostamenti durante l'iniezione.



#### 26.3.4.1 Trefolo tipo c.a.p.

Si utilizzeranno trefoli I 6/10" in acciaio liscio; le caratteristiche dei trefoli sono qui di seguito elencate:

- componenti: 7 fili I 5 mm
- diametro nominale: 15.20 mm
- sezione nominale: 139 mm<sup>2</sup>
- tensione effettiva all'1% di allungamento: 225 kN
- tensione di rottura effettiva: 250 kN
- modulo elastico:  $E=200 \div 205$  kN/mm<sup>2</sup>
- limite elastico convenzionale allo 0.1%:  $f_{p(1)k}$  1600 N/mm<sup>2</sup>
- tensione di rottura:  $f_{ptk}$  t 1800 N/mm<sup>2</sup>
- allungamento a rottura su 601 mm: 5.2 ÷ 5.1%
- peso: 1.1 kg/m

Di conseguenza le tensioni ammissibili sono:

- in esercizio:  $V_a$  d 0.6  $f_{ptk}$
- in fase provvisoria:  $V_{ai}$  d 0.85  $f_{p(1)k}$

a cui corrispondono i seguenti valori dei carichi di trazione:

- in esercizio:  $T$  d 150 kN
- in fase transitoria\*:  $T$  d 180 kN. (\*) Per prove di

collaudo o per brevi fasi di carico temporanee.

I tratti corrispondenti alla lunghezza vincolata delle armature composte da trefoli o fili ingrassati devono essere ripuliti e sgrassati con cura, con getto di vapore o con solventi.

Usando i solventi per sgrassare le armature, si devono adottare le precauzioni necessarie per garantire che i solventi non siano aggressivi per qualche componente del tirante e che dopo l'applicazione il vincolo tra miscela cementizia e armatura sia in grado di trasmettere le tensioni di carico senza scorrimenti.

I centratori dovranno essere fissati solidamente sull'armatura per assicurare la copertura prescritta.

#### 26.3.4.2 Barre - Barre in acciai speciali

Le barre saranno in acciaio del tipo ad aderenza migliorata (a.m.), di qualità e caratteristiche conformi a quanto specificato nella Sez. relativa ai pali.

Barre di acciaio, tubi o profilati di acciaio utilizzati per l'armatura dei tiranti devono conformarsi con le ENV 10080, EN 10210-1 e EN 100025.

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

#### 26.3.4.3 Accoppiatori

Per accoppiatori si intendono i dispositivi di giunzione fra tratti di barra o di trefolo che compongono l'armatura di un ancoraggio.

Gli accoppiatori devono essere conformi alla ENV 1992-1-2: Eurocodice 2, senza compromettere la resistenza a trazione richiesta all'armatura. L'armatura non dovrà presentare giunti nel tratto vincolato. Il libero allungamento dell'armatura non deve essere ostacolato dall'ingombro di un accoppiatore. La protezione anticorrosione dell'accoppiatore deve essere compatibile con la protezione anticorrosione prevista per l'armatura.



### 26.3.5 *Apparecchi di testata*

#### 26.3.5.1 *Dispositivi di bloccaggio*

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni dell'Allegato "B" della Circolare Ministeriale LL.PP. 30 giugno 1980 ed eventuali successivi aggiornamenti; per i bulloni si farà invece riferimento al D.M. del 14 gennaio 2008.

Inoltre dovranno essere rispettate le prescrizioni riportate al § 6.3 della UNI EN 1537:2002.

#### 26.3.5.2 *Piastre di ripartizione*

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

### 26.3.6 *Miscele di iniezione e loro componenti*

#### 26.3.6.1 *Caratteristiche dei componenti*

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

##### 26.3.6.2 *Cemento*

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

Il cemento dovrà presentare contenuto in cloro, inferiore allo 0,05% in peso e contenuto totale di zolfo da solfuri, inferiore allo 0,15% in peso.

L'idoneità del cemento deve essere certificata dal fabbricante.

#### 26.3.6.3 *Inerti*

Sarà possibile di norma utilizzare solo inerti costituiti da polveri di calcare, o ceneri volanti, previa autorizzazione della Direzione Lavori. Nel caso di impiego di ceneri volanti, ad esempio provenienti da filtri di altiforni, si dovrà utilizzare materiale totalmente passante al vaglio 0.075 mm.

#### 26.3.6.4 *Acqua di impasto*

Si utilizzerà acqua chiara di cantiere, le cui caratteristiche chimico-fisiche dovranno soddisfare i requisiti di norma.

L'acqua dovrà essere conforme alle norme UNI 7163 dell'aprile 1979 e successive modifiche.

#### 26.3.6.5 *Additivi*

È ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari, previa comunicazione alla Direzione Lavori. I prodotti



commerciali che l'Appaltatore si propone di usare dovranno essere comunicati preventivamente alla Direzione Lavori.

Gli additivi non dovranno indurre elementi pregiudizievoli nei riguardi della durabilità e della affidabilità di tutti i componenti del tirante.

Si devono escludere gli additivi con contenuto superiore allo 0.1% (in massa) di cloruri, solfati o nitrati.

#### *26.3.6.6 Preparazione delle miscele cementizie*

##### **37 Caratteristiche di resistenza e dosaggi**

Di norma la resistenza cubica da ottenere per le miscele cementizie di iniezione deve essere:

**$R_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$**

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

##### **38 Composizione delle miscele cementizie**

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad  $1\text{m}^3$  di prodotto, sarà:

- acqua: 600 kg
- cemento: 1200 kg
- additivi: 10÷20 kg
- con un peso specifico pari a circa  $1.8 \text{ kg/cm}^3$ .

##### **39 Impianti di preparazione**

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

- bilance elettroniche per componenti solidi;
- vasca volumetrica per acqua;
- mescolatore primario ad elevata turbolenza (min. 1500 giri/min);
- vasca di agitazione secondaria e dosatori volumetrici delle miscele cementizie.

##### **40 Controlli e documentazione**

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

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

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

#### *26.3.6.7 Requisiti delle miscele*

Tutti i requisiti sottoelencati devono essere controllati prima dell'inizio dei lavori e ogni qualvolta cambino le qualità e le caratteristiche dei componenti.

##### **Fluidità**

Si controlli determinando il tempo di percolamento, mediante il cono di Marsh (diametro ugello 13 mm); il tempo di percolamento deve essere compreso tra 10 e 30 secondi.

##### **Essudazione**

Determinata in base alle Raccomandazioni AICAP, l'acqua di essudazione dovrà essere inferiore al 2%



del volume iniziale della miscela e deve essere completamente riassorbita nelle successive 24 ore.

#### Ritiro

Il ritiro della miscela a 28 giorni non deve superare 2.800 micron per metro. Resistenza

La resistenza a compressione della miscela a 7 giorni a  $20^{\circ}\text{C}\pm 1$  misurata su provino cilindrico con rapporto  $H/D = 2$  deve essere maggiore di 15 MPa.

Il controllo di tutti i parametri indicati va eseguito nella fase di messa a punto della miscela di iniezione. Una volta stabilita la miscela idonea, di cui sarà redatto il verbale, la stessa dovrà essere impiegata senza modifiche, ed in tal caso sarà sufficiente controllare la fluidità ad ogni impasto e la essudazione all'inizio di ogni giornata lavorativa o comunque ogni 50 tiranti.

Il valore della fluidità riscontrato durante i lavori potrà al massimo discostarsi di  $\pm 5$  secondi da quello misurato sulla miscela iniziale e verbalizzato.

Se, in occasione dei controlli, anche solo una delle prove non fornisce risultati conformi a quanto prescritto, le iniezioni devono essere sospese e possono riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela dalle idonee caratteristiche.

#### 26.3.6.8 *Miscele di iniezione speciali*

Le miscele di iniezioni speciali possono essere costituite da:

- cementi speciali, acqua e additivi appropriati;
- cementi speciali e non, acqua ed uno o più costituenti sintetici;
- resine sintetiche ad eventuali aggregati.

La composizione delle miscele speciali deve essere dichiarata dal produttore, che deve certificare tutti i requisiti, oltre a garantire l'assenza di ioni aggressivi e la sua impiegabilità nel caso specifico. Inoltre, deve essere depositato preventivamente in cantiere un protocollo che elenchi tutte le prescrizioni relative alla confezione e utilizzazione della miscela prescelta.

#### 26.3.7 *Dispositivi di protezione*

##### 26.3.7.1 *Generalità*

Tutti i componenti di acciaio in tensione devono essere protetti contro la corrosione per la loro vita di progetto. Dove necessario, gli elementi di protezione contro la corrosione devono essere in grado di trasmettere i carichi applicati all'armatura.

La classe di protezione contro la corrosione è classificata in funzione della vita di servizio prevista per l'ancoraggio:

ancoraggi temporanei sono per definizione quelli per i quali è prevista una durata di servizio non oltre 2 anni e che quindi devono essere dotati di una protezione che prevenga la corrosione per una durata di progetto minima di due anni; ancoraggi permanenti sono per definizione quelli per i quali è prevista una durata di servizio maggiore di 2 anni e devono quindi essere dotati di protezione per tutta la loro vita di esercizio.

Se si dovranno effettuare dei controlli della protezione anticorrosione per tiranti di ancoraggio permanenti, dovranno essere eseguiti secondo le disposizioni riportate al § 6.12 della UNI EN 1537:2002.

##### 26.3.7.2 *Guaine in materiali plastici*



La guaina è un elemento costitutivo dei tiranti atto a proteggere l'armatura dalla corrosione, in corrispondenza del tratto libero. Nei tiranti a trefoli, ogni trefolo deve essere singolarmente inguainato. Di norma vengono impiegati tubetti corrugati in PVC, polietilene o propilene, di diametro interno congruente con il diametro dei trefoli o delle barre. L'intercapedine tra la guaina e l'armatura dovrà essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

Le guaine devono essere continue, impermeabili all'acqua, resistenti alla fragilità da invecchiamento e a danni da radiazione ultravioletta durante immagazzinamento, trasporto ed installazione. I giunti fra componenti di plastica devono essere completamente sigillati contro la penetrazione dell'acqua, per contatto diretto o con guarnizioni.

Se si usa il PVC, questo deve essere resistente all'invecchiamento e non liberare cloruri.

Le guaine impiegate per tiranti di ancoraggio devono conservare permanentemente le caratteristiche fisico - meccaniche nel campo di temperatura da  $-20^{\circ}$  a  $+70^{\circ}\text{C}$ . Lo spessore della parete della guaina deve essere adeguato alle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste, e comunque non inferiore a:

- 1 mm per  $li < 80$  mm
- 1.5 mm per  $80 \text{ mm} < li < 120$  mm
- 2.0 mm per  $li > 120$  mm

dove  $li$  è il diametro interno della guaina (sia liscia che corrugata).

Lo spessore di una guaina o di un tubo esterno liscio comune deve essere non inferiore di 1 mm rispetto a quello richiesto per tubi corrugati; oppure deve essere armato.

Lo spessore di una guaina interna deve essere non inferiore a 1 mm e quello di un tubo interno corrugato non inferiore a 0.8 mm.

Le altre caratteristiche geometriche delle guaine dovranno essere conformi a quanto indicato al § 3.4.1 delle Raccomandazioni AICAP.

I tubi di plastica, se usati per il trasferimento delle forze, devono essere nervati o corrugati. L'altezza e il passo delle nervature o dei corrugamenti devono essere scelti in rapporto allo spessore e devono essere in grado di trasferire il carico senza consentire perdite per scorrimento.

#### *26.3.7.3 Acciai ingrassati ed inguainati*

L'acciaio, prima delle operazioni di ingrassaggio ed inguainaggio, deve essere esente da ogni traccia di ossidazione da altri elementi estranei. Non deve essere usato acciaio inguainato e non ingrassato; il grasso deve riempire tutti gli spazi all'interno della guaina.

Per l'inguainamento devono essere usate materie plastiche con le medesime caratteristiche indicate al punto precedente. Lo spessore minimo della guaina è di 1 mm.

Il grasso deve essere stabile chimicamente, inalterabile ed insaponificabile; non deve svolgere alcuna azione aggressiva nei confronti dell'acciaio e delle materie plastiche della guaina; deve essere stabile all'interno del campo delle temperature di utilizzazione.

#### *26.3.7.4 Testa di ancoraggio*

In ambiente aggressivo occorre applicare subito una protezione sulla testa di ancoraggio, sia in caso di tiranti temporanei che permanenti.

Se non sono richieste riprese di carico e controlli di tiro, allora nell'interno della calotta di testa si possono introdurre resine, miscele e altri prodotti sigillanti.

Se invece sono richieste riprese di carico e controlli di tiro, la protezione della parte esterna della testa,





compresa la calotta e il suo contenuto, deve risultare removibile. Deve essere possibile ricaricare la calotta con il prodotto anticorrosione.

Fra calotta e piastra di appoggio devono essere disposti un'adeguata guarnizione di tenuta e un fissaggio meccanico.

Nel caso di ancoraggi permanenti, la piastra di appoggio e gli altri componenti esposti di acciaio della testa devono essere protetti prima del trasporto sul cantiere, in conformità con la relativa norma EN per il rivestimento delle strutture in acciaio.

Le calotte di acciaio per ancoraggi permanenti devono avere uno spessore minimo di 3 mm.

Si potranno applicare calotte di plastica armata con spessore minimo di almeno 5 mm, salvo approvazione della Direzione Lavori.

#### *26.3.7.5 Centratori, distanziatori e tamponi*

Forma e numero dei centratori devono essere tali da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento e nello stesso tempo non devono ostacolare il passaggio della miscela; in ogni caso in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro deve essere pari ad almeno due volte la sezione del condotto di iniezione. Per i tiranti aventi l'armatura costituita da un fascio di trefoli, questi dovranno essere simmetricamente disposti intorno al tubo centrale di iniezione e, in corrispondenza del tratto di fondazione, saranno inseriti in appositi distanziatori che, regolarmente intervallati con fascette di restringimento, permetteranno al fascio di trefoli di assumere un andamento sinusoidale a ventre e nodi che incrementa l'ancoraggio passivo dell'armatura ai bulbi.

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

I distanziatori dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi che devono sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a 5 m nel tratto libero; nel tratto di fondazione saranno intercalati da legature e disposti a interessi di  $2,0 \div 2,5$  m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi.

Salvo espressa deroga contenuta nel progetto, dovranno essere adottati dispositivi di centraggio interni alla guaina tali da assicurare uno spessore minimo di ricoprimento dell'armatura di 5 mm, e dispositivi di centraggio esterni alla guaina tali da assicurare un ricoprimento minimo di 20 mm rispetto alla guaina. Essi dovranno essere costituiti da materiali che non inneschino processi di corrosione.

Per armature costituite da barre i distanziatori non saranno alternati a legature.

Ogni componente installato e lasciato nel foro dovrebbe essere distanziato e collocato in modo a ridurre la capacità di ancoraggio del tirante. Per assicurare la corretta posizione delle armature, dei loro componenti, degli elementi di protezione anticorrosione e di ogni altro componente nel foro, si dovranno applicare dei distanziatori, in modo da corrispondere alle esigenze di un minimo di copertura e di un completo riempimento dei vuoti con malta.

Distanziatori e centratori non devono ostacolare il flusso della malta d'iniezione.

I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione.

I tamponi dovranno essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato) aventi caratteristiche tali da garantire l'armatura dalla corrosione.

#### *26.3.7.6 Dispositivi per l'iniezione*

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



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

Le caratteristiche dei condotti di iniezione da impiegare dovranno essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione risultando cioè garantiti per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a 10 bar;

avere diametro interno minimo orientativamente pari a 10 mm nel caso in cui non siano presenti aggregati, pari a 16 mm in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela d'iniezione.

#### 26.3.8 Resine

Le resine saranno di norma impiegate per la solidarizzazione dei chiodi in acciaio alla roccia. Preferibilmente saranno impiegate resine epossidiche a due componenti e resine poliesteri insature. Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che influenzano il comportamento delle miscele di iniezione a base di resine sono:

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

Rapporti non corretti nel dosaggio dei componenti danno luogo a perdite di resistenza (per le resine epossidiche) o a variazioni non accettabili dei tempi di polimerizzazione (per resine poliesteri). La presenza di solventi o diluenti, o prodotti secondari delle reazioni non partecipi della struttura della macromolecola, è generalmente causa di ritiro e/o la porosità.

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

viscosità: i valori dovranno essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393 - 72;

tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, ed ai tempi di realizzazione; il valore dovrà essere misurato secondo il metodo ASTM D2471 - 71;

assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione: la differenza tra il peso della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% del peso iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, ad esempio, sviluppo di gas;

compatibilità con l'eventuale presenza di acqua in fase di polimerizzazione: l'accertamento dovrà essere fatto attraverso prove di confronto della resistenza a trazione di resine indurite in aria e in acqua, su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819-66 (con spessore di 10 mm); la riduzione di resistenza dovrà essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita all'aria.

#### 26.3.9 Vetoresine

Le vetoresine potranno essere utilizzate per la realizzazione di chiodi.

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



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

Caratteristiche e limiti di accettabilità delle vetroresine per chiodi

CARATTERISTICHE	UNITA' DI MISURA	MATRICE IN POLIESTERE	MATRICE IN RESINA EPOSSIDICA	METODO DI PROVA
Peso specifico	Kg/dm <sup>3</sup>	1.65÷1.85	1.9	UNI 7092-72
Contenuto di vetro in percentuale al peso	%	50÷70	60÷75	-
Resistenza a trazione	MPa	400÷650	> 800	UNI 5819/66
Resistenza a flessione	MPa	300÷600	> 750	UNI EN ISO 178
Resistenza a compressione	MPa	150÷300	450	UNI EN ISO 604
Modulo di elasticità	MPa	15000÷32000	35000÷42000	UNI 5819/66



## 26.4 MODALITA' ESECUTIVE

### 26.4.2 Tiranti di ancoraggio

#### 26.4.2.1 Perforazione

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

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

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

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

La perforazione potrà essere eseguita in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua.

I fori per i tiranti devono essere realizzati con le tolleranze specificate.

Il diametro del foro deve permettere la copertura specificata per la miscela sull'armatura della lunghezza vincolata.

Il foro potrà essere eseguito a qualsiasi altezza e l'impresa dovrà provvedere ad eseguire idonei ponteggi ed impalcature, rispondenti a tutte le indicazioni di Legge.

Le deviazioni devono essere controllate dopo un avanzamento di 2 m di foro.

Il foro dovrà essere rivestito nel caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle pareti del foro durante e dopo la posa delle armature; in roccia si rivestirà il foro nei casi in cui:

-l'alterazione e la fessurazione della roccia siano tali da richiederlo per assicurare la stabilità delle pareti durante e dopo la posa delle armature;

-la natura della roccia sia tale da far temere la formazione di spigoli aguzzi lungo le pareti del foro, suscettibili di danneggiare le guaine di protezione.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi, oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite.

L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sotto falda.

Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria.

Nel caso coi terreni con prevalente componente argillosa, di rocce marnose tenere e terreni argillosi sovraconsolidati, il lavaggio sarà eseguito con sola aria, evitando l'utilizzo di fluidi di perforazione.

Quando sia previsto dal progetto e sia compatibile con la natura dei terreni, si potranno eseguire, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori, delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori.

Le modificazioni sul terreno devono risultare contenute in misura tale da ridurre gli effetti negativi, per esempio fessurazione, preconsolidamento e postconsolidamento associate a ogni manovra. Il fluido di perforazione e gli eventuali additivi non devono agire negativamente su armatura, protezione e malta



d'iniezione o sulla stabilità del foro, specialmente in corrispondenza della lunghezza vincolata. Particolare attenzione deve essere dedicata perforando un terreno sotto falda in compressione artesianica. In particolare, in presenza di terreni sabbiosi, dove in caso di gradienti idraulici sfavorevoli nel terreno intorno al foro, possono diventare sciolte e perdere di stabilità.

Tecnologie adatte a controbilanciare la pressione d'acqua e prevenire ogni eruzione, collasso del foro ed erosione durante le operazioni di perforazione, posa in opera dell'armatura ed iniezione devono essere selezionate in anticipo e attuate come a quanto richiesto. Nei casi di elevati livelli di falda può essere utile l'impiego di fluidi di perforazione pesanti.

Fra i possibili provvedimenti si includono:

l'uso di attrezzi ausiliari come premistoppa oppure otturatori;

l'abbassamento di falda, dopo aver valutato il rischio di un generale assestamento del terreno; l'iniezione preventiva del terreno.

Le operazioni di perforazione devono essere svolte in modo che ogni variazione importante nelle caratteristiche del terreno, rispetto a quelle assunte per il calcolo del tirante, possa essere subito riconosciuta.

#### 26.4.2.2 *Allestimento del tirante*

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

- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1<sup>a</sup> fase);
- introduzione del tirante;
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera;
- protezione della testata.

L'introduzione del tirante prima del riempimento di 1<sup>a</sup> fase potrà essere eseguita solo allorché:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali;



- i trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e d'isaturazione;
- il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati (i d 25°), sia presente.

Gli intervalli di tempo fra le diverse operazioni richieste per la costruzione di un tirante devono essere commisurati in base alle caratteristiche del terreno ed in ogni caso essi dovrebbero essere per quanto possibile ridotti.

In caso di rischio di rigonfiamento o di allentamento del terreno, si deve procedere subito alla posa e all'iniezione del tirante dopo la preparazione del foro. Come regola generale, la posa e l'iniezione di un tirante devono avvenire nello stesso giorno della perforazione del tratto di lunghezza vincolata. Se non si può evitare un ritardo, si deveappare il foro per prevenire la penetrazione di materiali nocivi.

#### *26.4.2.3 Elementi di protezione*

In relazione alla aggressività dell'ambiente sono ammesse per i tiranti le seguenti due classi di protezione:

- classe 1 per tiranti provvisori in ambiente aggressivo e non aggressivo e per tiranti permanenti in ambiente non aggressivo, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;
- classe 2 per tiranti permanenti in ambiente aggressivo, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia per il tratto libero; sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a 1,5 mm e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni dell'armatura di almeno 5 mm.

Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > 5 mm ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a 8 mm.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;

da una verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo dovranno essere riempiti con miscela cementizia. Gli spazi residui tra armatura e guaina dovrà essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile, inalterabile e non saponificabile.

#### *26.4.2.4 Iniezione*

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. L'uso di iniezioni chimiche, se risulta necessario il loro impiego, non dovrà avere effetti negativi sul tirante (in termini di capacità portante e di durabilità) o sull'ambiente (in termini di contaminazione del terreno o della falda).

Si dovranno eseguire le iniezioni partendo sempre dal punto più basso della sezione. Per i fori orizzontali o inclinati verso l'alto si richiede una guarnizione o un otturatore per evitare perdite di malta dalla lunghezza vincolata del tirante, come anche all'interno del foro.

L'aria e l'acqua devono poter rifluire, in modo da permettere un completo intasamento.



Installando tiranti quasi orizzontali, si dovranno adottare accorgimenti particolari, come iniezioni in pressione ripetute in fasi multiple, per evitare che rimangano dei vuoti nella sezione da iniettare. Quando siano previste iniezioni a sequenza multipla o re-iniezioni nella lunghezza vincolata del tirante, si dovrebbe incorporare nel tirante un tubo con valvole d'iniezione a manicotto. L'eventuale entrata di acqua nel foro dovrebbe essere controbilanciata con un maggior carico di malta oppure con una iniezione preliminare, indipendentemente dalla portata d'acqua.

#### *26.4.2.4.1 Cementazione di prima fase*

Se necessaria sarà eseguita all'atto del completamento della perforazione, secondo quanto specificato al precedente punto; si utilizzerà un volume di miscela cementizia commisurato al volume teorico del foro.

In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi.

Completata l'iniezione di 1<sup>a</sup> fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di iniezione.

#### *26.4.2.4.2 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. La pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I valori di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore. Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno della canna.

#### *26.4.2.4.3 Caratteristiche degli iniettori*

Per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione max di iniezione: | 100 bar
- portata max: | 2 m<sup>3</sup>/ora
- n. max pistonate/minuto: | 60.

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.





#### 26.4.2.5 *Protezione anticorrosione in opera*

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela utilizzata nelle operazioni di iniezione dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante. L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni.

Per un periodo non inferiore a centottanta giorni decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire rispettivamente a novanta e centottanta giorni dalla data della tesatura di collaudo, nelle quantità che saranno prescritte dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 20% dei tiranti.

#### 26.4.2.6 *Controlli e documentazione*

Per ogni tirante eseguito l'Appaltatore dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- numero del tirante;
- data di esecuzione;
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione;
- caratteristiche sommarie dei terreni attraversati;
- utensile;
- fluido;
- rivestimenti e protezioni adottate;
- caratteristiche del tirante (armatura, lunghezza della fondazione);
- volume dell'iniezione di 1<sup>a</sup> fase;
- tabelle delle iniezioni selettive indicanti per ogni valvola e per ogni fase:
- data;
- pressioni di apertura;
- volumi di assorbimento;
- pressioni raggiunte;
- caratteristiche della miscela utilizzata:
- composizione;
- peso specifico;
- viscosità Marsh;
- rendimento volumetrico o decantazione;
- dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di compressione a rottura;
- le fasi di taratura e le modalità di controllo delle misurazioni;
- allungamento sotto il carico di collaudo;
- valore della forza di tensionamento.



#### 26.4.2.7 *Collaudo del foro*

A foro completato o durante l'iniezione del tirante, si deve procedere in modo da assicurare il completo intasamento del tratto vincolato dopo l'iniezione. Ciò può essere fatto per esempio con prova d'acqua, prove di assorbimento di malta a gravità o a pressione.

Per i dettagli di tali prove si farà riferimento al § 8.3.2 della UNI EN 1537:2002.

#### 26.4.2.8 *Tesatura*

La funzionalità dell'apparecchiatura di tesatura (pompa, collegamenti elettro-idraulici, martinetti), e l'affidabilità della strumentazione di controllo (manometri), devono essere verificate ad ogni turno di lavoro, oppure quando si riscontrino anomalie nella tesatura.

In particolare il cantiere deve essere dotato di un manometro campione (debitamente tarato presso un Laboratorio ufficiale in data non anteriore a 6 mesi), con la possibilità di montaggio sulla pompa in parallelo con il manometro di servizio.

La tesatura del tirante deve poter procedere in conformità al programma di progetto (gradini di carico, tempi, misure e registrazioni, bloccaggio), con una tolleranza del  $\pm 5\%$  rispetto ai valori nominali.

Le attrezzature di tiro e i dinamometri in regolare uso devono essere tarati a intervalli di non oltre 6 mesi, con certificati disponibili in cantiere per ispezioni in ogni momento.

L'attrezzatura dovrà mettere in tiro l'intera armatura come una singola unità, inoltre, dovrebbe essere in grado di tesare l'armatura in condizioni di sicurezza fino allo specificato tiro di prova, restando sotto la pressione massima ammessa dalla prova.

La messa in tensione dovrà essere eseguita solo dopo sufficiente indurimento della malta nella lunghezza vincolata, cosa che generalmente richiede sette giorni.

#### 26.4.3 *Barre d'ancoraggio e bulloni*

##### 26.4.3.1 *Perforazione*

Valgono le prescrizioni già indicate per i tiranti di ancoraggio (§ 30.5.1.1). Nel caso di perforazione di piccolo diametro in roccia ( $\varnothing$  d 80 ÷ 100 mm) e di manifesta stabilità del foro, potrà essere omesso l'impiego dei rivestimenti.

##### 26.4.3.2 *Allestimento dell'ancoraggio*

Completata la perforazione e rimossi i relativi detriti mediante adeguato prolungamento della circolazione dei fluidi, si provvederà a realizzare l'ancoraggio, procedendo con le seguenti operazioni:

- introduzione dell'armatura;
- esecuzione dell'iniezione primaria e contemporanea estrazione del rivestimento;
- esecuzione delle iniezioni selettive se ed ove previste;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- eventuali prove di carico di collaudo;
- tensionamento della barra.

Per i bulloni ad espansione meccanica la connessione alla roccia si otterrà direttamente in fase di tensionamento.



### 26.4.3.3 Iniezione

#### 26.4.3.3.1 Iniezione di miscele cementizie

Si applicano le specifiche già indicate per i tiranti di ancoraggio (§ 30.5.1.4), sia per le iniezioni di 1<sup>a</sup> fase, a gravità o a bassa pressione, sia per le iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati, quando previste.

#### 26.4.3.3.2 Iniezione di resine

Nell'esecuzione di iniezioni con resine sintetiche si adotteranno modalità operative conformi alle raccomandazioni fornite dal produttore.

Per barre di piccolo diametro ( $l = 15 \div 20$  mm) si potrà adottare il sistema a "cartuccia". In tal caso si posiziona in fondo al foro una cartuccia di vetro contenente i componenti della resina, opportunamente separati. Si infila quindi la barra, facendola ruotare per rompere la cartuccia e mescolare i componenti della resina, dando così luogo al processo di polimerizzazione.

Per barre di diametro maggiore si adotteranno di norma resine fluide, che saranno iniettate tramite un condotto di mandata con ugello di fuoriuscita posto in prossimità del fondo del foro. La testata sarà dotata di un tubicino di sfiato, di norma in rame, che sarà occluso per piegatura a iniezione completata. Le resine saranno di norma impiegate per la solidarizzazione delle barre in acciaio alla roccia. Preferibilmente saranno impiegate resine epossidiche a due componenti e resine poliesteri insature. Oltre al corretto dosaggio dei componenti, i principali fattori che influenzano il comportamento delle miscele di iniezione a base di resine sono:

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

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

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

Sarà necessario che ciascun componente non sia solubile in acqua e che l'eventuale assorbimento di acqua non comporti alterazioni nel processo di polimerizzazione. Particolari accorgimenti dovranno essere presi per l'impiego sotto battente d'acqua, per evitare porosità e discontinuità.

La scelta della resina dovrà essere fatta tenendo conto dei seguenti fattori:

viscosità: i valori dovranno essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393 - 72;

tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, ed ai tempi di realizzazione; il valore dovrà essere misurato secondo il metodo ASTM D2471 - 71;

assenza di solventi, diluenti, o altri componenti estranei alla polimerizzazione: la differenza tra il peso della miscela fluida iniziale e della stessa miscela indurita dovrà essere inferiore al 5% del peso iniziale; la polimerizzazione non dovrà dar luogo a fenomeni secondari dannosi come, per esempio, sviluppo di gas; compatibilità con l'eventuale presenza di acqua in fase di polimerizzazione: l'accertamento dovrà essere fatto attraverso prove di confronto della resistenza a trazione di resine indurite in aria ed in acqua, su provini del tipo 2 indicati nella UNIPLAST 5819 - 66 (con spessore di 10 mm); la riduzione di resistenza dovrà essere inferiore al 10% del valore della resistenza della resina indurita all'aria.

### 26.4.3.4 Controlli e documentazione

L'Appaltatore dovrà fornire una scheda contenente, per ogni ancoraggio eseguito, informazioni



relative a:

- modalità di perforazione;
- tipo e caratteristiche dell'armatura;
- tipo e modalità d'iniezione;
- valori di tensionamento.

#### 26.4.4 Chiodi

La posa in opera dei chiodi sarà eseguita tramite le seguenti operazioni:

- perforazione, da condurre in accordo con le prescrizioni di cui alle precedenti tipologie di ancoraggio; è ammesso l'impiego di attrezzature leggere, in relazione alla natura della roccia ed alla geometria del foro;
- introduzione dell'armatura;
- esecuzione dell'iniezione, fino al completo riempimento dell'intercapedine.

Per chiodi in vetroresina si utilizzeranno solo prodotti chimicamente affini al materiale costituente l'armatura. In casi e per applicazioni particolari i chiodi potranno essere inseriti a pressione, con o senza battitura, con o senza jetting (attraverso la sezione cava).

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

Di norma i chiodi in vetroresina saranno a sezione circolare, piena o cava, con diametri variabili da 20 a 60 mm; per i profilati a sezione cava si richiedono spessori minimi non inferiori a 5 mm.

Ove necessario, o espressamente richiesto dal progetto, le barre dovranno essere del tipo ad aderenza migliorata, ad esempio mediante trattamento di filettatura continua.

L'impiego di profilati con sezioni di geometria particolare (a doppio T, ad U, prismatica) potrà essere consentito, ove previsto da progetto. I materiali utilizzati dovranno essere certificati dal produttore. Le caratteristiche minime richieste sono quelle riportate nella tabella al § 30.4.

Le informazioni relative all'esecuzione dei chiodi saranno riportate, a cura dell'Appaltatore, su una scheda tecnica preventivamente approvata dalla D.L..



## Art. 27 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO TRADIZIONALI

### 27.1 GENERALITÀ

I conglomerati bituminosi a caldo tradizionali sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume semisolido, additivi ed eventuale conglomerato riciclato.

### 27.2 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

#### 27.2.1 Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido (tal quale) ed eventualmente da quello proveniente dal conglomerato riciclato additivato con ACF (attivanti chimici funzionali). A seconda della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo 50/70 oppure 80/100 con le caratteristiche indicate nella seguente tabella, con preferenza per il 50/70 per le temperature più elevate.

Bitume			32.2.1.1	
parametro	Normativa	unità di misura	tipo 50/70	tipo 80/100
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR B.U. n. 24/1971	dmm	50-70	80-100
Punto di rammollimento	EN1427, CNR B.U. n. 35/1973	°C	46-56	40-44
Punto di rottura (Fraass)	CNR B.U. n. 43 /1974	°C	d - 8	d - 8
Solubilità in Tricloroetilene	CNR B.U. n. 48/1975	%	t 99	t 99
Viscosità dinamica a 160°C, $J = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Paxs	d 0,3	d 0,2
32.2.1.1.1 Valori dopo RTFOT	EN 12607-1			
Volatilità	CNR B.U. n. 54/1977	%	d 0,5	d 0,5
Penetrazione residua a 25°C	EN 1426, CNR B.U. n. 24/71	%	t 50	t 50
Incremento del punto di Rammollimento	EN 1427, CNR B.U. n. 35/73	°C	d 9	d 9

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un laboratorio ufficiale.

#### 27.2.2 Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica).

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato



contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella.

Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto.

La presenza degli ACF nel bitume potrà essere accertata mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica).

- Attivanti chimici funzionali

<b>Attivanti Chimici Funzionali</b>			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160°C, J =10s <sup>-1</sup>	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	1,5-2,5
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 1,0

### 27.2.3 Aggregati

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purchè, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle seguenti tabelle al variare del tipo di strada.

Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento

<b>Trattenuto al crivello UNI n. 5</b>					
<b>Indicatori di qualità</b>			<b>Strato pavimentazione</b>		
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Base</i>	<i>Binder</i>	<i>Usura</i>
Los Angeles (*)	CNR B.U. n. 34/1973	%	□ 30	□ 30	□ 20
Micro Deval Umida (*)	CNR B.U. n. 109/1985	%	□ 25	□ 25	□ 15
Quantità di frantumato	-	%	□p70	□p80	100
Dimensione max	CNR B.U. n. 23/1971	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR B.U. n. 80/1980	%	□p30	□p30	□p30
Spogliamento	CNR B.U. n. 138/1992	%	□p5	□p5	0
Passante allo 0.0075	CNR B.U. n. 75/1980	%	□p1	□p1	□p1
Indice appiattimento	CNR B.U. n. 95/1984	%		□ 30	□p30
Porosità	CNR B.U. n. 65/1978	%		□p1,5	□p1,5
CLA	CNR B.U. n. 140/1992	%			□p40
(*) 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.					

Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali



Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR B.U. n. 34/1973	%	□ 40	□ 40	□ 25
Micro Deval Umida (*)	CNR B.U. n. 109/1985	%	□ 35	□ 35	□ 20
Quantità di frantumato	-	%	□p60	□p70	100
Dimensione max	CNR B.U. n. 23/1971	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR B.U. n. 80/1980	%	□p30	□p30	□p30
Spogliamento	CNR B.U. n. 138/1992	%	□p5	□p5	0
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%	□p2	□p2	□p2
Indice appiattimento	CNR B.U. n. 95/1984	%		□ 35	□p30
Porosità	CNR B.U. n. 65/1978	%		□p1,5	□p1,5
CLA	CNR B.U. n. 140/1992	%			□p40
(*) 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.					

Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica, con CLA •43, pari almeno al 30% del totale.

In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) o artificiali (argilla espansa resistente o materiali simili, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (CLA •50) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in peso comprese tra il 20% ed il 30% del totale, ad eccezione dell'argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela. L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione.

A seconda del tipo di strada, gli aggregati fini per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali devono possedere le caratteristiche riassunte nelle seguenti tabelle

Aggregato fino. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento

Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in Sabbia	CNR 27/72	%	□p50	□p60	□p70
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	□p25		
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%		□p2	□p2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%		□p40	□p50

Aggregato fino. Strade urbane di quartiere e locali

Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in Sabbia	CNR B.U. n. 27/1972	%	□p40	□p50	□p60
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	□p25		
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%		□p3	□p3
Quantità di frantumato	CNR B.U. 109/1985	%		□p40	□p50

Per aggregati fini utilizzati negli strati di usura il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 10 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di CLA • 42.

Il filler, frazione passante al setaccio 0,075 mm deve soddisfare i requisiti indicati nella seguente tabella.



Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base Binder Usura
Spogliamento	CNR B.U. n. 138/1992	%	□p5
Passante allo 0.18	CNR B.U. n. 23/1971	%	100
Passante allo 0.075	CNR B.U. n. 75/1980	%	□p80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	CNR B.U. n. 123/1988	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR B.U. n. 122/1988	□PA	□p5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio ufficiale. Per conglomerato riciclato deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in situ eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo).

Le percentuali in peso di materiale riciclato riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti di seguito specificati:

- conglomerato per strato di base d 30%
- conglomerato per strato di collegamento d 25%
- conglomerato per tappeto di usura d 20%

Per la base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza; per il binder materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura, per il tappeto materiale proveniente solo da questo strato.

La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'impresa è tenuta a presentare alla direzione dei lavori prima dell'inizio dei lavori.

#### 27.2.4 Miscela

La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati nella seguente tabella. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

Serie crivelli e setacci UNI		Base	Binder	Usura		
				A	B	C
Crivello	40	100	-	-	-	-
Crivello	30	80 – 100	-	-	-	-
Crivello	25	70 – 95	100	100	-	-
Crivello	15	45 – 70	65 – 85	90 – 100	100	-
Crivello	10	35 – 60	55 – 75	70 – 90	70 – 90	100
Crivello	5	25 – 50	35 – 55	40 – 55	40 – 60	45 – 65
Setaccio	2	20 – 35	25 – 38	25 – 38	25 – 38	28 – 45
Setaccio	0,4	6 – 20	10 – 20	11 – 20	11 – 20	13 – 25
Setaccio	0.18	4 – 14	5 – 15	8 – 15	8 – 15	8 – 15
Setaccio	0.075	4 – 8	4 – 8	6 – 10	6 – 10	6 – 10
% di bitume		4,0 – 5,0	4,5 – 5,5	4,8 – 5,8	5,0 – 6,0	5,2 – 6,2

Per i tappeti di usura il fuso A è da impiegare per spessori superiori a 4 cm, il fuso B per spessori di 3–4 cm, il fuso C per spessori inferiori a 3 cm.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall.





Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate nelle seguenti tabelle.

METODO VOLUMETRICO	Strato pavimentazione			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02		
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30		
Pressione verticale	kPa	600		
Diametro del provino	mm	150		
Risultati richiesti				
Vuoti a 10 rotazioni	%	10 – 14	10 – 14	10 – 14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	%	3 – 5	3 – 5	4 – 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	> 2	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm²			0,6–0,9
Coefficiente di trazione indiretta2 a 25 °C (**)	N/mm²			>50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□p□5	□p□5	□p□5
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>6</sub> (**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria				

METODO MARSHALL	Strato pavimentazione			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Costipamento	75 colpi x faccia			
<i>Risultati richiesti</i>				
Stabilità Marshall	kN	8	10	11
Rigidezza 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 giorni di immersione in acqua	%	□p□5	□p□5	□p□5
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>			0,7 – 1
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>			> 70
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>				

## 2 Coefficiente di trazione indiretta

$$CTI = S/2 \cdot DRt/Dc$$

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

### 27.2.4.1 Accettazione delle miscele

L'impresa è tenuta a presentare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della direzione dei lavori la composizione della miscela proposta, l'impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 5 per lo strato di base e di ± 3 per gli strati di binder ed usura; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in ± 2; scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 mm contenuti in ± 1,5.

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di ± 0,25.

### 27.2.4.2 Confezionamento delle miscele



Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

#### 27.2.4.3 Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione dello strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa, allo scopo di garantire un'adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi le caratteristiche progettuali. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso, la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e di mano d'attacco.

Per mano di ancoraggio si intende un'emulsione bituminosa a rottura lenta e a bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato, irrigidendone la parte superficiale, fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da un'emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 55%
Polarità	CNR B.U. n. 99/1984		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR B.U. n. 101/1984	%	45r2
Contenuto di bitume+flussante	CNR B.U. n. 100/1984	%	55r2
Flussante (%)	CNR B.U. n. 100/1984	%	1-6
Viscosità Engler a 20 qC	CNR B.U. n. 102/1984	qE	2-6
Sedimentazione a 5 g	CNR B.U. n. 124/1988	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 qC	CNR B.U. n. 24/1971	dmm	180-200
Punto di rammollimento	CNR B.U. n. 35/1973	qC	30r5

Per mano d'attacco si intende un'emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo), applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

Le caratteristiche ed il dosaggio del materiale da impiegare variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da un'emulsione bituminosa cationica (al 60 % oppure al 65 % di legante), le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 kg/m<sup>2</sup>.

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 60%	Cationica 65%
Polarità	CNR B.U. n. 99/1984		Positiva	positiva



Contenuto di acqua % peso	CNR B.U. n. 101/1984	%	40r2	35r2
Contenuto di bitume+flussante	CNR B.U. n. 100/1984	%	60r2	65r2
Flussante (%)	CNR B.U. n. 100/1984	%	1-4	1-4
Viscosità Engler a 20 qC	CNR B.U. n. 102/1984	qE	5-10	15-20
Sedimentazione a 5 g	CNR B.U. n. 124/1988	%	< 8	< 8
<i>Residuo bituminoso</i>				
Penetrazione a 25 qC	CNR B.U. n. 24/1971	dmm	< 100	< 100
Punto di rammolimento	CNR B.U. n. 35/1973	qC	> 40	> 40

Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente deve utilizzarsi una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.35 kg/m<sup>2</sup>.

Prima della stesa della mano d'attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Polarità	CNR B.U. n. 99/1984		Positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR B.U. n. 101/1984	%	30r1
Contenuto di bitume+flussante	CNR B.U. n. 100/1984	%	70r1
Flussante (%)	CNR B.U. n. 100/1984	%	0
Viscosità Engler a 20 qC	CNR B.U. n. 102/1984	qE	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR B.U. n. 124/1988	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 qC	CNR B.U. n. 24/1971	dmm	50-70
Punto di rammolimento	CNR B.U. n. 35/1973	qC	> 65

Nel caso di stesa di conglomerato bituminoso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55 % di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati rispettivamente nella tabella 40.10 e nella tabella 40.11.

Ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati ed a produrre copia dello studio prestazionale eseguito con il metodo ASTRA (metodologia riportata in allegato B) rilasciato dal produttore.

#### 27.2.4.4 Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali, preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.



La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

La compattazione dovrà avvenire garantendo uniforme addensamento in ogni punto, in modo da evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla direzione dei lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive, tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante, dopo che sia stata accertata dalla direzione dei lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## **27.3 CONTROLLI**

### *27.3.1 Generalità*

I controlli si differenziano in funzione del tipo di strada.

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un laboratorio ufficiale, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

### *27.3.2 Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento*

Sulla miscela debbono essere determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione e debbono essere inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la pressa giratoria.

I provini confezionati mediante l'apparecchiatura "pressa giratoria" devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).



---

In mancanza della pressa giratoria devono essere effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidezza (CNR B.U. n. 40/1973); percentuale dei vuoti residui (CNR B.U. n. 39/1973); perdita di stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (CNR B.U. n. 121/1987); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR B.U. n. 134/1991).

Per lo strato di usura e per quello di collegamento, deve essere controllata la deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (CNR B.U. n. 106/1985). Il parametro J1 a 10 °C deve essere compreso tra 25 e 40 cm<sup>2</sup>/(daN\*s) mentre lo Jp a 40 °C deve essere compreso tra 14 x 10<sup>6</sup> e 26 x 10<sup>6</sup> cm<sup>2</sup>/(daN\*s).

Dopo la stesa la direzione dei lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, determinando il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui ed il modulo complesso E (Norma prEN 12697-26, annesso D).

Per il tappeto di usura verrà inoltre misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma CNR B.U. n. 105/85.



### Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder,	Conglomerat o sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Usura	Conglomerat o sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa
Binder, Usura	Conglomerat o sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa
Base, Binder	Carote x modulo	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa

#### 27.3.3 Strade urbane di quartiere e locali

Sulla miscela deve essere determinata la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione; devono inoltre essere controllate le caratteristiche di idoneità mediante la pressa giratoria.

I provini confezionati mediante la pressa giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

In mancanza della pressa giratoria debbono essere effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidezza (CNR B.U. n. 40/1973); percentuale dei vuoti residui (CNR B.U. n. 39/1973); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR B.U. n. 134/1991).

Dopo la stesa la direzione dei lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Sulle carote debbono essere determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui e lo spessore facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Per il tappeto di usura dovrà inoltre essere misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma CNR B.U. n. 105/1985.



### Strade urbane di quartiere e locali

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Base, Binder,	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa
Base, Binder, Usura	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa



## Art. 28 MISTI CEMENTATI PER STRATI FONDAZIONE E DI BASE

### 28.1 GENERALITÀ

Il misto cementato per strato fondazione e per strato di base dovrà essere costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego (misto granulare), trattata con un legante idraulico (cemento) e acqua in impianto centralizzato.

Tali strati dovranno avere spessore non inferiore a 10 cm e non superiore a 20 cm.

### 28.2 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

#### 28.2.1 Aggregati

Gli aggregati sono gli elementi lapidei miscelando i quali si ottiene il misto granulare che costituisce la base del misto cementato. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5) e dagli aggregati fini. L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella seguente tabella.

Aggregato grosso

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	CNR 34/73	%	" 30
Quantità di frantumato	-	%	• 30
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	" 30
Passante al setaccio 0.075	CNR 75/80	%	" 1
Contenuto di:			
- Rocce reagenti con alcali del cemento		%	" 1

L'aggregato fino dovrà essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella seguente tabella.

Aggregato fine

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalenti in sabbia	CNR 27/72	%	• 30; " 60
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	" 25
Indice plastico	CNR-UNI 10014	%	NP
Contenuto di:			
- rocce tenere, alterate o scistose	CNR 104/84	%	"1
- rocce degradabili o solfatiche	CNR 104/84	%	"1
- rocce reagenti con alcali del cemento	CNR 104/84	%	"1

Ai fini dell'accettazione da parte del direttore dei lavori, prima della posa in opera, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti, rilasciata da un laboratorio ufficiale.





### 28.2.2 Cemento

Dovranno essere impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI ENV 197-1:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla legge n. 595/1965. Ai fini della loro accettazione, prima dell'inizio dei lavori, dovranno essere controllati e certificati come previsto dal D.P.R. 13 settembre 1993, n. 246 e dal D.M. 12 luglio 1993, n. 314.

### 28.2.3 Acqua

L'acqua per il confezionamento dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio sulla sua qualità l'acqua andrà testata secondo la norma UNI-EN 1008.

### 28.2.4 Aggiunte

È ammesso, previa autorizzazione della direzione dei lavori, l'aggiunta di ceneri volanti conformi alla norma UNI EN 450, sia ad integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento.

La quantità in peso delle ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, dovrà essere stabilita con opportune prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% del peso di cemento.

### 28.2.5 Miscela

La miscela di aggregati (misto granulare) per il confezionamento del misto cementato dovrà avere dimensioni non superiori a 40 mm ed una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato nella seguente tabella.

Serie crivelli e setacci UNI		Autostrade e strade extraurbane principali	Extraurbane secondarie ed Urbane di scorrimento	Urbane di quartiere extraurbane e urbane locali
		Passante (%)		
Crivello	40	100	100	
Crivello	30	80 - 100	-	
Crivello	25	72 - 90	65 - 100	
Crivello	15	53 - 70	45 - 78	
Crivello	10	40 - 55	35 - 68	
Crivello	5	28 - 40	23 - 53	
Setaccio	2	18 - 30	14 - 40	
Setaccio	0.4	8 - 18	6 - 23	
Setaccio	0.18	6 - 14	2 - 15	
Setaccio	0.075	5 - 10	-	

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti in sostituzione del cemento stesso, ed il contenuto d'acqua della miscela, dovranno essere espressi come percentuale in peso rispetto al totale degli aggregati costituenti il misto granulare di base.

Tali percentuali dovranno essere stabilite in base ad uno studio della miscela, effettuato in un laboratorio ufficiale, secondo quanto previsto dalla norma CNR B.U. n. 29/1972. In particolare la miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella seguente tabella.



Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 7gg	CNR 29/1972	2.5 " R <sub>c</sub> " 4.5 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione indiretta a 7gg (Prova Brasiliana)	CNR 97/1984	R <sub>t</sub> • 0.25 N/mm <sup>2</sup>

Per particolari casi è facoltà della direzione dei lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7.5 N/mm<sup>2</sup>. Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della direzione dei lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59a.

### **28.3 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE**

L'impresa è tenuta a comunicare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la composizione delle miscele che intende adottare.

Una volta accettato da parte della direzione dei lavori la composizione delle miscele, l'impresa deve rigorosamente attenersi ad essa.

Nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali di  $\pm 5$  punti per l'aggregato grosso e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino.

In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso.

Per la percentuale di cemento nelle miscele è ammessa una variazione di  $\pm 0.5\%$ .

### **28.4 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE**

Il misto cementato dovrà essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte e dovrà comunque garantire uniformità di produzione.

### **28.5 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA**

La miscela dovrà essere stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla direzione dei lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti. Prima della stesa dovrà verificarsi che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando la formazione di superfici fangose.

### **28.6 POSA IN OPERA DELLE MISCELE**

La stesa dovrà essere eseguita impiegando macchine finitrici vibranti. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di compattazione dello strato dovranno essere realizzate preferibilmente con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per



garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile.

Il giunto di ripresa dovrà essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

### **28.7 PROTEZIONE SUPERFICIALE DELLO STRATO FINITO**

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di finitura dello strato, dovrà essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 daN/m<sup>2</sup> (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate saranno consentite solo se autorizzate dalla direzione dei lavori.

### **28.8 CONTROLLI**

#### **28.8.1 Generalità**

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera, dovrà essere effettuato con alcune prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa e sulle carote estratte dalla pavimentazione, nonché con prove in situ.

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati, presso un laboratorio ufficiale, i controlli della percentuale di cemento e della distribuzione granulometrica dell'aggregato. I valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli previsti in progetto. Per la determinazione del contenuto di cemento si farà riferimento alla norma UNI 6395.

Lo spessore dello strato realizzato deve essere misurato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

La densità in situ, a compattazione ultimata, dovrà risultare non inferiore al 97% delle prove AASHTO modificato (CNR B.U. n. 69/1978), nel 98% delle misure effettuate.

La densità in situ sarà determinata mediante normali procedimenti a volumometro, con l'accorgimento di eliminare dal calcolo, sia del peso che del volume, gli elementi di dimensione superiore a 25 mm, che potranno essere calcolati con una misura diretta consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25 mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura con volumometro.

La misura della portanza dovrà accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto.

Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza del misto cementato su ciascun tronco omogeneo, non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto.

Il valore del modulo di deformazione (CNR B.U. n. 146/1992), al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,15- 0,25 MPa, in un tempo compreso fra 3-12 ore dalla compattazione, non dovrà mai



essere inferiore a 150 MPa.

Qualora venissero rilevati valori inferiori, la frequenza dei rilevamenti dovrà essere incrementata secondo le indicazioni della direzione dei lavori e l'impresa, a sua cura e spese, dovrà demolire e ricostruire gli strati interessati. La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, verificato a mezzo di un regolo di 4,00– 4,50 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La frequenza del controllo sarà quella ordinata dalla direzione dei lavori.

#### 28.8.2 Extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento

In alternativa alle misure di portanza, è ammesso il controllo basato sulla resistenza a compressione e sulla resistenza a trazione indiretta del materiale prelevato all'atto della stesa. La resistenza a compressione di ciascun prelievo dovrà essere ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto riportato nella norma CNR B.U. 29/1972. La resistenza a trazione indiretta di ciascun prelievo dovrà essere ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati secondo quanto riportato nella norma CNR B.U. n. 29/1972 e portati a rottura secondo la norma CNR B.U. n. 97/1984.

I valori di resistenza, per ciascun tratto omogeneo, dovranno essere conformi a quanto indicato nel progetto esecutivo.

**Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento. Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Aggregato grosso	Impianto	Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Aggregato fino	Impianto	A discrezione della direzione dei lavori oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Acqua	Impianto	Iniziale
Cemento	Impianto	Iniziale
Aggiunte	Impianto	Iniziale
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Misto cementato fresco (*)	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 100m di fascia di stesa
Strato finito (densità in situ)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Strato finito (portanza) (*)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia stesa

(\*) Il controllo sul misto cementato fresco può sostituire quello sullo strato finito.

#### 28.8.3 Urbane di quartiere extraurbane e urbane locali

Sullo strato finito sarà effettuato il controllo della densità in situ.

**Strade urbane di quartiere e locali. Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

Tipo di campione	Ubicazione e prelievo	Frequenza prove
Aggregato grosso	Impianto	Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Aggregato fino	Impianto	Ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Acqua	Impianto	Iniziale
Cemento	Impianto	Iniziale
Aggiunte	Impianto	Iniziale
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 100m di fascia di stesa
Strato finito (densità in situ)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa



## Art. 29 MISTI GRANULARI PER STRATI DI FONDAZIONE

### 29.1 GENERALITÀ

Il misto granulare dovrà essere costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego, eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico- meccaniche.

Nella sovrastruttura stradale il misto granulare dovrà essere impiegato per la costruzione di strati di fondazione e di base.

### 29.2 MATERIALI

#### 29.2.1 Aggregati

Gli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5) e gli aggregati fini sono gli elementi lapidei che formano il misto granulare.

L'aggregato grosso in generale deve avere dimensioni non superiori a 71 mm e deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. Tali elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle tabelle seguenti.

#### Aggregato grosso. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	30	K3Ж
Micro Deval Umida	CNR 109/85	%	-	ЖK3
Quantità di frantumato	-	%	> 30	K3Ж
Dimensione max	CNR 23/71	mm	63	K3Ж
Sensibilità al gelo3	CNR 80/80	%	20	K3Ж

#### Aggregato grosso. Strade urbane di quartiere e locali

Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	40	30
Micro Deval Umida	CNR 109/85	%	-	25
Quantità di frantumato	-	%	-	" 60
Dimensione max	CNR 23/71	mm	63	63
Sensibilità al gelo3	CNR 80/80	%	" 30	" 20

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nelle seguenti tabelle.

#### Aggregato fine. Extraurbane secondarie e urbane di scorrimento

PASSANTE AL CRIVELLO UNI N. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in Sabbia	CNR 27/72	%	• 40	(*)
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	(*)
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	" 25	(*)
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	" 6	(*)



#### Aggregato fine. Strade urbane di quartiere e locali

PASSANTE AL CRIVELLO UNI N. 5				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	• 40	• 50
Indice plasticità	CNR-UNI 10014	%	" 6	N.P.
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	" 35	" 25
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	" 6	" 6

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio ufficiale.

#### 29.2.2 Miscele

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati nella seguente tabella tratta dalla norma CNR 23/71.

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Miscela passante: % totale in peso ) max 71 mm	Miscela passante: % totale in peso ) max 30 mm
Crivello 71	100	100
Crivello 30	70 y 100	100
Crivello 15	50 y 80	70 y 100
Crivello 10	30 y 70	50 y 85
Crivello 5	23 y 55	35 y 65
Setaccio 2	15 y 40	25 y 50
Setaccio 0,42	8 y 25	15 y 30
Setaccio 0,075	2 y 15	5 y 15

La dimensione massima dell'aggregato non deve in ogni caso superare la metà dello spessore dello strato di misto granulare ed il rapporto tra il passante al setaccio UNI 0.075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3.

L'indice di portanza CBR (CNR-UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 30. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Il modulo resiliente (MR) della miscela impiegata deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (norma AASHTO T294).

Il modulo di deformazione (Md) dello strato deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (CNR B.U. n. 146/1992).

Il modulo di reazione (k) dello strato deve essere uguale a quello progettuale della pavimentazione (CNR B.U. n. 92/1983).

I diversi componenti e, in particolare le sabbie, debbono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili

#### 29.3 ACCETTAZIONE DEL MISTO GRANULARE

L'impresa è tenuta a comunicare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la composizione dei misti granulari che intende adottare. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di



composizione effettuato, che deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un laboratorio ufficiale. Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHO modificata (CNR 69/1978).

Una volta accettato da parte della direzione dei lavori lo studio delle miscele, l'impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

#### **29.4 CONFEZIONAMENTO DEL MISTO GRANULARE**

L'impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

#### **29.5 POSA IN OPERA DEL MISTO GRANULARE**

Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in situ non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi con un dispositivo di spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura dovranno impiegarsi rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento per ogni cantiere, verranno accertate dalla direzione dei lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in situ non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (CNR B.U. n. 69/1978) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al crivello 25 (AASHTO T 180-57 metodo D).

In caso contrario l'impresa, a sua cura e spese, dovrà adottare tutti i provvedimenti atti al raggiungimento del valore prescritto, non esclusa la rimozione ed il rifacimento dello strato.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4,00–4,50 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario l'impresa, a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

Nel caso in cui non sia possibile eseguire immediatamente la realizzazione della pavimentazione, dovrà essere applicata una mano di emulsione, saturata con graniglia, a protezione della superficie superiore dello strato di pavimentazione.

#### **29.6 CONTROLLI**

Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera deve essere effettuato con alcune



prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in situ al momento della stesa, oltre che con prove sullo strato finito. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella seguente tabella:

**Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

Tipo di Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale, poi secondo D.L.
Aggregato fino	Impianto	Iniziale, poi secondo D.L.
Miscela	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m <sup>3</sup> di stesa
Sagoma	Strato finito	Ogni 20m o ogni 5 m
Strato finito (densità in situ)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 1.000 m <sup>2</sup> m di fascia stesa

#### 29.6.1 Materiali

Le caratteristiche di accettazione dei materiali dovranno essere verificate prima dell'inizio dei lavori, ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali.

#### 29.6.2 Miscele

La granulometria del misto granulare va verificata giornalmente, prelevando il materiale in situ già miscelato, subito dopo avere effettuato il costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali di  $\pm 5$  punti per l'aggregato grosso e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso assegnato.

L'equivalente in sabbia dell'aggregato fino va verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

#### 29.6.3 Costipamento

A compattazione ultimata la densità del secco in situ, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ( $J_{smax}$ ) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (CNR 22/72). Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato, per densità in situ comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;
- del 20 % dell'importo dello strato, per densità in situ comprese tra 93 e 95 % del valore di riferimento.

Il confronto tra le misure di densità in situ ed i valori ottenuti in laboratorio può essere effettuato direttamente quando la granulometria della miscela in opera è priva di elementi trattenuti al crivello UNI 25 mm.

#### 29.6.4 Portanza

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'impresa.

Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza





---

del misto granulare su ciascun tronco omogeneo non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto.

#### 29.6.5 *Sagoma*

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La verifica delle quote di progetto dovrà eseguirsi con procedimento topografico, prevedendo in senso longitudinale un distanziamento massimo dei punti di misura non superiore a 20 m nei tratti a curvatura costante e non superiore a 5 m nei tratti a curvatura variabile, di variazione della pendenza trasversale. Nelle stesse sezioni dei controlli longitudinali di quota dovrà verificarsi la sagoma trasversale, prevedendo almeno due misure per ogni parte a destra ed a sinistra dell'asse stradale.

Lo spessore medio dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché tale differenza si presenti solo saltuariamente.



## Art. 30 MANTI DI USURA SPECIALI

### 30.1 GENERALITÀ

Tra i manti di usura speciali si considerano i tappeti drenanti, i microtappeti a caldo e gli splittmastix:

- gli strati di usura drenanti sono tappeti dotati di elevata rugosità superficiale, drenanti e fonoassorbenti, in grado di fornire una buona aderenza anche in caso di pioggia e di abbattere il rumore di rotolamento.
- i microtappeti a caldo sono manti di spessore ridotto, caratterizzati da una elevata rugosità superficiale, parzialmente drenanti e fonoassorbenti.
- gli splittmastix sono conglomerati chiusi, ad alto contenuto di graniglie e di legante, in grado di fornire rugosità superficiale, stabilità, resistenza alle deformazioni e all'ormaiamento.

### 30.2 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

#### 30.2.1 Bitume

I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Per i conglomerati bituminosi drenanti il bitume deve essere del tipo A con le caratteristiche indicate nella tabella seguente

Per i microtappeti a caldo il bitume deve essere del tipo A con le caratteristiche indicate nella tabella seguente

Per gli splittmastix, a seconda del tipo di strada, del traffico e della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo A oppure del tipo B con le caratteristiche indicate nella tabella seguente

Caratteristiche bitumen

Bitume			35.2.1.1	
Parametro	Normativa	unità di misura	tipo A	tipo B
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70	50/70
Punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	t 65	t 60
Punto di rottura (Fraass)	CNR43 /74	°C	d - 15	d - 12
Viscosità dinamica a 160°C, $J = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Paxs	d 0,4	d 0,25
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	t 75%	t 50%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di Rammollimento	EN 13399	°C	d 0,5	d 0,5
35.2.1.1.1.1 Valori dopo RTFOT	EN12607-1			
Volatilità	CNR54/77	%	d 0,8	d 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426, CNR24/71	%	t 60	t 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	d 5	d 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un laboratorio ufficiale.



### 30.2.2 Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nelle tabelle 6.2, 6.6, 6.7. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica – metodologia riportata in allegato A).

Le fibre minerali nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler+bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

Le fibre minerali stabilizzanti possono essere costituite da microfibre di cellulosa, di vetro, acriliche, ecc.

### 30.2.3 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati per manti di usura speciali.

Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n.5), degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

L'aggregato grosso deve essere costituito da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee o da elementi naturali tondeggianti frantumati<sup>1</sup>. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purchè, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella tabella seguente.

Caratteristiche aggregato grosso

AGGREGATO GROSSO Trattenuto al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	CNR 34/73	%	" 20
Micro Deval umida	CNR 109/85	%	" 15
Quantità di frantumato	-	%	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	" p30
Spogliamento	CNR 138/92	%	0
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	1
Coefficiente di forma	CNR 95/84		3
Coefficiente di appiattimento	CNR 95/84		1,58
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	20
Porosità	CNR 65/78	%	p1,5
CLA	CNR 140/92	%	p45

L'aggregato fino deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella tabella seguente.

Il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 10% qualora gli aggregati fini provengano da rocce aventi un valore di CLA " 42.



#### Caratteristiche aggregato fino

AGGREGATO FINO			
Passante al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	• p80
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	p2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	100

Il filler, frazione passante al setaccio 0,075 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi di usura speciali deve soddisfare i requisiti indicati nella tabella seguente.

1 Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata.

#### Caratteristiche filler

FILLER			
Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Spogliamento	CNR 138/92	%	" p p5
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR 122/88	ÅPA	p5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio ufficiale.

#### 30.2.4 Miscele

La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi drenanti deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in tabella seguente

Nelle zone in cui si vuole ulteriormente favorire l'aderenza e la fono-assorbimento della pavimentazione può essere consentito l'uso di un 10% in peso di argilla espansa di tipo "strutturale" di pezzatura 6/15 mm rispondente alle seguenti caratteristiche:

Resistenza allo schiacciamento : 35 daN/cm<sup>2</sup> (UNI 7549 p.7a)

C.L.A. : p0,65 (CNR 140/92)

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella seguente.



### Percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati

Serie crivelli e setacci UNI		%Passanti
Crivello	20	100
Crivello	15	80 – 100
Crivello	10	20 – 40
Crivello	5	15 – 25
Setaccio	2	10 – 20
Setaccio	0,4	8 – 12
Setaccio	0.18	7 – 10
Setaccio	0.075	5 – 7
Percentuale di bitume		5,0 – 6,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall. Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi drenanti sono riportate nelle tabelle seguenti.

### Caratteristiche conglomerati bituminosi drenanti . Metodo Volumetrico

METODO VOLUMETRICO		
<i>Condizioni di prova</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori</i>
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	kPa	600
Diametro del provino	mm	150
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni	%	t 25
Vuoti a 100 rotazioni (*)	%	t 22
Vuoti a 180 rotazioni	%	t 18
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	0,12 - 0,20
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 10
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25 °C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	" 25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub> (**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

### Caratteristiche conglomerati bituminosi drenanti . Metodo Marshall

METODO MARSHALL		
<i>Condizioni di prova</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori</i>
Costipamento	50 colpi x faccia	
<i>Risultati richiesti</i>		
Stabilità Marshall	KN	>5
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,0
Vuoti residui (*)	%	> 18
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	" 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	0,25 – 0,40
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 30
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

Per le autostrade e le strade extraurbane principali si deve valutare anche l' ERNL Emission Road Noise Level, rumore di rotolamento producibile. I valori di tale parametro determinati su provette parallelepipedi di 40x40x10 cm confezionate con la miscela ottimizzata devono essere inferiori a 70 dB(A).

La miscela degli aggregati da adottarsi per i microtappeti a caldo deve avere una composizione



granulometrica contenuta nel fuso riportato nella tabella seguente

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

**Percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati**

Serie crivelli e setacci UNI		%Passanti
Crivello	15	100
Crivello	10	90 -100
Crivello	5	20 -30
Setaccio	2	15 -25
Setaccio	0,4	8 -16
Setaccio	0.18	6 -12
Setaccio	0.075	5 -10
Percentuale di bitume		5,0 – 6,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

2 Coefficiente di trazione indiretta

$$CTI = S/2 \cdot DRt/Dc$$

dove

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi drenanti sono riportate nelle tabelle seguenti.

**Caratteristiche conglomerati bituminosi drenanti . Metodo Volumetrico**

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	18 - 22
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	10 - 14
Vuoti a 130 rotazioni	%	t 8
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	0,3 - 0,5
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 25
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	" 25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub> (**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		



### Caratteristiche conglomerati bituminosi drenanti . Metodo Marshall

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
<i>Risultati richiesti</i>		
Stabilità Marshall	KN	>6
Rigidezza Marshall	KN/mm	1,5 – 3,0
Vuoti residui (*)	%	10 – 14
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	" 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	0,45 – 0,70
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 45

(\*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D<sub>M</sub>

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

La miscela degli aggregati da adottarsi per gli splittmastix dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in tabella seguente, contenente anche la percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati.

### Percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati

Setacci ASTM		Tipo 0/12	Tipo 0/8	Tipo 0/5
Setaccio	¾"	100		
Setaccio	½"	90 – 100	100	
Setaccio	3/8"	53 – 75	90 – 100	100
Setaccio	n. 4	30 – 55	30 – 48	90 – 100
Setaccio	n. 10	20 – 30	18 – 28	16 – 26
Setaccio	n. 40	12 – 22	10 – 20	10 – 18
Setaccio	n. 80	9 – 18	9 – 18	9 – 16
Setaccio	n. 200	8 – 12	8 – 12	8 – 12
Percentuale di bitume		6,5 – 7,5	6,5 – 7,5	7,0 – 8,0

2 Coefficiente di trazione indiretta

CTI = S/2 DRt/Dc

dove

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall.

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

Le caratteristiche richieste per lo splittmastix sono riportate nelle tabelle seguenti.

### Caratteristiche conglomerati bituminosi drenanti . Metodo Volumetrico

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni	%	8 – 12
Vuoti a 100 rotazioni (*)	%	2 – 4
Vuoti a 180 rotazioni	%	t 2



Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	0,5 - 0,9
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 45
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua		
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

#### Caratteristiche conglomerati bituminosi drenanti . Metodo Marshall

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>9
Rigidezza Marshall	KN/mm	1,5 - 3,0
Vuoti residui (*)	%	2 - 4
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	" 25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	0, 60 - 1,10
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		

2 Coefficiente di trazione indiretta

CTI = S/2 DRt/Dc

dove

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

### 30.3 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'impresa è tenuta a presentare alla direzione dei lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati. Una volta accettato da parte della direzione dei lavori lo studio della miscela proposto, l'impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di  $\pm 3$ , del contenuto di aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) di  $\pm 2$ , del passante al setaccio UNI 0,075 mm di  $\pm 1,5$ . Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ .

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto e alla stesa come pure dall'esame delle carote prelevate in situ, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

### 30.4 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

Il tempo di miscelazione deve essere tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190° C e quella del legante tra 160° C e 180° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.





### 30.5 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del manto di usura drenante o del microtappeto a caldo è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio e l'impermeabilizzazione dello strato sottostante.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato, spruzzata con apposita spanditrice automatica in modo che il bitume residuo risulti pari a 1,20 kg/m<sup>2</sup> per le usure drenanti e di 1,00 kg/m<sup>2</sup> per i microtappeti a caldo; in alternativa può essere utilizzato bitume modificato steso a caldo nella stessa quantità per unità di superficie. Per il manto di usura di tipo splittmastix la mano d'attacco ha solo lo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante. Anche in questo caso può essere impiegata emulsione di bitume modificato, oppure bitume modificato steso a caldo, in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,50 kg/m<sup>2</sup>.

Sulla mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, dovrà seguire immediatamente la granigliatura con aggregati di pezzatura 4/8 mm in ragione di 6/8 litri al metro quadrato. Allo stesso scopo potrà essere utilizzata sabbia o calce idrata.

L'emulsione per mano d'attacco deve rispondere ai requisiti riportati nella seguente tabella.

**Caratteristiche emulsione per mano d'attacco**

<b>Indicatore di qualità</b>	<b>Normativa</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Modificata 70%</b>
Contenuto di acqua	CNR 101/84	%	30r1
Contenuto di legante	CNR 100/84	%	70r1
Contenuto di bitume	CNR 100/84	%	> 69
Contenuto flussante	CNR 100/84	%	0
Demulsività	ASTM D244		50-100
Omogeneità	ASTM D244	%	< 0,2
Viscosità Engler a 20 qC	CNR 102/84	qE	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<b>Residuo bituminoso</b>			
Penetrazione a 25 qC	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammolimento	CNR 35/73	qC	> 65
Punto di rottura (Frass)	CNR43/74	qC	d - 15

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche indicate nella suddetta tabella.

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

### 30.6 POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La posa in opera dei manti di usura speciali viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3 – 4 m/min con alimentazione continua del conglomerato.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali con quelli degli strati sottostanti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in



corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e successivamente lo strato deve essere ricostruito a spese dell'impresa.

La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche del peso massimo di 15t (10t per i microtappeti a caldo).

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

### 30.7 CONTROLLI

I controlli saranno diversi in funzione del tipo di strada.

#### 30.7.1 Extraurbane secondari, urbane di scorrimento, urbane di quartiere e locali

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per manti di usura speciali e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella seguente tabella.

Controllo dei materiali e verifica prestazionale

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Drenante Microtappet o Splittmastix	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Drenante Microtappet o Splittmastix	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Drenante Microtappet o Splittmastix	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Drenante Microtappet o Splittmastix	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 m <sup>3</sup> di stesa
Drenante Microtappet o Splittmastix	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa



Drenante Microtappet o Splittmastix	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa
Drenante Microtappet o Splittmastix	Carote x densità in situ	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia stesa
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia di stesa
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia di stesa
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di fascia di stesa

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un laboratorio ufficiale, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la quantità di fibre e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la pressa giratoria.

I provini confezionati mediante la pressa giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

In mancanza della pressa giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (DM), stabilità e rigidità (CNR 40/73); percentuale dei vuoti residui (CNR 39/73); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR 134/91).

Dopo la stesa, la direzione dei lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

La densità in situ, nel 95% dei prelievi, deve risultare non inferiore al 96% del valore DG (ovvero DM) risultante dallo studio della miscela.

In situ vengono inoltre misurate l'aderenza (resistenza di attrito radente) mediante lo skid tester (norma CNR 105/85) e la capacità drenante (esclusa per gli splittmastix) con il permeabilmetro portatile (prEN 12697-YY).

Il BPN (British Pendulum Number) deve risultare  $\geq 50$  per il tappeto di usura drenante,  $\geq 55$  per il microtappeto a caldo,  $\geq 60$  per lo splittmastix.

La capacità drenante, misurata con il permeabilmetro portatile, deve essere  $\geq 18 \text{ dm}^3/\text{min}$  per il tappeto di usura drenante e  $\geq 5 \text{ dm}^3/\text{min}$  per il microtappeto a caldo.



## Art. 31 DIFESA DEL CORPO STRADALE

### 31.1 RIVESTIMENTI DI PARETI E SCARPATE

#### 31.1.1 *Mantellate in lastre*

Le mantellate in lastre dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente  $R_{ck} > 25$  MPa, in elementi di dimensioni di 50 cm x 25 cm x 5 cm.

La superficie in vista delle lastre dovrà risultare perfettamente piana e liscia; i bordi dovranno essere sagomati in modo da formare un giunto aperto su tutto il perimetro.

Si procederà preliminarmente alla regolarizzazione del piano di posa che dovrà essere accuratamente costipato e livellato, anche con apporto di sabbia; la posa in opera delle lastre dovrà procedere dal basso verso l'alto avendo cura di ottenere fughe longitudinali e trasversali ben allineate, con giunti aperti verso l'alto, all'interno dei quali sarà posta l'armatura metallica costituita da barre del diametro di 6 mm in acciaio del tipo Fe B 32K, annegate nella malta di sigillatura dosata a 500 kg/m<sup>3</sup> di cemento. La sigillatura dei giunti dovrà essere preceduta da abbondante bagnatura; la malta dovrà essere lisciata a cazzuola così da dare continuità alla superficie; durante i primi giorni la mantellata dovrà essere bagnata e se necessario ricoperta con stuoie.

I giunti di dilatazione dovranno essere realizzati ogni 4,00-5,00 m, trasversalmente all'asse della mantellata; dovranno essere intasati con materiale bituminoso di appropriate caratteristiche, tale da aderire alle lastre e di non colare.

In corrispondenza dei giunti di dilatazione dovrà essere interrotta la continuità dell'armatura metallica.

#### 31.1.2 *Mantellate a grigliato articolato*

Le mantellate a grigliato articolato dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato avente  $R_{ck} > 30$  MPa, armato con tondini di acciaio Fe B 32K del diametro non inferiore a 6 mm.

Gli elementi avranno superficie di circa 0,25 m<sup>2</sup> e dovranno essere muniti di naselli ad incastro a coda di rondine per ottenere una mantellata continua ma articolata, in grado di seguire eventuali assestamenti della superficie di posa.

Ciascun elemento avrà spessore di 9-10 cm e peso di 30-35 kg; dovrà presentare cavità a tutto spessore per circa il 35-40 % della sua superficie.

Potranno essere richiesti elementi speciali provvisti di armatura rinforzata in corrispondenza degli incastri, da utilizzare dove siano prevedibili sforzi di trazione più accentuati.

In corrispondenza di superfici coniche dovranno essere forniti elementi di speciale sagomatura.

La posa in opera dovrà comprendere la regolarizzazione e costipamento del piano di posa, il riempimento della cavità con terra vegetale, la semina con idoneo miscuglio di erbe da prato perenni.

#### 31.1.3 *Rivestimento con rete metallica*

Il rivestimento con rete metallica dovrà essere realizzato mediante posa di rete del peso non inferiore a 1,400 kg/m<sup>2</sup>, formata con filo di ferro zincato del diametro di 3 mm, a maglie esagonali a doppia torsione con fissaggio alle pareti mediante barre di acciaio  $I=12$  mm ad aderenza migliorata del tipo Fe B 44 K in numero di almeno una ogni 4 metri quadrati, lunghe fino a 2,00 m, ancorate in fori del diametro di 2 pollici con malta cementizia.

#### 31.1.4 *Rivestimento di malta di cemento spruzzata*

Il rivestimento di malta di cemento spruzzata dovrà essere eseguito procedendo, di norma, dall'alto verso il basso della scarpata.



Per l'esecuzione si dovrà procedere innanzi tutto a conformare la scarpata da trattare a gradoni la cui profilatura sarà definita dagli elaborati di progetto.

I ripiani dei vari gradoni dovranno avere una leggera inclinazione verso monte e sui gradoni stessi, al piede del gradone, dovrà essere costruita una scolina nella quale confluiranno le acque meteoriche.

Eseguito il gradonamento come sopra indicato, si procederà alla stesa ed al fissaggio sulle pareti subverticali di una rete metallica a maglie esagonali della larghezza di norma di 51 mm composta di filo n. 4 a doppia torsione.

Il fissaggio della rete dovrà essere realizzato a mezzo di staffe in ferro, aventi, di norma, il diametro di 10 mm e la lunghezza non inferiore a 40 cm, preventivamente trattate con antiruggine e poste ad interasse non superiore a 50 cm. Sulle pareti subverticali, dopo un'accurata bagnatura, dovrà procedersi all'esecuzione del rivestimento con malta di cemento, le cui caratteristiche dovranno essere definite in sede di progetto; in assenza di questo si potrà fare riferimento ad una malta a 400 kg di cemento per ogni metro cubo di sabbia, applicata a spruzzo ed eventualmente anche a mano. Lo spessore reso di tale strato di rivestimento non dovrà mai essere inferiore a 3 cm.

Durante la stesa della rete metallica l'impresa dovrà provvedere a riquadrare la rete stessa sui lati ed in corrispondenza di necessari giunti di dilatazione a mezzo di tondino di ferro del diametro di 4 o 6 mm secondo le disposizioni che all'uopo verranno impartite dalla direzione dei lavori.

Così consolidate le pareti subverticali si procederà al trattamento delle superfici orizzontali costituenti i gradoni mediante l'apporto di uno strato di terra vegetale di conveniente spessore, ma comunque non inferiore a 10 cm, e la messa a dimora delle essenze che saranno ritenute più idonee in relazione alle caratteristiche fisico-chimiche dei terreni ed alle condizioni climatologiche locali.

L'impresa avrà obbligo di effettuare tutte le necessarie cure colturali, comprese, quando occorra, le irrigazioni di soccorso, fino a che non risulterà il completo attecchimento delle piante messe a dimora. L'impresa avrà anche l'onere della sostituzione delle piante che non fossero attecchite.

#### **31.1.5    *Rivestimenti di pareti e scarpate***

Per tutti i manufatti in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio vibrato, e/o centrifugato, il controllo della resistenza del conglomerato sarà eseguito secondo le norme vigenti.

Ogni partita, composta di 200 elementi per tubazioni, pozzetti e cordonature di 500 elementi per canalette, mantellate, cunette e fossi, dovrà essere sottoposta a controlli d'accettazione dei materiali da parte della direzione dei lavori. Ciascuna partita sottoposta a controllo non potrà essere posta in opera fino a quando non saranno noti i risultati delle prove.

### **31.2    *MURI DI SOSTEGNO***

I muri di sostegno potranno essere realizzati in muratura, in calcestruzzo semplice e/o armato, in gabbioni di pietrame o in elementi prefabbricati.

Il comportamento dell'opera di sostegno, intesa come complesso strutture-terreno, deve essere esaminato tenendo conto della successione e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione e di eventuali materiali di riporto, interessati dall'opera, dalla falda idrica, dai manufatti circostanti, dalle caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'opera, dai drenaggi e dispositivi per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee, nonché dalle modalità di esecuzione dell'opera e dall'eventuale rinterro, così come indicato dalle vigenti disposizioni di legge (D.M. 11 marzo 1988).

Le strutture di sostegno e contenimento in elementi prefabbricati dovranno essere realizzate secondo gli elaborati esecutivi di progetto, redatti nel rispetto delle norme emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5 novembre 1971 n. 1086 (D.M. 14 gennaio 2008 e successivi aggiornamenti) e di quelle emanate in applicazione della Legge 02 febbraio 1974 n. 64, D.M. 3 dicembre 1987 e successivi aggiornamenti, le istruzioni C.N.R. 10025/84 "Istruzioni per il progetto, l'esecuzione e il controllo delle



strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati; O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 recante primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

#### *31.2.1 Muri in muratura*

Verranno realizzati mediante l'impiego di muratura di pietrame a secco e/o di pietrame e malta.

#### *31.2.2 Muri in calcestruzzo armato*

Potranno essere realizzati in calcestruzzo semplice e/o armato.

#### *31.2.3 Muri in gabbioni*

Nei muri in gabbioni, i singoli gabbioni componenti saranno saldamente collegati tra loro mediante legature sino a realizzare una struttura monolitica; il dimensionamento verrà condotto con i criteri delle opere di sostegno a gravità.

Le caratteristiche dei gabbioni nonché la loro esecuzione si atterranno a quanto prescritto nel presente capitolato ed alle indicazioni specifiche, compatibilmente a quelle delle maglie onde ottenere una densità quanto più possibile uniforme; lo spessore dei singoli elementi si manterrà intorno a 50 cm, e detti elementi si disporranno con il lato più lungo parallelo alla sezione verticale del muro; i muri potranno essere realizzati con gradonatura verso valle, oppure verso monte (staticamente più consigliabile); per altezze superiori ai 3,00 m non saranno adottati paramenti verticali, ma si inclinerà l'opera a reggipoggio di almeno 6° oppure si realizzeranno adeguate riseghe; per altezze superiori ai 5-6 m si consiglia una gradonatura verso valle.

Per contrastare la deformabilità comunque elevata dell'opera, potranno essere impiegati uno o più ordini di tiranti il drenaggio a tergo dell'opera sarà effettuato con i consueti metodi; sarà evitata per motivi statici la disposizione a faccia- vista del pietrame sulla facciata esterna, adottabile per motivi estetici solamente in strutture poco sollecitate.

#### *31.2.4 Opere di sostegno in terra rinforzata*

Le opere di sostegno in terra rinforzata potranno essere realizzate mediante l'impiego delle seguenti tipologie di armature:

- in acciaio laminato;
- geotessile, geogriglie, etc.

Per quanto riguarda la prima tipologia di rinforzi, questi dovranno essere costituiti da un rilevato armato con armature lineari ad alta aderenza in acciaio laminato del tipo Fe 510, di sezione 40x5 mm o equivalente, zincato a caldo in ragione di 5 g/dm<sup>2</sup> e spessore medio 0,07 mm e da un paramento verticale in pannelli prefabbricati di c.a.v., avente  $R_{ck} > 30$  MPa ed armatura in barre in acciaio Fe B 44k controllato in stabilimento.

Il collegamento tra i pannelli e le armature del terrapieno è realizzato con attacchi in acciaio zincato a caldo annegati nel getto dei pannelli e vincolati ai ferri d'armatura del conglomerato cementizio.

I pannelli di paramento, sagomati e disposti come da progetto, alterneranno nelle file di base e di sommità elementi interi con elementi speciali costituiti da semipannelli; in corrispondenza di spigoli e di coronamento suborizzontali dovranno essere impiegati pannelli speciali in misure fuori standard.

I giunti tra i pannelli devono essere attrezzati per permettere un assestamento flessibile in quelli orizzontali ed il passaggio dell'acqua con trattenuta dei materiali fini in quelli verticali.

I giunti orizzontali saranno costituiti pertanto da strati dello spessore di almeno 2 cm di sughero pressato trattato con resine epossidiche.



Quelli verticali da strisce di schiuma di poliuretano a cellule aperte di sezione 4 cm x 4 cm.

I pilastri d'angolo e le lastre coprigiunto, in elementi prefabbricati di c.a.v., dovranno avere le stesse caratteristiche dei pannelli e dovranno comprendere i pezzi speciali, gli attacchi e quant'altro necessario.

In aderenza al paramento interno delle lastre dovrà essere fornito e posto in opera in più riprese un rivestimento costituito da un telo in geotessile non tessuto in polipropilene del peso di 350 g/m<sup>2</sup>.

Il coronamento in sommità dei pannelli costituenti il paramento verticale sarà realizzato in cemento armato secondo le previsioni di progetto.

L'impresa dovrà porre particolare cura alla selezione dei materiali costituenti il rilevato, dovrà effettuare il costipamento in spessori ridotti per la presenza delle armature e con particolari cautele a ridosso del paramento esterno.

#### *31.2.5 Strutture di sostegno a scomparti cellulari*

Le strutture di sostegno a scomparti cellulari dovranno essere costituite da elementi in c.a.v. prefabbricati, atti a formare, mediante sovrapposizione alternata ortogonale, scomparti cellulari da riempire con materiale lapideo sciolto di fiume, di cava o di frantoio, di idonea pezzatura, contenente una percentuale di fino (limo o argilla) variabile dal 10y15% ed avente peso specifico non inferiore a 1,9 t/m<sup>3</sup>.

Gli elementi prefabbricati in c.a.v., di sagomatura come da progetto, dovranno avere  $R_{ck} > 35$  MPa ed armatura in barre di acciaio Fe B 44k controllato in stabilimento.

La configurazione delle pareti longitudinali potrà essere verticale o a scarpa, a seconda delle indicazioni di progetto.

Le caratteristiche geometriche degli elementi in c.a.v. dovranno essere tali da inibire la fuoriuscita del materiale di riempimento; in particolare tutti gli elementi longitudinali formanti il paramento in vista dovranno essere sagomati in modo da presentare verso l'esterno una vaschetta che dovrà essere riempita con terreno agrario ed impiantata con piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti, in ragione di quattro piantine per metro di vaschetta.

La struttura dovrà essere appoggiata su fondazione in cemento armato, che dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, la fondazione dovrà essere eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

Durante la realizzazione del muro si dovranno adottare tutti gli accorgimenti necessari per allontanare l'acqua eventualmente presente, in modo da poter eseguire le lavorazioni di posa in opera degli elementi prefabbricati e del terreno agrario all'interno delle vaschette in assenza di acqua.

#### *31.2.6 Strutture di contenimento in elementi scatolari*

Le strutture di contenimento in elementi scatolari dovranno essere costituite da elementi scatolari in c.a.v. prefabbricati, disposti su file perfettamente orizzontali, tra loro intervallati in modo che le pareti degli elementi delle file sottostanti costituiscano appoggio per le pareti degli elementi delle file sovrapposte.

L'arretamento di ciascuna fila rispetto a quella sottostante determinerà un paramento in vista inclinato di circa 70° rispetto all'orizzontale.

Ad avvenuto completamente di ciascuna fila, la struttura risultante dovrà essere riempita fino al contatto con la retrostante parete con un misto di cava o altro materiale, permeabile e sciolto, di idonea pezzatura, compattato a fondo all'interno e tra gli elementi, fino all'incontro con la parete a tergo della struttura.

Per il riempimento degli ultimi 20 cm delle superfici che restano in vista dovrà essere impiegato terreno vegetale così da agevolare l'attecchimento della vegetazione.





Le caratteristiche geometriche degli elementi in c.a.v. e le modalità esecutive della struttura dovranno essere comunque tali da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento.

Gli elementi scatolari ed i relativi pezzi speciali in c.a.v., di forma, dimensioni e finitura come da progetto, dovranno avere  $R_{ck} > 30$  MPa, ed essere armati con barre e/o rete elettrosaldata di acciaio del tipo Fe E 44k controllato in stabilimento in ragione di 55 kg di acciaio per metro cubo di conglomerato cementizio.

La struttura sarà appoggiata su fondazione in cemento armato, dimensionata come da progetto e dovrà risultare perfettamente orizzontale; nel caso che il piede della struttura dovesse seguire una pendenza longitudinale, sarà eseguita a gradoni, ciascuno di altezza pari o multipla di quella degli elementi.

La struttura dovrà essere completata con gli elementi speciali di chiusura laterale e di chiusura di coronamento; in corrispondenza di ciascun elemento scatolare dovranno essere impiantate almeno tre piantine di essenze arbustive, rampicanti e tappezzanti; dovrà essere sistemato il terreno a monte del coronamento della struttura.

#### *31.2.7 Muri di sostegno in pannelli di c.a.v.*

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati, disposti verticalmente o con scarpa fino al 10%, secondo le previsioni di progetto, irrigiditi nella parte interna da una costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello e da una platea di base in conglomerato cementizio armato, gettata in opera.

Muri di altezza superiore a 5,00 m dovranno avere le costolature collegate con la platea di base mediante tiranti prefabbricati in c.a.v.; la cerniera tra tirante e costolatura del pannello dovrà essere sigillata con malta reoplastica premiscelata a ritiro compensato.

I pannelli dovranno avere lo spessore ai bordi non inferiore a 10 cm e dovranno presentare la faccia in vista piana e ben rifinita, con gli spigoli arrotondati. Difetti di planarità, verificati con un regolo della lunghezza di 4,00 m, superiori a 5 mm comporteranno automaticamente il rifiuto del pannello che l'impresa dovrà allontanare dal cantiere a sua cura e spese.

Al piede dei pannelli dovrà essere realizzato un bordino di rifinitura in malta cementizia.

Nei giunti verticali fra i pannelli dovranno essere inseriti profilati in PVC di idonea sagomatura, atti a trattenere materiali di granulometria superiore a 0,5 mm ed aventi superfici dei fori e/o fessure non inferiore a 50 cm per metro quadrato di pannello per consentire un facile drenaggio delle acque presenti nel rilevato.

Il conglomerato cementizio dei pannelli e dei tiranti prefabbricati dovrà avere  $R_{ck} > 35$  MPa; quello per la platea gettato in opera dovrà avere  $R_{ck} > 30$  MPa; l'acciaio di armatura dovrà essere del tipo Fe E 44k controllato in stabilimento.

Particolari cautele dovranno essere adottate nel compattamento del rilevato a ridosso dei pannelli facendo eventualmente ricorso anche a pestelli pneumatici per non danneggiare le strutture.

Relativamente agli scavi, l'impresa dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a sua cura e spese.

#### *31.2.8 Muri di sostegno in pannelli di c.a.p.*

Costituiti da pannelli in c.a.p. prefabbricati, posti in opera in posizione verticale entro fondazione in c.a.; per muri di altezza superiore a 3,00 m, i pannelli vengono ancorati al rilevato retrostante mediante geotessili tessuti in polipropilene rinforzato con cavetti in acciaio.

I pannelli dovranno essere monolitici a tutta altezza, di larghezza standard 2,40 m, con superficie in vista concava a profilo circolare e spessore variabile dai 26 cm ai bordi e 16 cm in mezzzeria, rifinita mediante getto su matrici in gomma.

I bordi laterali dei pannelli, finiti come da progetto, dovranno essere rinforzati con inserti metallici in acciaio zincato, sagomati in modo da costituire giunto a maschio e femmina che garantisca





complanarità al paramento del muro.

In corrispondenza di ciascun giunto dovrà essere creato un drenaggio verticale protetto da geodreno di dimensioni minime 10 cm x 1,5 cm, con scarico verso l'esterno al piede.

I geotessili di ancoraggio, che hanno una estremità annegata nel getto dei pannelli e sono posizionati nel numero ed alle quote previste in progetto, vengono stesi ed inglobati nei rilevati mano a mano che procede la loro formazione.

Particolare cura dovrà essere posta nel costipamento del rilevato al di sopra dei geotessili di ancoraggio in modo da poter garantire un'adeguata efficacia degli stessi ancoraggi.

Il conglomerato cementizio dei pannelli dovrà avere  $R_{ck}$  t 45 MPa; l'acciaio per l'armatura lenta dovrà essere del tipo Fe B 44K controllato in stabilimento; i trefoli di precompressione dovranno essere formati con fili aventi  $f_p$  (1) k t 1670 MPa e  $f_{ptk}$  t 1865 MPa.

#### *31.2.9 Muri di controripa in pannelli di c.a.v.*

Costituiti da pannelli in c.a.v. prefabbricati, disposti verticalmente o con scarpa fino al 15%, secondo le previsioni di progetto, irrigiditi nella parte interna da una costolatura estendentesi per l'intera altezza del pannello e da una platea in conglomerato cementizio armato gettato in opera.

La platea gettata in opera, nel caso dei muri di controripa, è posta in posizione rialzata rispetto alla base dei pannelli per cui in questo tipo di muri, rispetto a quelli di sostegno, non vi sono tiranti di collegamento tra pannelli e platea.

Per quanto riferentesi a caratteristiche dei pannelli, bordino al piede, giunti tra i pannelli, classe dei conglomerati cementizi, tipo dell'acciaio di armatura, cautele esecutive, si richiama integralmente il contenuto del precedente punto, ribadendo, in particolare, che eventuali eccedenze di scavo dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a cura e spese dell'impresa.



## Art. 32 OPERE D'ARTE

### 32.1 CADITOIE STRADALI

#### 32.1.1 Generalità

Si intendono i dispositivi che hanno la funzione di raccolta delle acque defluenti nelle cunette stradali o ai bordi di superficie scolanti opportunamente sagomate.

Le caditoie devono essere costituite da un pozzetto di raccolta interrato, generalmente prefabbricato, dotate di un dispositivo di coronamento, formato da un telaio che sostiene un elemento mobile, detto griglia o coperchio, che consente all'acqua di defluire nel pozzetto di raccolta per poi essere convogliata alla condotta di fognatura.

La presa dell'acqua avviene a mezzo di una bocca superiore, orizzontale o verticale, i cui principali tipi sono: a griglia; a bocca di lupo; a griglia e bocca di lupo; a fessura.

Un idoneo dispositivo posto tra la griglia di raccolta e la fognatura deve impedire il diffondersi degli odori verso l'esterno (caditoia sifonata).

Le caditoie potranno essere disposte secondo le prescrizioni del punto 5 della **UNI EN 124** – Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura e controllo qualità – che classifica i dispositivi di chiusura e di coronamento nei seguenti gruppi in base al luogo di impiego:

- Gruppo 1 (classe A 15) per zone usate esclusivamente da ciclisti e pedoni
- Gruppo 2 (classe B 125) per marciapiedi, zone pedonali, aree di sosta e parcheggi multipiano
- Gruppo 3 (classe C 250), per banchine carrabili e cunette e parcheggi per automezzi pesanti, che si estendono al massimo per 50 cm nella corsia di circolazione e fino a 20 cm sul marciapiede, a partire dal bordo
- Gruppo 4 (classe D 400), per strade provinciali e statali e aree di parcheggio per tutti i tipi di veicoli
- Gruppo 5 (classe E 600), per aree soggetti a transito di veicoli pesanti
- Gruppo 6 (classe F 900) per aree soggetti a transito di veicoli particolarmente pesanti.

#### 32.1.2 Pozzetti per la raccolta delle acque stradali

I pozzetti per la raccolta delle acque stradali potranno essere costituiti da pezzi speciali intercambiabili, prefabbricati in conglomerato cementizio armato vibrato ad elevato dosaggio di cemento e pareti di spessore non inferiore a 4 cm, ovvero confezionato in cantiere, con caditoia conforme alle prescrizioni della norma **UNI EN 124**.

Potranno essere realizzati mediante associazione dei pezzi idonei: pozzetti con o senza sifone e con raccolta dei fanghi attuata mediante appositi cestelli tronco-conici in acciaio zincato muniti di manico, ovvero con elementi di fondo installati sotto lo scarico. La dimensione interna del pozzetto dovrà essere maggiore o uguale a 45 x 45 cm e di 45 x 60 cm per i pozzetti sifonati; il tubo di scarico deve avere diametro interno minimo 150 mm.

I pozzetti devono essere forniti perfettamente lisci e stagionati, privi di cavillature, fenditure, scheggiature o altri difetti; l'eventuale prodotto impermeabilizzante deve essere applicato nella quantità indicata dalla direzione dei lavori.

I pozzetti stradali prefabbricati in calcestruzzo armato saranno posti in opera su sottofondo in calcestruzzo dosato a

200 kg di cemento tipo 325 per m<sup>3</sup> d'impasto; la superficie superiore del sottofondo dovrà essere perfettamente orizzontale ed a quota idonea a garantire l'esatta collocazione altimetrica del



manufatto rispetto alla pavimentazione stradale.

Prima della posa dell'elemento inferiore, si spalmerà il sottofondo con cemento liquido, e, qualora la posa avvenga a sottofondo indurito, questo dovrà essere convenientemente bagnato.

I giunti di collegamento dei singoli elementi prefabbricati devono essere perfettamente sigillati con malta cementizia.

Nella posa dell'elemento contenente la luce di scarico, si avrà cura di angolare esattamente l'asse di questa rispetto alla fognatura stradale, in modo che il condotto di collegamento possa inserirsi in quest'ultima senza curve o deviazioni.

Per consentire la compensazione di eventuali differenze altimetriche, l'elemento di copertura dovrà essere posato su anelli di congruaggio dello spessore occorrente.

Se l'immissione avviene dal cordolo del marciapiede, si avrà cura di disporre la maggiore delle mensole porta secchiello parallela alla bocchetta, così da guidare l'acqua. Poiché lo scarico del manufatto è a manicotto, qualora vengano impiegati, per il collegamento alla fognatura, tubi a bicchiere, tra il bicchiere del primo tubo a valle e il manicotto del pozzetto dovrà essere inserito un pezzo liscio di raccordo.

### 32.1.3 Materiali

Il punto 6.1.1 della norma **UNI EN 124** prevede per la fabbricazione dei dispositivi di chiusura e di coronamento, escluso le griglie, l'impiego dei seguenti materiali:

- ghisa a grafite lamellare
- ghisa a grafite sferoidale
- getti in acciaio
- acciaio laminato
- uno dei materiali ai punti precedenti abbinati con calcestruzzo
- calcestruzzo armato.

L'eventuale uso di acciaio laminato sarà ammesso previa adeguata protezione contro la corrosione; il tipo di protezione richiesta contro la corrosione dovrà essere stabilito previo accordo fra direzione dei lavori e Appaltatore.

La citata norma **UNI EN 124** prevede per la fabbricazione delle griglie i seguenti materiali:

- ghisa a grafite lamellare
- ghisa a grafite sferoidale
- getti in acciaio.

Il riempimento dei coperchi potrà essere realizzato in calcestruzzo o in altro materiale adeguato, solo previo consenso della direzione dei lavori.

I materiali di costruzione devono essere conformi alle norme di cui al punto 6.2 della **UNI EN 124**.

Nel caso di coperchio realizzato in calcestruzzo armato: per le classi da B 125 a F 900, il calcestruzzo dovrà avere una resistenza a compressione a 28 giorni, secondo le norme DIN 4281, pari ad almeno 45 N/mm<sup>2</sup>, nel caso di provetta cubica con 150 mm di spigolo, e pari a 40 N/mm<sup>2</sup> nel caso di provetta cilindrica di 150 mm di diametro e 300 mm di altezza; per la classe A 15 la resistenza a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 20 N/mm<sup>2</sup>.

Il copriferro in calcestruzzo dell'armatura del coperchio dovrà avere uno spessore di almeno 2 cm su tutti i lati, eccettuati i coperchi che hanno il fondo in lastra di acciaio, getti d'acciaio, ghisa a grafite lamellare o sferoidale.

Il calcestruzzo di riempimento del coperchio dovrà essere additivato con materiali indurenti per garantire una adeguata resistenza all'abrasione.

### 32.1.4 Marcatura

Secondo il punto 9 della **UNI EN 124**, tutti i coperchi, griglie e telai devono portare una marcatura leggibile e durevole e visibile dopo la posa in opera, indicante:



- la norma UNI
- la classe o le classi corrispondenti
- il nome e/o la sigla del produttore
- marchio dell'eventuale ente di certificazione
- eventuale indicazioni previsti dalla lett. e) del citato punto 9 della **UNI EN 124**
- eventuale indicazioni previsti dalla lett. f) del citato punto 9 della **UNI EN 124**.

#### *32.1.5 Caratteristiche costruttive*

I dispositivi di chiusura e di coronamento devono essere esenti da difetti che possano comprometterne l'uso. I dispositivi di chiusura dei pozzetti possono essere previsti con o senza aperture di aerazione. Nel caso in cui i dispositivi di chiusura sono con aperture d'aerazione, la superficie minima d'aerazione dovrà essere conforme ai valori del prospetto II del punto 7.2 della **UNI EN 124**.

##### *32.1.5.1 Aperture di aerazione*

Le aperture d'aerazione dei dispositivi di chiusura devono avere dimensioni secondo il tipo di classe di impiego.

##### *32.1.5.2 Dimensione di passaggio*

La dimensione di passaggio dei dispositivi di chiusura delle camerette d'ispezione deve essere di almeno 60 cm, per consentire il libero passaggio di persone dotati di idoneo equipaggiamento.

##### *32.1.5.3 Profondità di incastro*

I dispositivi di chiusura e di coronamento delle classi D 400, E 600 e F 900, aventi dimensione di passaggio minore o uguale a 650 mm, devono avere una profondità d'incastro di almeno 50 mm; tale prescrizione non è richiesta per i dispositivi il cui coperchio o griglia è adeguatamente fissato, per mezzo di un chiavistello, per prevenire gli spostamenti dovuti al traffico veicolare.

##### *32.1.5.4 Sedi*

La superficie di appoggio dei coperchi e delle griglie dovrà essere liscia e sagomata in modo tale da consentire una perfetta aderenza ed evitare che si verifichino spostamenti e rotazioni, ed emissione di rumore; a tal fine, la direzione dei lavori si riserva di prescrivere l'impiego di idonei supporti elastici per prevenire tali inconvenienti.

##### *32.1.5.5 Protezione spigoli*

Gli spigoli e le superfici di contatto fra telaio e coperchio dei dispositivi di chiusura in calcestruzzo armato di classe da A 15 a D 400 devono essere protetti con idonea guarnizione in ghisa o in acciaio dello spessore previsto dal prospetto III della **UNI EN 124**.

La protezione degli spigoli e delle superfici di contatto fra telaio e coperchio dei dispositivi di chiusura delle classi da E 600 a F 900 deve essere conforme alle prescrizioni progettuali.

##### *32.1.5.6 Fessure*

Le fessure, per le classi da A 15 a B 125, devono essere conformi alle prescrizioni del prospetto IV della **UNI EN 124**, e al prospetto V della citata norma per le classi da C 250 a F 900.



#### *32.1.5.7 Cestelli e secchi scorificatori*

Gli eventuali cesti di raccolta del fango devono essere realizzati in lamiera di acciaio zincata, con fondo pieno e parete forata, tra loro uniti mediante chiodatura, saldatura, piegatura degli orli o flangiatura. Essi appoggeranno su due mensole diseguali ricavate in uno dei pezzi speciali. Devono essere di facile sollevamento e alloggiati su appositi risalti ricavati nelle pareti dei pozzetti.

Nel caso di riempimento del cestello dovrà essere assicurato il deflusso dell'acqua e l'aerazione.

#### *32.1.5.8 Stato della superficie*

La superficie superiore delle griglie e dei coperchi delle classi da D 400 a F 900 dovrà essere piana con tolleranza dell'1%.

Le superfici superiori in ghisa o in acciaio dei dispositivi di chiusura devono essere conformate in modo da risultare non sdruciolevoli e libere da acque superficiali.

#### *32.1.5.9 Sbloccaggio e rimozione dei coperchi*

Dovrà essere previsto un idoneo dispositivo che assicuri lo sbloccaggio e l'apertura dei coperchi.

#### *32.1.5.10 Dispositivi di chiusura e di coronamento*

I pezzi di copertura dei pozzetti saranno costituiti da un telaio nel quale troveranno alloggiamento le griglie, per i pozzetti da cunetta, ed i coperchi, per quelli da marciapiede.

Nel caso sia prevista l'installazione dei cesti per il fango, potrà essere prescritto che la griglia sia munita di una tramoggia per la guida dell'acqua.

Prima della posa in opera, la superficie di appoggio dei dispositivi di chiusura e di coronamento dovrà essere convenientemente pulita e bagnata; verrà quindi steso un letto di malta a 500 kg di cemento tipo 425 per m<sup>3</sup> di impasto, sopra il quale sarà infine appoggiato il telaio.

La superficie superiore del dispositivo dovrà trovarsi, a posa avvenuta, al perfetto piano della pavimentazione stradale.

Lo spessore della malta che si rendesse a tale fine necessario non dovrà tuttavia eccedere i 3 cm; qualora occorressero spessori maggiori, dovrà provvedersi in alternativa, a giudizio della direzione dei lavori, o all'esecuzione di un sottile getto di conglomerato cementizio a 4 q di cemento tipo 425 per m<sup>3</sup> d'impasto, confezionato con inerti di idonea granulometria ed opportunamente armato, ovvero all'impiego di anelli di appoggio in conglomerato cementizio armato prefabbricato. Non potranno in nessun caso essere inseriti sotto il quadro, a secco o immersi nel letto di malta, pietre, frammenti, schegge o cocci.

Qualora, in seguito ad assestamenti sotto carico, dovesse essere aggiustata la posizione del quadro, questo dovrà essere rimosso e i resti di malta indurita saranno asportati. Si procederà quindi alla stesura del nuovo strato di malta, in precedenza indicato, adottando, se è il caso, anelli d'appoggio.

I dispositivi di chiusura e di coronamento potranno essere sottoposti a traffico non prima che siano trascorse 24 ore dalla loro posa. A giudizio della direzione dei lavori, per garantire la corretta collocazione altimetrica, devono essere impiegate armature di sostegno, da collocarsi all'interno delle camerette e da recuperarsi a presa avvenuta.

Per consentire la compensazione di eventuali differenze altimetriche, l'elemento di copertura dovrà essere posato su anelli di conguaglio dello spessore occorrente.



## **32.2 CAMERETTE D'ISPEZIONE**

### **32.2.1 Ubicazione**

Le camerette di ispezione devono essere localizzati come previsto dal progetto esecutivo ed in generale in corrispondenza dei punti di variazione di direzione e/o cambiamenti di pendenza: in particolare devono essere disposti lungo l'asse della rete a distanza non superiore a 20-50 m.

### **32.2.2 Caratteristiche costruttive**

I pozzetti d'ispezione devono essere muniti di innesti elastici ed a perfetta tenuta idraulica. In presenza di falda, devono essere prese precauzioni per evitare eventuali infiltrazioni d'acqua dalle pareti dei pozzetti.

I pozzetti potranno avere sezione orizzontale circolare o rettangolare, con diametro o lati non inferiori a 1,00 m.

Devono essere dotati di chiusino d'accesso generalmente realizzato in ghisa, avente diametro maggiore di 0,6 m.

### **32.2.3 Dispositivi di chiusura e di coronamento**

I dispositivi di chiusura e coronamento (chiusini e griglie) devono essere conformi a quanto prescritto dalla norma **UNI EN 124**.

Il marchio del fabbricante dovrà occupare una superficie non superiore al 2% di quella del coperchio e non dovrà riportare scritte di tipo pubblicitario.

La superficie del dispositivo di chiusura deve essere posizionata a quota del piano stradale finito.

I pozzetti delle fognature bianche potranno essere dotati di chiusini provvisti di fori d'aerazione (chiusini ventilati).

#### **32.2.3.1 Gradini d'accesso**

Il pozzetto dovrà essere dotato di gradini di discesa e risalita collocati in posizione centrale rispetto al cammino d'accesso. La scala dovrà essere alla marinara con gradini aventi interasse di 30-32 cm, realizzati in ghisa grigia, ferro, acciaio inossidabile, acciaio galvanizzato o alluminio. Tali elementi devono essere opportunamente trattati con prodotti anticorrosione per prolungarne la durata. In particolare le parti annegate nella muratura devono essere opportunamente protette con idoneo rivestimento, secondo il tipo di materiale, per una profondità di almeno 35 mm.

Nel caso di utilizzo di pioli (o canna semplice) questi devono essere conformi alle norme DIN 19555 ed avere diametro minimo di 20 mm e la sezione dovrà essere calcolata in modo che il piolo possa resistere ad un carico pari a tre volte il peso di un uomo e dell'eventuale carico trasportato. La superficie di appoggio del piede deve avere caratteristiche antiscivolo.

Al posto dei pioli potranno utilizzarsi staffe (o canna doppia) che devono essere conformi alle seguenti norme: tipo corto, **DIN 1211 B**; tipo medio, **DIN 1211 A**; tipo lungo, **DIN 1212**.

In tutti i casi i gradini devono essere provati per un carico concentrato di estremità non inferiore a **3240 N**.

Nel caso di pozzetti profondi la discesa deve essere suddivisa mediante opportuni ripiani intermedi, il cui dislivello non deve superare i 4 m.

## **32.3 POZZETTI PREFABBRICATI**

I pozzetti potranno essere di tipo prefabbricato in c.a., PRFV, ghisa, PVC, PEad, ecc.

Il pozzetto prefabbricato deve essere costituito da un elemento di base provvisto di innesti per le



tubazioni, un elemento di sommità a forma tronco-conica o tronco-piramidale che ospiti in alto, con l'inserimento di anelli o riquadri (detti raggiungi-quota), il chiusino; da una serie di elementi intermedi, di varia altezza, che colleghino la base alla sommità.

Le giunzioni con le parti prefabbricate devono essere adeguatamente sigillate, con materiali plastici ed elastici ad alto potere impermeabilizzante. Solo eccezionalmente, quando non sono richieste particolari prestazioni per l'assenza di falde freatiche e la presenza di brevi sovrappressioni interne (in caso di riempimento della cameretta), potrà essere ammessa l'impermeabilizzazione con malta di cemento; in ogni caso, sul lato interno del giunto, si devono asportare circa 2 cm di malta, da sostituire con mastici speciali resistenti alla corrosione.

Per i manufatti prefabbricati in calcestruzzo si farà riferimento alla norma **DIN 4034**.

### **32.4 POZZETTI REALIZZATI IN OPERA**

I pozzetti realizzati in opera potranno essere in muratura di mattoni o in calcestruzzo semplice o armato.

Le pareti dei muri devono essere ortogonali all'asse delle tubazioni per evitare il taglio dei tubi. Le pareti devono essere opportunamente impermeabilizzate, secondo le prescrizioni progettuali, al fine di prevenire la dispersione delle acque reflue nel sottosuolo.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato con cemento R = 325 dosato a 200 kg per m<sup>3</sup> di impasto per il fondo e a 300 kg per m<sup>3</sup> per i muri perimetrali; per le solette si impiegherà invece cemento tipo R = 425 nel tenore di 300 kg per m<sup>3</sup>. In tal caso sarà opportuno impiegare nel confezionamento additivi idrofughi.

La superficie interna del pozzetto se in calcestruzzo, in presenza di acque fortemente aggressive, dovrà essere rifinita con intonaci speciali o rivestita con mattonelle di gres ceramico; in presenza di acque mediamente aggressive, si potrà omettere il rivestimento protettivo rendendo il calcestruzzo impermeabile e liscio e confezionandolo con cemento resistente ai solfati. Tutti gli angoli e gli spigoli interni del pozzetto devono essere arrotondati.

I pozzetti realizzati in murature o in calcestruzzo semplice devono avere uno spessore minimo di 20 cm, a meno di 2 m di profondità e di 30 cm per profondità superiori.

L'eventuale soletta in c.a. di copertura, con apertura d'accesso, dovrà avere uno spessore minimo di 20 cm ed un'armatura minima con 10 Ø 8 mm/m e 3 Ø 7 mm/m, e opportunamente rinforzata in corrispondenza degli elementi di raccordo tra chiusino e cameretta.

### **32.5 COLLEGAMENTO DEL POZZETTO ALLA RETE**

L'attacco della rete al pozzetto dovrà essere realizzato in modo da evitare sollecitazioni di taglio, ma consentendo eventuali spostamenti relativi tra la tubazione e il manufatto; a tal fine devono essere impiegati appositi pezzi speciali, con superficie esterna ruvida, di forma cilindrica, oppure a bicchiere o incastro, entro cui verrà infilato il condotto con l'interposizione di un anello in gomma per la sigillatura elastica. A tal fine i due condotti di collegamento della canalizzazione al manufatto, in entrata e in uscita, devono avere lunghezze adeguate per consentire i movimenti anche delle due articolazioni formate dai giunti a monte e a valle del pozzetto.

### **32.6 POZZETTI DI SALTO (DIVERSI DAI DISSIPATORI DI CARICO PER SALTI SUPERIORI AI 7m)**

I pozzetti di salto devono essere adoperati per superamento di dislivelli di massimo 2-4 m; per dislivelli superiori sarà opportuno verificare la compatibilità con la resistenza del materiale all'abrasione.

Le pareti devono essere opportunamente rivestite, specialmente nelle parti più esposte, soprattutto quando la corrente risulti molto veloce. Qualora fosse necessario si potrà inserire all'interno del



pozzetto un setto per attenuare eventuali fenomeni di macro turbolenza, con conseguente dissipazione di energia.

Il salto di fondo si può realizzare disponendo un condotto verticale che formi un angolo di 90° rispetto all'orizzontale, con condotto obliquo a 45° oppure con scivolo.

### **32.7 POZZETTI DI LAVAGGIO (O DI CACCIATA)**

Nei tratti di fognatura dove la velocità risulti molto bassa e dove possano essere presenti acque ricche di solidi sedimentabili devono prevedersi pozzetti di lavaggio (o di cacciata), con l'obiettivo di produrre, ad intervalli regolari, una portata con elevata velocità, eliminando così le eventuali sedimentazioni e possibili ostruzioni.

I pozzetti di lavaggio debbono essere ispezionabili con le caratteristiche di accesso e chiusura di cui al punto 71.3.1.

Con riferimento alla C.M. n. 11633 del 7 gennaio 1974, per le acque nere la velocità relativa alle portate medie non dovrà di norma essere inferiore ai 50 cm/s. Quando ciò non si potesse realizzare devono essere interposti in rete adeguati sistemi di lavaggio. La velocità relativa alle portate di punta non dovrà di norma essere superiore ai 4 m/s.

Per le fognature bianche la stessa circolare dispone che la velocità massima non dovrà di norma superare i 5 m/s. A tal fine, in entrambi i casi, dovrà assicurarsi in tutti i tratti della rete una velocità non inferiore a 50 cm/s.

### **32.8 TUBAZIONI, CANALETTE, CUNETTE E CUNICOLI**

Per agevolare lo smaltimento delle acque piovane ed impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, è prevista, ove necessario, la sistemazione e la costruzione di collettori di scolo, canalette, cunette e cunicoli.

#### **32.8.1 Tubazioni**

##### **32.8.1.1 Tubazioni in c. a. v.**

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, ben stagionato, ed avere le seguenti caratteristiche:

- Rck t 25 MPa;
- spessore uniforme rapportato al diametro della tubazione;
- sezione perfettamente circolare e superfici interne lisce e prive di irregolarità;
- sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che dovrà essere sigillato in opera con malta di cemento.

Dovranno essere posti in opera su platea in conglomerato cementizio, eventualmente rinfianciati; il conglomerato per la platea ed i rinfianchi sarà del tipo di fondazione avente Rck t 25 MPa.

Tra tubazione e platea dovrà essere interposto uno strato di malta dosata a 400 kg/m<sup>3</sup> di cemento.

##### **32.8.1.2 Tubazioni in P.V.C. rigido**

La tubazione sarà costituita da tubi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a banchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma, dei tipi SN2 SDR 51, SN4 SDR 41 e SN8 SDR 34, secondo la norma UNI 1401-1.

Verrà interrata in un cavo di dimensioni previste in progetto sul cui fondo sarà predisposto del materiale fino di allettamento; qualora previsto in progetto verrà rinfrancato con conglomerato del tipo di fondazione con Rck t25 MPa.





Su ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio.

La direzione dei lavori potrà prelevare campioni di tubi ed inviarli ad un laboratorio specializzato per essere sottoposti alle prove prescritte dalle norme di unificazione; qualora i risultati non fossero rispondenti a dette norme l'impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla sostituzione dei materiali non accettati.

#### *32.8.1.3 Pozzetti e chiusini*

I pozzetti e chiusini dovranno essere in conglomerato cementizio armato e vibrato, ben stagionato, ed avere le seguenti caratteristiche:

- Rck t 30 MPa;
- armatura in rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;
- spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni.

I chiusini avranno chiusura battentata e saranno posti su pozzetti e/o canalette, ancorati agli stessi.

I chiusini dovranno essere conformi alle norme **UNI - EN 124** (Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali. Principi di costruzione, prove e marcature).

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo non dovrà essere inferiore a 600 mm.

Tutti i coperchi, griglie e telai devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante: la norma di riferimento; la classe corrispondente; la sigla e/o nome del fabbricante.

La tipologia e le dimensioni sono quelle indicate negli elaborati di progetto esecutivo.

#### *32.8.2 Canalette*

Le canalette dovranno essere in elementi prefabbricati in lamiera di acciaio ondulata e zincata, oppure in conglomerato cementizio o fibrocemento.

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà essere della qualità di cui alle norme AASHTO M. 167-70 e AASHTO M. 36-70, con contenuto di rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40 % spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza UNI, carico unitario di rottura non minore di 34 kg/mm<sup>2</sup> e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo in quantità non inferiore a 305 g/m<sup>2</sup> per faccia.

##### *32.8.2.1 Canalette ad embrici*

Le canalette dovranno estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina al fosso di guardia.

Prima della posa in opera l'impresa avrà cura di effettuare lo scavo di impostazione degli elementi di canaletta, dando allo scavo stesso la forma dell'elemento in modo che il piano di impostazione di ciascun elemento risulti debitamente costipato, per evitare il cedimento dei singoli elementi.

In sommità la canaletta dovrà essere raccordata alla pavimentazione mediante apposito invito in conglomerato cementizio gettato in opera o prefabbricato.

La sagomatura dell'invito dovrà essere tale che l'acqua non incontri ostacoli al regolare deflusso.

#### *32.8.3 Cunette*

La formazione di cunetta potrà avvenire con elementi prefabbricati, aventi le caratteristiche prescritte dal progetto, formate con conglomerato cementizio, con armatura idonea alla dimensione degli elementi.

Questa opera comprenderà la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura degli elementi prefabbricati, la sigillatura dei giunti con malta cementizia e quanto altro necessario per consegnare i lavori.



Per tutti i manufatti in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio vibrato e/o centrifugato, il controllo della resistenza del conglomerato sarà eseguito a cura e spese dell'impresa, sotto il controllo della direzione dei lavori, prelevando da ogni partita un elemento dal quale ricavare quattro provini cubici da sottoporre a prove di compressione presso un laboratorio indicato dalla stessa direzione dei lavori.

Tassativamente si prescrive che ciascuna partita sottoposta a controllo non potrà essere posta in opera fino a quando non saranno noti i risultati positivi delle prove.

#### *32.8.4 Cunicoli*

La costruzione di cunicoli drenanti, aventi sezione all'interno del rivestimento, non superiore a 30 m<sup>2</sup>, potrà avvenire con perforazione sia a mano che meccanica in terreni di qualsiasi natura durezza e consistenza, compresi gli oneri per la presenza e lo smaltimento di acqua di qualsiasi entità e portata; compresi gli oneri per tutte le puntellature, armature e manto di qualsiasi tipo, natura, ed entità.

Nella esecuzione del lavoro si potranno adottare gli stessi sistemi di scavo utilizzati per le gallerie, quali l'impiego di centinature, semplici o accoppiate, costituite da profilati o da strutture reticolari in ferro tondo, se è il caso integrate da provvisorie puntellature intermedie; il contenimento del cielo o delle pareti di scavo con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio lanciato a pressione con l'eventuale incorporamento di rete e centine metalliche; l'impiego di ancoraggi e bullonaggi, marciavanti e lamiere metalliche; l'uso di attrezzature speciali e di altre apparecchiature meccaniche ed in genere qualsiasi altro metodo di scavo a foro cieco.

#### *32.8.5 Rivestimento per cunette e fossi di guardia*

##### *32.8.5.1 Elementi prefabbricati in c.a.v.*

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente  $R_{ck} > 30$  MPa, armato con rete di acciaio a maglie saldate del tipo Fe B 38k, in fili del diametro di 6 mm e del peso non inferiore a 3,00 kg/m<sup>2</sup>.

Gli elementi dovranno avere forma trapezoidale o a L, secondo i disegni-tipo del progetto; lo spessore dovrà essere non inferiore a 7 cm e le testate dovranno essere sagomate ad incastro a mezza pialla; i giunti dovranno essere stuccati con malta dosata a 500 kg/m<sup>3</sup> di cemento.

Posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura.

##### *32.8.5.2 Conglomerato cementizio, gettato in opera*

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, sarà eseguito con conglomerato cementizio di tipo II con  $R_{ck} \geq 30$  MPa, gettato in opera con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa; la lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, la formazione di giunti.

##### *32.8.5.3 Muratura di pietrame*

Il rivestimento di cunette e fossi di guardia può essere eseguito in muratura di pietrame e malta dosata a 350 kg/m<sup>3</sup> di cemento normale, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti. Il rivestimento dello spessore indicato in progetto sarà eseguito previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa e predisposizione sullo scavo della malta di allettamento.

### **32.9 CORDONATURE**

Le cordonature dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente  $R_{ck} > 30$  MPa, in elementi di lunghezza 1,00 m, di forma prismatica e della sezione indicata in progetto esecutivo.



---

Gli elementi non dovranno presentare imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature; dovranno avere superfici in vista regolari e ben rifinite.

Verranno posti in opera su platea in conglomerato cementizio del tipo di fondazione avente  $R_{ck} \geq 25$  MPa, interponendo uno strato di malta dosata a 400 kg/m<sup>3</sup> di cemento che verrà utilizzata anche per la stuccatura degli elementi di cordonatura.

I cordoli saranno realizzati direttamente in opera mediante estrusione da idonea cordolatrice meccanica e potranno essere realizzati in conglomerato sia bituminoso che cementizio, tipo II, con  $R_{ck} = 30$  MPa, previa mano di ancoraggio con emulsione bituminosa.

I cordoli in calcestruzzo saranno finiti dopo maturazione con una mano di emulsione bituminosa.

Nel caso di impiego di elementi prefabbricati, ogni partita dovrà essere accompagnata dai corrispondenti certificati attestanti la qualità dei materiali utilizzati per la loro realizzazione, nonché la certificazione attestanti le dimensioni dell'elemento. Ciascuna partita di 100 elementi prefabbricati non potrà essere posta in opera, fino a quando non saranno noti i risultati positivi della resistenza del conglomerato costituente la partita, mediante il prelievo di 4 provini.

Nel caso che la resistenza sia inferiore a 30 MPa, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

Tali elementi verranno posati su un letto di calcestruzzo magro, ed attestati, lasciando tra le teste contigue lo spazio di 0.5 cm, che verrà riempito di malta cementizia dosata a 350 kg/m<sup>3</sup> di sabbia.



## **Art. 33 BARRIERE STRADALI DI SICUREZZA**

### **33.1 GENERALITÀ**

Si definiscono barriere stradali di sicurezza i dispositivi aventi lo scopo di realizzare il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale.

Per le caratteristiche tecniche di accettazione e collazione delle barriere stradali di sicurezza si farà riferimento alle prescrizioni progettuali ed alle seguenti norme:

**C.M. 11 luglio 1987, n. 2337** – Fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale;

**D.M. 4 maggio 1990** - Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali;

**C.M. 25 febbraio 1991, n. 34233** - Legge 2 febbraio 1974, n. 64 - Art. 1, D.M. 4 maggio 1990. Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali;

**D.M. 18 febbraio 1992, n. 223** - Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;

**C.M. 9 giugno 1995, n. 2595** – Barriere stradali di sicurezza. D.M. 18 febbraio 1992, n. 223;

**C.ANAS 26 luglio 1996, n. 749/1996** - Fornitura e posa di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale;

**D.M. 15 ottobre 1996** – Aggiornamento del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;

**C.M. 16 maggio 1996, n. 2357** - Fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale;

**C.M. 15 ottobre 1996, n. 4622** - Istituti autorizzati all'esecuzione di prove d'impatto in scala reale su barriere stradali di sicurezza;

**D.M. LL.PP. 15 ottobre 1996** - Aggiornamento del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223, recante istruzioni per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza;

**C. Ente Nazionale per le strade Prot. 05 dicembre 1997, n. 17600** - Progettazione, omologazione e impiego delle barriere stradali di sicurezza;

**D.M. 3 giugno 1998** - Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione;

**D.M. LL.PP. 11 giugno 1999** - Integrazioni e modificazioni al decreto ministeriale 3 giugno 1998, recante "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";

**D.M. 30 novembre 1999, n. 557** - Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili;

**C.M. 6 aprile 2000** - Art. 9 del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223, e successive modificazioni: Aggiornamento della circolare recante l'elenco degli istituti autorizzati alle prove di impatto al vero ai fini dell'omologazione;

**Det. 24 maggio 2001, n. 13/2001** - Appalti per opere protettive di sicurezza stradale (barriere stradali di sicurezza);

**D.M. 5 giugno 2001** - Sicurezza nelle gallerie stradali;

**D.M. 5 novembre 2001** - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;

**C.M. 4 luglio 2002, n. 1173** - Comunicazione dell'avvenuta omologazione di tre barriere stradali di sicurezza per la classe H4, destinazione "spartitraffico" ai sensi dell'art. 9 del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223.

Norme UNI:

**UNI EN 1317-1** - Barriere di sicurezza stradali. Terminologia e criteri generali per i metodi di prova;



**UNI EN 1317-2** - Barriere di sicurezza stradali. Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza;

**UNI EN 1317-3** - Barriere di sicurezza stradali - Classi di prestazione.

Il produttore è responsabile della rispondenza del prodotto fornito alle norme di omologazione, ed il progettista deve curare il corretto inserimento del manufatto nel tessuto viario.

Il direttore dei lavori e l'Appaltatore, ciascuno per la parte di propria competenza, hanno la responsabilità della rispondenza dell'opera al progetto, alle prescrizioni di esecuzione e/o alle modalità di posa in opera.

Non possono essere aperte al traffico le strade per le quali non siano state realizzate le protezioni previste nel progetto approvato.

### **33.2 CONFORMITÀ DELLE BARRIERE E DEI DISPOSITIVI**

Ai fini della produzione ed accettazione delle barriere di sicurezza ed altri dispositivi, i loro materiali componenti devono avere le caratteristiche costitutive descritte nella documentazione presentata per l'omologazione; i supporti devono anche essere conformi a quanto previsto nella predetta documentazione e riportato sul certificato di omologazione.

Tutte le barriere, sia del tipo prefabbricato prodotto fuori opera o in stabilimento, sia del tipo costruito in opera, dovranno essere realizzate con le stesse caratteristiche di cui sopra, risultanti da una dichiarazione di conformità di produzione che nel caso di barriera con componentistica di più origini, dovrà riguardare ogni singolo componente strutturale.

Tale dichiarazione dovrà essere emessa dalla ditta produttrice e sottoscritta dal suo direttore tecnico a garanzia della rispondenza del prodotto ai requisiti di cui al certificato di omologazione. L'attrezzatura posta in opera inoltre dovrà essere identificabile con il nome del produttore e la sigla di omologazione (tipo e numero progressivo).

Dovrà inoltre essere resa una dichiarazione di conformità di installazione nella quale il direttore tecnico dell'impresa installatrice garantirà la rispondenza dell'eseguito alle prescrizioni tecniche descritte nel Certificato di omologazione.

Queste dichiarazioni dovranno essere associate, a seconda dei casi, alle altre attestazioni, previste dalla normativa vigente in termini di controllo di qualità ed altro.

### **33.3 CRITERI DI INSTALLAZIONE**

Le zone, ai margini della carreggiata stradale, da proteggere mediante la installazione di barriere, sono quelli previsti dall'art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 3 giugno 1998.

Al fine di elevare il livello di servizio delle strade ed autostrade statali e la qualità delle pertinenze stradali, di garantire le migliori condizioni di sicurezza per gli utenti della strada e per i terzi, di assicurare la protezione delle zone limitrofe della carreggiata stradale e di impedirne la fuoriuscita dei veicoli, le barriere stradali di sicurezza dovranno essere progettate e realizzate a norma delle seguenti disposizioni ed istruzioni ed ai relativi aggiornamenti:

Il livello di contenimento  $I_c$  e l'indice di severità dell'accelerazione ASI previsti per verificare l'efficienza e la funzionalità delle barriere stradali di sicurezza (D.M. 3 giugno 1998), dovrà essere comprovato, in attesa delle omologazioni ufficiali pronunciate dal succitato decreto, con certificazioni di prove d'impatto al vero (crash-test) eseguite presso i laboratori ufficiali autorizzati dal Ministero dei LL.PP. (C.M. n. 4622 del 15 ottobre 1996 e C.M. 6 aprile 2000).

Dette prove saranno eseguite con le modalità tecniche esecutive richiamate nel D.M. 3 giugno 1998 e successive modifiche ed integrazioni.

Nel caso di "barriere stradali di sicurezza" da installare su ponti (viadotti, sottovia o cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, ecc.) si dovranno adottare oltre le disposizioni tecniche sopra elencate anche le norme previste dal



D.M. 4 maggio 1990, punto 3.11 (Azioni sui parapetti. Urto di veicoli in svio) e dovranno appartenere alla classe H4a,b (ex B3).

I parapetti su opere d'arte stradali (ponti, viadotti, sottovia o cavalcavia, ecc., muri di sostegno) verranno installati in corrispondenza dei cigli dei manufatti.

Le barriere ed i parapetti devono avere caratteristiche tali da resistere ad urti di veicoli e da presentare una deformabilità pressoché costante in qualsiasi punto.

Inoltre devono assicurare il contenimento dei veicoli collidenti sulla barriera (e tendenti alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale) nelle migliori condizioni di sicurezza possibile.

Per gli altri tipi di barriere di sicurezza, che dovranno essere realizzate secondo le istruzioni tecniche previste dal D.M. 3 giugno 1998 e successive modifiche ed integrazioni, ed a norma delle disposizioni ed istruzioni sopra elencate, il progetto esecutivo indicherà e prescriverà peraltro: le caratteristiche specifiche costruttive, la loro tipologia strutturale ed i materiali da impiegare nel rispetto delle norme tecniche vigenti.

La direzione dei lavori potrà ordinare tutti gli accorgimenti esecutivi per assicurare un'adeguata collocazione dei sostegni in terreni di scarsa consistenza prevedendone anche l'infittimento locale.

In casi speciali, con l'autorizzazione scritta della direzione dei lavori, i sostegni potranno essere ancorati al terreno per mezzo di un idoneo basamento in calcestruzzo.

Le strutture da collocare nell'aiuola spartitraffico saranno costituite da una o due file di barriere ancorate ai sostegni. Restano ferme per tali barriere tutte le caratteristiche fissate per le barriere laterali, con l'avvertenza di adottare particolare cura per i pezzi terminali di chiusura e di collegamento delle due fasce.

Ad interasse non superiore a quello corrispondente a tre fasce dovrà essere eseguita l'installazione di dispositivi rifrangenti del tipo omologato, aventi area non inferiore a 50 cm<sup>2</sup>, disposti in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

### 33.3.1 Individuazione delle zone da proteggere

La protezione deve riguardare almeno:

- i bordi di tutte le opere d'arte all'aperto, quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna;
- la protezione dovrà estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente escluso il rischio di conseguenze disastrose derivanti dalla fuoriuscita dei veicoli dalla carreggiata;
- lo spartitraffico ove presente;
- il bordo stradale nelle sezioni in rilevato;
- la protezione è necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, la necessità di protezione dipende dall'combinazione della pendenza e dell'altezza della scarpata, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata (edifici da proteggere o simili);
- gli ostacoli fissi che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto, quali pile di ponti, rocce affioranti, opere di drenaggio non attraversabili, alberature, pali di illuminazione e supporti per segnaletica non cedevoli, corsi d'acqua, ecc. e gli oggetti che in caso di urto potrebbero comportare pericolo per i non utenti della strada, quali edifici pubblici o privati, scuole, ospedali, ecc..

Occorre proteggere i suddetti ostacoli ed oggetti nel caso in cui non sia possibile o conveniente la loro rimozione e si trovino ad una distanza dal ciglio esterno della carreggiata inferiore ad una opportuna distanza di sicurezza; tale distanza varia in funzione dei seguenti parametri: velocità di progetto, volume di traffico, raggio di curvatura dell'asse stradale, pendenza della scarpata, pericolosità



dell'ostacolo.

Dei valori indicativi per la distanza di sicurezza sono i seguenti: 3 m per strada in rettilineo a livello di piano di campagna,  $V=70$  km/h, TGM 1.000; 10 m per strada in rettilineo ed in rilevato con pendenza pari ad  $1/4$ ,  $V=110$  km/h, TGM 6.000.

### **33.4 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE**

La barriera sarà costituita da una serie di sostegni in profilato metallico e da una fascia orizzontale metallica, con l'interposizione di opportuni elementi distanziatori.

Le fasce dovranno essere fissate ai sostegni in modo che il loro bordo superiore si trovi ad una altezza non inferiore a 70 cm dalla pavimentazione finita e che il loro filo esterno abbia aggetto non inferiore a 15 cm dalla faccia del sostegno lato strada.

Le fasce saranno costituite da nastri metallici aventi: spessore minimo di 3 mm, profilo a doppia onda, altezza effettiva non inferiore a 300 mm, sviluppo non inferiore a 475 mm, modulo di resistenza non inferiore a  $25 \text{ cm}^3$ .

Le fasce dovranno essere collocate in opera con una sovrapposizione non inferiore a 32 cm.

I sostegni della barriera saranno costituiti da profilati metallici, con profilo a C di dimensioni non inferiori a 80 mm x 120 mm x 80 mm, aventi spessore non inferiore a 6 mm, lunghezza non inferiore a 1,65 m per le barriere centrali e 1,95 m per quelle laterali.

I sostegni stessi dovranno essere infissi in terreni di normale portanza per una profondità non minore di 0,95 m per le barriere centrali e 1,20 m per le barriere laterali e posti ad intervallo non superiore a 3,60 m.

La direzione dei lavori potrà ordinare una maggiore profondità o altri accorgimenti esecutivi per assicurare un adeguato ancoraggio del sostegno in terreni di scarsa consistenza, come pure potrà variare l'interasse dei sostegni.

In casi speciali, quali zone rocciose o altro, previa approvazione della direzione dei lavori, i sostegni potranno essere ancorati al terreno a mezzo di basamento in calcestruzzo avente almeno un  $R_{ck}=25 \text{ N/mm}^2$  e delle dimensioni fissate dal progetto.

Le giunzioni, che dovranno avere il loro asse in corrispondenza dei sostegni, devono essere ottenute con sovrapposizione di due nastri per non meno di 32 cm, effettuata in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue.

Il collegamento delle fasce tra loro ed i loro sostegni, con l'interposizione dei distanziatori metallici, deve assicurare, per quanto possibile, il funzionamento della barriera a trave continua ed i sistemi di attacco (bulloni e piastrelle copriasola) debbono impedire che, per effetto dell'allargamento dei fori, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce.

I distanziatori avranno: altezza di 30 cm; profondità non inferiore a 15 cm; spessore minimo di 2,5 mm, salvo l'adozione, in casi speciali, di distanziatori del tipo europeo.

I sistemi di attacco saranno costituiti da: bulloneria a testa tonda ad alta resistenza e piastrina copriasola antisfilamento di dimensioni 45 mm x 100 mm e di spessore 4 mm.

Tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a Fe 360, zincato a caldo con una quantità di zinco non inferiore a  $300 \text{ g/m}^2$  per ciascuna faccia e nel rispetto della normativa UNI 5744/66.

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 2 cm ed orizzontale di più o meno 1 cm.

Le fasce ed i sistemi di collegamento ai sostegni dovranno consentire la installazione delle barriere lungo curve di raggio non inferiore a 50 m senza ricorrere a pezzi o sagomature speciali.

Ogni tratto sarà completato con pezzi terminali curvi, opportunamente sagomati, in materiale del tutto analogo a quello usato per le fasce.





Le barriere da collocare nelle aiuole spartitraffico saranno costituite da una doppia fila di barriere del tipo avanti descritto, aventi i sostegni ricadenti in coincidenza delle stesse sezioni trasversali.

Restano ferme per tali barriere tutte le caratteristiche fissate per le barriere laterali, con l'avvertenza di adottare particolare cura per i pezzi terminali di chiusura e di collegamento delle due fasce, che dovranno essere sagomate secondo forma circolare che sarà approvata dalla direzione dei lavori.

In proposito si fa presente che potrà essere richiesta dalla direzione dei lavori anche una diversa sistemazione (interramento delle testate).

Le sopracitate caratteristiche e modalità di posa in opera minime sono riferite a quelle destinazioni che non prevedono il contenimento categorico dei veicoli in carreggiata (rilevati e trincee senza ostacoli fissi laterali).

Per barriere da ponte o viadotto, per spartitraffici centrali e/o in presenza di ostacoli fissi laterali, curve pericolose, scarpate ripide, acque o altre sedi stradali o ferroviarie adiacenti, si dovranno adottare anche diverse e più adeguate soluzioni strutturali, come l'infittimento dei pali e l'utilizzo di pali di maggior resistenza.

Ad interasse non superiore a quello corrispondente a tre fasce dovrà essere eseguita la installazione di dispositivi rifrangenti, i quali avranno area non inferiore a 50 cm<sup>2</sup>, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

#### *33.4.1 Caratteristiche di resistenza agli urti*

Le barriere, nel caso di nuovo impianto, o comunque significativi interventi, dovranno avere caratteristiche di resistenza almeno pari a quelle richieste dal D.M. 11 giugno 1999, D.M. 3 giugno 1998, tabella A) per il tipo di strada, di traffico, ubicazione della barriera stessa.

Le caratteristiche predette saranno verificate dalla direzione dei lavori sulla base dei "certificati di omologazione" esibiti dall'Appaltatore ed ottenuti in base ai disposti del D.M. 11 giugno 1999, del D.M. 3 giugno 1998, ovvero, nel caso di non avvenuta omologazione e/o nelle more del rilascio di essa, l'Appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori un'idonea documentazione, dalla quale risulti che ognuna delle strutture da impiegare nel lavoro ha superato, con esito positivo, le prove dal vero (crash test) effettuate secondo le procedure fissate dai citati decreti ministeriali. Le prove dovranno essere state effettuate presso i campi prove autorizzati come da C.M. 6 aprile 2000.

La predetta documentazione dovrà essere consegnata alla direzione dei lavori all'atto della consegna dei lavori. I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito prefissati:

**a) Materiali metallici in genere:** saranno esenti da scorie, soffiature e da qualsiasi altro difetto; gli acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche vigenti in applicazione dell'art. 21 della legge n. 1086/1971; tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a S235JR secondo EN 10025, la bulloneria secondo la norma UNI 3740, il tutto zincato a caldo nel rispetto della norma UNI EN ISO 1461.

Nel caso di forniture di barriere di sicurezza corredate da certificazioni di prove dal vero, la classe della bulloneria e le caratteristiche dimensionali di tutti i singoli componenti saranno quelle indicate nei disegni allegati ai certificati medesimi.

**b) Barriere metalliche:** avranno i seguenti requisiti:

##### **1. Acciaio impiegato**

Le qualità da utilizzare dovranno essere conformi a quelle previste dai certificati di omologazione o dai rapporti di prove di urto al vero, sia per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche sia per quelle chimiche. L'acciaio dovrà inoltre essere zincabile.





## **2. Tolleranze di spessore**

Le tolleranze di spessore ammesse sono quelle della norma EN 10051/91.

## **3. Collaudi e documenti tecnici**

La qualità delle materie prime deve essere certificata dai relativi produttori o da enti o laboratori ufficiali di cui all'art. 20 legge n. 1086/1971 o autorizzati con decreto del Ministero dei lavori pubblici.

Tutte le barriere dovranno essere identificabili con il nome del produttore.

Se omologate, dovranno riportare la classe di appartenenza e la sigla di omologazione, nel tipo e numero progressivo.

### **33.4.2 Barriere di sicurezza a doppia onda**

La barriera è costituita da una serie di sostegni in profilato metallico, da una o più fasce orizzontali metalliche sagomate a doppia onda, con l'interposizione di opportuni elementi distanziatori o travi di ripartizione.

Le fasce sono costituite da nastri metallici di lunghezza compresa tra 3,00 e 4,00 m muniti, all'estremità, di una serie di 9 fori per assicurare l'unione al nastro successivo e al sostegno, aventi spessore minimo di 3,0 mm, altezza effettiva 300 mm sviluppo non inferiore a 475 mm e modulo di resistenza non inferiore a 25 cm<sup>3</sup>. Le giunzioni, che dovranno avere il loro asse in corrispondenza dei sostegni, devono essere ottenute con sovrapposizione di due nastri per 32 cm, eseguita in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue.

I montanti metallici dovranno avere caratteristiche dimensionali e forme indicate nelle relative certificazioni. I sostegni verticali potranno essere collegati, nella parte inferiore, da uno o più correnti ferma ruota realizzati in profilo presso piegato di idonee sezioni e di conveniente spessore secondo i vari modelli di barriere certificate.

I distanziatori saranno interposti tra le fasce ed i montanti prevedendone il collegamento tramite bulloneria. Tali sistemi di unione sono costituiti da bulloneria a testa tonda e piastrina antisfilamento. I sistemi di unione delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento sia durante la posa in opera sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo limitati movimenti verticali ed orizzontali. Ogni tratto sarà completato con i relativi terminali, opportunamente sagomati, in materiale del tutto analogo a quello usato per le fasce.

### **33.4.3 Barriere di sicurezza a tripla onda**

La barriera metallica stradale di sicurezza a tre nervature, a dissipazione controllata di energia, è costituita da una o più fasce orizzontali metalliche, sagomate a tripla onda, fissate ad una serie di sostegni in profilati metallici.

Le fasce metalliche hanno un profilo a tre nervature con sviluppo di 749 mm e altezza di 508 mm, larghezza di 82,5 mm e spessore 2,5 mm oppure 3,0 mm. Sono forate ad interasse di 1.500 mm e 2.250 mm o 1.333 mm e 2.000 mm. Devono essere fissate ai sostegni in modo che il loro bordo superiore si trovi all'altezza indicata nei certificati di prova al vero (crash test). Sono previsti elementi strutturali diversi, come travi superiori cave, diagonali interne, nel rispetto delle configurazioni e caratteristiche indicate nei documenti e disegni di cui ai certificati di prova (crash test). In particolare le diagonali devono rimanere completamente interne alla sagoma di ingombro trasversale tra fascia e fascia nel caso di barriere spartitraffico e tra fascia e tenditore posteriore nel caso di barriere singole.

Le giunzioni fra le fasce hanno una sovrapposizione di 320 mm in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue; la congiunzione tra fasce è realizzata mediante 12 bulloni, più due bulloni di unione tra fascia e distanziatore.

I montanti metallici hanno caratteristiche dimensionali e forme come indicato nelle relative



certificazioni .

Tra la fascia metallica ed i montanti sono interposti elementi distanziatori, dissipatori di energia ed elementi di sganciamento. I sostegni sono collegati posteriormente da un tenditore; i sistemi di unione delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento, sia durante la posa in opera, sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo limitati movimenti di regolazione verticale ed orizzontale.

Il distanziatore si unisce all'elemento di sganciamento ed al sostegno verticale tramite due bulloni .

I sistemi di unione (bulloni e copriasola) hanno la funzione di impedire che, a causa dell' allargamento dei fori, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce; essi saranno costituiti da bulloneria a testa tonda e piastrina copriasola antisfilamento.

I sostegni verticali sono collegati nella parte inferiore, da uno o più correnti ferma ruota, realizzati in profilo presso piegato di idonee sezioni e di conveniente spessore.

### **33.5      *INSTALLAZIONE***

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 verticali in profilato metallico, da una fascia orizzontale metallica, fissata ai sostegni a mezzo di distanziatori, e da un corrimano in tubolare metallico posto ad altezza non inferiore a m 1 dal piano della pavimentazione finita.

I parapetti realizzati sui ponti (viadotti, sottovia o cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, ecc.) dovranno rispondere alle norme previste dal D.M. 4 maggio 1990 - punto 3.11.

I parapetti dovranno essere realizzati, per quanto riguarda gli acciai laminati a caldo, con materiali rispondenti alle prescrizioni contenute nel D.M. 14 gennaio 2008 e sue istruzioni emanate con circolare, mentre per altri tipi di acciaio o di metallo si dovrà fare riferimento alle norme U.N.I. corrispondenti o ad altre eventuali, comunque richiamate dal predetto decreto ministeriale.

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. I sostegni saranno di norma alloggiati, per la profondità occorrente, in appositi fori di ancoraggio, predisposti o da predisporre dalla stessa impresa sulle opere d'arte e fissati con adeguata malta, secondo le prescrizioni previste in progetto e/o indicate della direzione dei lavori. I fori dovranno essere eseguiti secondo le prescrizioni previste in progetto e/o indicate dalla direzione dei lavori; altrettanto dicasi per il ripristino delle superfici manomesse.

La fascia dovrà essere uguale a quella impiegata per la barriera, ed essere posta in opera alla stessa altezza di quest'ultima dal piano della pavimentazione finita, anche se l'interasse dei sostegni risulterà inferiore.

Il corrimano in tubolare metallico, delle dimensioni esterne non inferiore a 45 mm e spessore non inferiore a 2,4 mm, sarà fissato allo stesso sostegno della fascia.

Tutte le parti metalliche dei parapetti dovranno essere in acciaio di qualità non inferiore a Fe 360 ed assoggettate alla zincatura a caldo mediante il procedimento a bagno.

I quantitativi minimi di zinco saranno di grammi 300 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 ed UNI 5744/66.

Ad interasse non superiore a quello corrispondente a tre elementi (in media ogni quattro sostegni) dovrà essere eseguita l'installazione di dispositivi rifrangenti, i quali avranno area non inferiore a 50 cm<sup>2</sup>, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

### **33.6      *PROVE TECNICHE (STATICHE DINAMICHE) SULLE BARRIERE***

Le prove (statiche dinamiche) d'impatto al vero (crash-test) per la valutazione sia delle caratteristiche prestazionali e sia dell'efficienza delle barriere di sicurezza stradali (da realizzare a norma del D.M. 3 giugno 1998 e successive modifiche ed integrazioni) dovranno essere eseguite, come previsto dalle



---

circolari del Ministero dei lavori pubblici del 15 ottobre 1996 e del 6 aprile 2000, presso i sottoelencati istituti autorizzati:

- il Centro prove per barriere di sicurezza stradali di Anagni -Centro rilevamento dati sui materiali di Fiano Romano della società Autostrade S.p.a.;
- il Laboratorio L. I. E. R., .Laboratoire d'essais INRETS - Equipments de la Route, con sede in D29 Route de Crèmiieu
- B.P. 352 69125 Lyon Satolas Aeroport – Francia;
- TÜV BAYERN SACHSEN E. V. – Institut für Fahrzeugtechnik GmbH, con sede in Daimlerstrasse, 11 D-85748 GARCHING (Repubblica Federale Tedesca).



## **Art. 34 OPERE DI SISTEMAZIONE A VERDE**

### **34.1 GENERALITÀ**

Le scarpate in rilevato o in scavo ed in genere tutte le aree destinate a verde dovranno essere rivestite con manto vegetale appena ultimata la loro sistemazione superficiale, adottando specie caratterizzate da un potente apparato radicale e idoneo a formare una stabile copertura vegetale.

Eventuali erosioni, solcature, buche o altre imperfezioni dovranno essere riprese con idoneo terreno agrario, riprofilando le superfici secondo le pendenze di progetto; dovrà essere curata in modo particolare la conservazione ed eventualmente la sistemazione delle banchine dei rilevati.

Tutte le superfici dovranno presentarsi perfettamente regolari, eliminando anche eventuali tracce di pedonamento.

#### **34.1.1 Carico, trasporto e accatastamento delle piante**

Le piante, provenienti dai vivai o dalla campagna, dovranno essere caricate ordinatamente sui mezzi da trasporto, disponendo vicino le piante della stessa specie e dimensioni. Dovrà evitarsi l'essiccamento durante il trasporto utilizzando veicoli idonei.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla direzione dei lavori la data di consegna delle piante in cantiere ai fini della loro verifica ed accettazione.

In cantiere le piante dovranno essere accatastate per un tempo massimo di ..... giorni/ore avendo cura di evitare l'essiccazione ed il surriscaldamento, compensando le perdite di umidità verificatesi durante il trasporto.

### **34.2 FORNITURA E SISTEMAZIONE DI TERRENO VEGETALE NELLE AIUOLE**

Il terreno vegetale dovrà avere caratteristiche fisiche e chimiche atte a garantire un sicuro attecchimento e sviluppo di colture erbacee, arbustive o arboree.

Il terreno dovrà risultare di reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto, privo di pietre, ciottoli, detriti, radici, erbe infestanti che possano ostacolarne la lavorazione agronomica.

Dovrà provenire da scotico di terreno a destinazione agraria.

Qualora il prelievo venga fatto da terreni non coltivati, la profondità di prelevamento dovrà essere limitata allo strato esplorato dalle radici delle specie erbacee presenti ed in ogni caso non dovrà superare i 50 cm.

L'impresa prima di effettuare il prelevamento e la fornitura della terra di coltivo, dovrà darne avviso alla direzione dei lavori, affinché possano venire prelevati, in contraddittorio, i campioni da inviare ad laboratorio ufficiale, per le analisi di idoneità del materiale secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo.

Il terreno dovrà essere posto in opera in strati uniformi, ben sminuzzato, spianato e configurato in superficie secondo le indicazioni di progettuali.

### **34.3 TERRA DA COLTIVO RIPORTATA**

La terra da coltivo prima della messa in opera di piante dovrà essere accettata dalla direzione dei lavori, in merito ai seguenti valori:

- pH minore o uguale al 6
- calcare totale maggiore o uguale al 5%
- sostanze organiche minori di 1,5 %
- azoto totale minore di 0,1 %



- fosforo ammissibile minore di 30 ppm
- potassio assimilabile minore del 2%
- conducibilità idraulica minore di 0,5 cm x ora
- conducibilità Ece

La terra da coltivo dovrà essere priva di pietre, elementi di tronchi, rami, radici ed altri elementi che ne possano ostacolare la lavorazione agronomica durante la posa in opera.

Norme di riferimento:

**CNR** – Guida alla descrizione del suolo, 1987.

**S.I.S.S.** – Metodi normalizzati di analisi del suolo.

#### *34.3.1 Substrati di coltivazione*

I substrati di coltivazione (terricciato di letame, terriccio di castagno, terra d'erica, terriccio di foglie di faggio, terriccio di bosco, sfagno, torba, miscugli tra vari substrati) dovranno essere forniti in confezioni sigillate, nelle quali è riportata la quantità, il tipo e le caratteristiche del contenuto. In assenza di tali informazioni l'Appaltatore dovrà produrre alla direzione dei lavori prima della messa in opera i risultati delle analisi.

La fornitura delle analisi è obbligatoria in caso di substrati non confezionati e privi delle indicazioni riportate sulla confezione; l'Appaltatore (ad esclusione della torba e dello sfagno) dovrà fornire indicazioni sui seguenti parametri:

- sostanza organica;
- azoto nitrico;
- azoto ammoniacale;
- densità apparente riferita ad uno specificato tenore di umidità;
- capacità idrica di campo;
- conducibilità Ece

L'eventuale sostituzione dei substrati non confezionati con altri componenti (sabbia lavata, perlite, polistirolo espanso, pomice, pozzolana, argilla espansa, ecc.) deve essere autorizzata dalla direzione dei lavori.

Norme di riferimento:

**Legge 19 ottobre 1984, n. 748** - Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti.

**CNR** – Guida alla descrizione del suolo, 1987.

**S.I.S.S.** – Metodi normalizzati di analisi del suolo.

### **34.4 RIVESTIMENTO DELLE SCARPATE**

Il rivestimento di scarpate in rilevato ed in scavo, dovrà essere eseguito mediante semina, rimboschimento o ricopertura con materiali idonei.

#### *34.4.1 Preparazione del terreno*

Dopo la regolarizzazione e l'eventuale riprofilatura, le scarpate in rilevato dovranno essere preparate per il rivestimento mediante idonea erpicatura.

In questa fase l'impresa dovrà avere cura di portare a compimento tutte quelle opere che rappresentano il presidio e la salvaguardia delle scarpate.

Sulle scarpate in scavo, oltre alla regolarizzazione delle superfici, dovranno eventualmente essere predisposte buche in caso di rimboschimento con semenzali o impianti di talee.



### 34.5 **CONCIMAZIONI**

L'impresa dovrà effettuare le necessarie analisi chimiche dei terreni per poter definire la concimazione di fondo.

E' facoltà della direzione dei lavori, in relazione ai risultati delle analisi dei terreni ed inoltre per esigenze particolari, intervenire sulla loro composizione, senza che l'impresa possa chiedere alcun compenso.

Qualora il terreno risultasse particolarmente povero di sostanza organica, parte dei concimi minerali potrà essere sostituita da terricciati o da letame ben maturo, da spandersi in modo uniforme sul terreno, previa rastrellatura e miscelazione del letame con la terra. Ogni eventuale sostituzione dovrà essere autorizzata dalla direzione dei lavori.

L'uso dei concimi fisiologicamente alcalini, o fisiologicamente acidi, sarà consentito in terreni a reazione anomala, e ciò in relazione al pH risultante dalle analisi chimiche.

Oltre alla concimazione di fondo, l'impresa dovrà effettuare anche le opportune concimazioni in copertura, impiegando concimi complessi e tenendo comunque presente che lo sviluppo della vegetazione dovrà avvenire in modo uniforme.

Le modalità delle concimazioni di copertura saranno di competenza dell'impresa, la quale è anche interessata all'ottenimento della completa copertura del terreno nel più breve tempo possibile.

I concimi usati per le concimazioni di fondo e di copertura, dovranno essere forniti nelle confezioni originali di fabbrica, risultare a titolo ben definito e, nel caso di concimi complessi, a rapporto azoto-fosforo-potassio, precisato.

Da parte della direzione dei lavori sarà consegnato all'impresa un ordine di servizio nel quale saranno indicate le composizioni delle concimazioni di fondo, in rapporto al pH dei terreni.

Prima di effettuare le concimazioni di fondo, l'impresa è tenuta a darne tempestivo avviso alla direzione dei lavori, affinché questa possa disporre eventuali controlli.

Lo spandimento dei concimi dovrà essere effettuato esclusivamente a mano, per assicurare uniformità nella distribuzione.

Per le scarpate in scavo, eventualmente rivestite con semenzali o talee, la concimazione potrà essere localizzata.

#### 34.5.1 *Concimi organici e minerali*

##### 34.5.1.1 *Concimi organici*

I concimi minerali ed organici dovranno rispondere alle normative vigenti ed essere nel rispetto delle prescrizioni contrattuali. Eventuali sostituzioni dovranno essere autorizzate dalla direzione dei lavori, in base a specifiche analisi di laboratorio e alla specie della pianta da mettere a dimora.

Concimi organici:

##### a) **concimi organici azotati.**

I concimi organici azotati debbono contenere, esclusivamente ed espressamente dichiarato, azoto organico, di origine animale oppure vegetale. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili né di fosforo né di potassio, a meno che questo non costituisca parte integrante di matrici organiche.

##### b) **concimi organici NP.**

I concimi organici NP debbono contenere, esclusivamente ed espressamente dichiarati, azoto organico e fosforo, di origine animale oppure vegetale. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di potassio. È consentita, nei casi previsti, la dichiarazione dell'anidride fosforica totale quando il fosforo, anche se non in forma organica, costituisce parte integrante di matrici organiche.



### 34.5.1.2 Concimi minerali

#### 34.5.2.1 Concimi minerali semplici

**a) concimi minerali azotati semplici.**

Debbono contenere, espressamente dichiarato, azoto in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di fosforo o di potassio.

**b) concimi minerali fosfatici semplici.**

Debbono contenere, espressamente dichiarato, fosforo in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di azoto o di potassio.

**c) concimi minerali potassici semplici.**

Debbono contenere, espressamente dichiarato, potassio in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di azoto o di fosforo.

#### 34.5.2.2 Concimi minerali composti

**a) concimi minerali composti NP.**

Debbono contenere, espressamente dichiarati, azoto e fosforo in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di potassio.

**b) concimi minerali composti NK.**

Debbono contenere, espressamente dichiarati, azoto e potassio in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di fosforo.

**c) concimi minerali composti PK.**

Debbono contenere, espressamente dichiarati, fosforo e potassio in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili di azoto.

**d) concimi minerali composti NPK.**

Debbono contenere, espressamente dichiarati, azoto, fosforo e potassio in una o più forme e solubilità. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi.

#### 34.5.2.3 Concimi minerali a base di elementi secondari

Sono concimi a base di elementi secondari i prodotti, naturali o sintetici, che contengano espressamente dichiarato uno degli elementi secondari: calcio, magnesio, sodio e zolfo. Possono anche contenere altri elementi secondari e microelementi, ma non quantità dichiarabili degli elementi chimici principali della fertilità.

#### 34.5.2.4 Concimi minerali a base di microelementi (oligo-elementi)

Sono concimi a base di microelementi i prodotti, naturali o sintetici, che contengano espressamente dichiarato uno o più microelementi: boro, cobalto, rame, ferro, manganese, molibdeno e zinco. Possono anche contenere elementi secondari, ma non quantità dichiarabili degli elementi chimici principali della fertilità.

## 34.6 SEMINE

Le superfici da rivestire mediante semina, secondo le previsioni di progetto, dovranno essere preparate come descritto nel precedente paragrafo.

La concimazione, dovrà essere effettuata in due fasi: all'atto della semina dovranno essere somministrati i concimi fosfatici e potassici; i concimi azotati dovranno essere somministrati a germinazione avvenuta.

Si procederà quindi alla semina di un miscuglio di erbe da prato perenni con l'impiego di 200 kg di seme per ettaro di superficie.



Nella tabella seguente è riportata la composizione di cinque miscugli da impiegare, a seconda delle caratteristiche dei terreni e delle particolari condizioni climatiche e/o ambientali.

#### Composizione di miscugli

SPECIE	TIPO DI MISCUGLIO				
	A	B	C	D	E
	kg di seme per ettaro				
Lolium Italicum	-	38	23	50	-
Lolium Perenne	-	38	23	50	-
Arrhenatherum Elatius	50	-	-	-	33
Dactylis Glomerata	5	42	23	20	-
Trisetum Plavescens	12	8	5	-	-
Festuca Pratensis	-	-	47	33	-
Festuca Rubra	17	12	15	10	-
Festuca Ovina	-	-	-	-	10
Festuca Heterophylla	-	-	-	-	15
Phleum Pratense	-	12	12	20	-
Alopecurus Fraternis	-	20	18	26	-
Cynosurus Cristatus	-	-	-	-	5
Poa Pratensis	5	38	30	7	3
Agrostis Alba	-	10	7	7	-
Antoxanthum odoratum	-	-	-	-	2
Bromus Erectus	-	-	-	-	25
Bromus Inermis	66	-	-	-	20
Trifolium Pratense	13	8	10	7	-
Trifolium Repens	-	12	7	-	-
Trifolium Hybridum	-	-	-	10	-
Medicago Lupulina	5	-	-	-	10
Onobrychis Sativa	-	-	-	-	67
Antyllis Vulneraria	17	-	-	-	5
Lotus Corniculatus	10	-	3	10	5
Totale kg	200	200	200	200	200

Di seguito si riporta lo schema della compatibilità dei miscugli con i vari tipi di terreno:

#### Compatibilità di miscugli

Tipo di miscuglio	Caratteristiche dei terreni
Miscuglio A	Terreni di natura calcarea, piuttosto sciolti, anche con scheletro grossolano
Miscuglio B	Terreni di medio impasto, tendenti al leggero, fertili
Miscuglio C	Terreni di medio impasto, argillo-silicei, fertili
Miscuglio D	Terreni pesanti, argillosi, piuttosto freschi
Miscuglio E	Terreni di medio impasto, in clima caldo e secco

L'impresa dovrà comunicare alla direzione dei lavori la data della semina, affinché possano essere prelevati i campioni di seme da sottoporre a prova e affinché si possa controllare il 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 essere effettuata a spaglio a più passate per gruppi di semi di volumi 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 con erpice a sacco.

Dopo la semina il terreno dovrà essere rullato e l'operazione dovrà essere ripetuta a germinazione





avvenuta.

#### 34.6.1 *Idrosemina*

Dopo che le superfici da rivestire saranno state opportunamente preparate, l'impresa procederà al rivestimento mediante idrosemina impiegando una speciale attrezzatura in grado di effettuare la proiezione a pressione di una miscela di seme, fertilizzante, collante ed acqua.

Tale attrezzatura, composta essenzialmente da un gruppo meccanico erogante, da un miscelatore-agitatore, da pompe, raccordi, manichette, lance, ecc., dovrà essere in grado di effettuare l'idrosemina in modo uniforme su tutte le superfici da rivestire, qualunque sia l'altezza delle scarpate.

I materiali dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della direzione dei lavori che disporrà le prove ed i controlli ritenuti opportuni.

Si effettuerà l'eventuale aggiunta di essenze forestali alle miscele di sementi, quando previsto in progetto.

Anche per l'idrosemina l'impresa è libera di effettuare il lavoro in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenga in modo regolare ed uniforme.

#### 34.6.2 *Semina di ginestra (Cytisus scoparius o Spartium junceum)*

Sulle superfici opportunamente preparate e concimate l'impresa procederà alla semina di ginestra eseguita in buche disposte a quinconce, equidistanti 20 cm su file a loro volta distanziate di 20 cm. Il quantitativo di seme da impiegare dovrà essere di 50 kg/ha.

Il seme stesso dovrà essere bagnato prima della semina per favorirne la germinazione; inoltre, se nella zona non vi sono altri ginestreti, dovrà essere mescolato con terriccio proveniente da vecchi ginestreti, in ragione di almeno 500 kg/ha di terriccio, per favorire il diffondersi del microrganismo che ha vita simbiotica con la ginestra e che pertanto è necessario al suo sviluppo.

#### 34.6.3 *Rimboschimento con semenzali e impianto di talee*

Sulle superfici opportunamente preparate e concimate, l'impresa procederà all'impianto di semenzali o talee, secondo le previsioni di progetto, in ragione di cinque piantine per metro quadrato, disposte a quinconce su file parallele al ciglio strada.

L'impresa è libera di effettuare l'impianto nel periodo che riterrà più opportuno tenuto conto naturalmente del tempo previsto per la ultimazione dei lavori, restando comunque a suo carico l'onere della sostituzione delle fallanze.

L'impianto potrà essere fatto a mano o a macchina, comunque in modo tale da poter garantire l'attecchimento ed il successivo sviluppo regolare e rapido.

Prima della messa a dimora delle piantine a radice nuda, l'impresa avrà cura di regolare l'apparato radicale, rinfrescando il taglio delle radici ed eliminando le ramificazioni che si presentassero appassite, perite o eccessivamente sviluppate, impiegando forbici a doppio taglio ben affilate.

Sarà inoltre cura dell'impresa trattare l'apparato radicale con una miscela di terra argillosa e letame bovino, diluita in acqua.

L'impresa avrà cura di approntare a piè d'opera il materiale vivaistico perfettamente imballato in maniera da evitare fermentazioni e disseccamenti durante il trasporto.

Le piantine o talee dovranno presentarsi in stato di completa freschezza e con vitalità necessarie al buon attecchimento. Negli impianti di talee, queste dovranno risultare del diametro minimo di 1,5 cm, di taglio fresco ed allo stato verde e tale da garantire il ripollonamento.

Qualora i materiali non rispondessero alle caratteristiche di cui sopra, la direzione dei lavori ne ordinerà l'allontanamento dal cantiere.



### 34.7 ALBERI

#### 34.7.1 Generalità

Gli alberi dovranno avere la parte aerea a portamento e forma regolare, simile agli esemplari cresciuti spontaneamente, a sviluppo robusto, non filato e che non dimostri una crescita troppo rapida per eccessiva densità di coltivazione in vivaio, in terreno troppo irrigato o concimato.

Le piante dovranno essere trapiantate un numero di volte sufficienti secondo le buone regole vivaistiche con l'ultima lavorazione alle radici, risalente a non più di tre anni secondo la seguente tabella.

#### Modalità di lavorazione

Foglia caduca	fino a circonferenza 12-15 cm	almeno 1 trapianto
	fino a circonferenza 20-25 cm	almeno 2 trapianti
	fino a circonferenza 30-35 cm	almeno 3 trapianti
	fino ad altezza di 2,00-2,50 m	almeno 1 trapianto e circonferenza proporzionata all'altezza
	fino ad altezza di 2,50-4,00 m	almeno 1 trapianto e circonferenza proporzionata all'altezza
Sempre verdi	fino ad altezza di 2,50-4,00 m	almeno 2 trapianti e circonferenza proporzionata all'altezza
	fino ad altezza di 5,00-6,00 m	almeno 3 trapianti e circonferenza proporzionata all'altezza

L'apparato radicale, che dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari sane, dovrà essere racchiuso in contenitore (vaso, cassa, mastello) con relativa terra di coltura o in zolla rivestita (paglia, plan plast, juta, rete metallica, fitocella).

#### 34.7.2 Spostamento di piante

Le piante da spostare, se non sono indicate nei documenti dell'appalto, dovranno preventivamente essere marcate sul posto.

Se non possono essere subito ripiantate, esse dovranno essere collocate in depositi provvisoriamente allestiti per assicurare la loro protezione contro le avversità atmosferiche e in genere contro tutti i possibili agenti di deterioramento. Qualora non sia prevista a carico dell'impresa la garanzia di attecchimento, per le piante spostate andranno adottate le seguenti prescrizioni:

- modalità di estrazione (preparazione dell'apparato radicale, confezione in zolle, ecc.);
- condizioni di trasporto (eventuale obbligo di uso di particolari mezzi meccanici, ecc.);
- località e modalità di accantonamento;
- modalità per la messa a dimora (concimazioni, tutori, piantagioni, ecc.);
- modalità di manutenzione (frequenza e dose delle irrigazioni, utilizzazione di antitraspiranti, ecc.). L'impresa ha l'onere della manutenzione delle piante messe a deposito.

Quando lo spostamento delle piante presenta il rischio di una cattiva ripresa dopo il trasferimento, l'impresa dovrà interrompere le operazioni di spostamento e informarne il direttore dei lavori, affinché si possano prendere i necessari accorgimenti.



Trascorse quarantotto ore dal recepimento dell'avviso di interruzione al direttore dei lavori, gli spostamenti potranno essere ripresi.

#### *34.7.3 Protezione delle piante esistenti da conservare*

Nelle aree non interessate dai lavori di pulizia del terreno le piante da conservare dovranno essere protetti con i dispositivi predisposti a cura dell'impresa prima dell'inizio di altri lavori. Questi dispositivi consisteranno in recinzioni e in corsetti di protezione. Salvo diverse motivate prescrizioni ed approvate dalla direzione dei lavori, le recinzioni dovranno seguire la proiezione al suolo dei rami esterni, ed essere alte almeno 1,30 m. I corsetti dovranno essere pieni, distaccati dal tronco ed alti almeno 2,00 m.

Le piante da conservare dovranno essere indicate in specifica planimetria o dovranno essere marcate preventivamente sul posto.

#### *34.7.4 Estrazione dal vivaio e controllo delle piante*

L'estrazione delle piante dal vivaio deve essere effettuata con tutte le precauzioni necessarie per non danneggiare le radici principali e secondo le tecniche appropriate per conservare l'apparato radicale capillare ed evitare di spaccare, scortecciare o danneggiare la pianta. L'estrazione non deve essere effettuata con vento che possa disseccare le piante o in tempo di gelata. L'estrazione si effettua a mano nuda o meccanicamente; le piante potranno essere fornite a radice nuda o collocate in contenitori o in zolle. Le zolle dovranno essere imballate opportunamente con involucro di juta, paglia, teli di plastica o altro.

Prima della messa a dimora, lo stato di salute e la conformazione delle piante devono essere verificate in cantiere e le piante scartate dovranno essere immediatamente allontanate.

Per ciascuna fornitura di alberi, sia adulti che giovani, un'etichetta attaccata deve indicare, attraverso un'iscrizione chiara ed indelebile, tutte le indicazioni atte al riconoscimento delle piante (genere, specie, varietà e numero, nel caso la pianta faccia parte di un lotto di piante identiche, vivaio di provenienza).

La verifica della conformità dell'esemplare alla specie ed alla varietà della pianta si effettuerà nel corso del primo periodo di vegetazione che segue la messa a dimora.

#### *34.7.5 Precauzioni da prendere fra l'estrazione e la messa a dimora*

Nell'intervallo compreso fra l'estrazione e la messa a dimora delle piante dovranno essere prese le precauzioni necessarie per la loro conservazione e per evitare traumi o disseccamenti nonché danni per il gelo.

Prima della messa a dimora delle piante, l'impresa appaltatrice, qualora ordinato dalla direzione dei lavori, dovrà procedere al riempimento parziale delle buche già predisposte, per collocare le piante su uno strato di fondo di spessore adeguato al tipo di pianta.

Le piante messe a dimora non dovranno presentare radici allo scoperto, né risultare interrate oltre il livello di colletto. Durante la messa a dimora l'eventuale imballo o contenitore della zolla dovrà essere tagliato al colletto e aperto lungo i lati o fianchi, ma non dovrà essere rimosso sotto la zolla.

Le buche dovranno essere riempite con terra da coltivo semplice oppure miscelata con torba ed opportunamente costipata. La direzione dei lavori potrà richiedere l'effettuazione di una concimazione localizzata, in modo da non provocare danni per disidratazione.

Dopo il riempimento attorno alla pianta dovrà essere realizzata una conca o bacino, per consentire la ritenzione dell'acqua che deve essere somministrata in quantità abbondante, per agevolare la ripresa della pianta e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla.



#### 34.7.6 *Periodo di messa a dimora*

La messa a dimora non dovrà essere eseguita in periodo di gelate né in periodi in cui la terra è imbibita d'acqua in conseguenza di pioggia o del disgelo.

Salvo diverse prescrizioni del direttore dei lavori, la messa a dimora degli alberi dovrà effettuarsi tenendo conto del clima, in funzione della regione e/o dell'altitudine.

Per le piante messe a dimora a stagione avanzata, dovranno comunque essere previste cure particolari per assicurarne l'attecchimento.

#### 34.7.7 *Preparazione delle piante prima della messa a dimora*

Prima della messa a dimora, le eventuali lesioni del tronco dovranno essere curate nei modi più appropriati; le radici, se nude, dovranno essere ringiovanite, recidendo le loro estremità e sopprimendo le parti traumatizzate o secche.

E' tuttavia bene conservare il massimo delle radici minori, soprattutto se la messa a dimora è tardiva.

Se si dovesse rendere necessaria la potatura della parte aerea della pianta, questa dovrà essere eseguita in modo da garantire un equilibrio fra il volume delle radici e l'insieme dei rami.

#### 34.7.8 *Preparazione delle buche e dei fossi per la messa a dimora delle piante*

Le buche e i fossi per la messa a dimora di piante dovranno essere di dimensioni ampie, ovvero in rapporto alle caratteristiche delle piante da mettere a dimora, con una larghezza ed una profondità corrispondenti ad almeno 1,5 volte il diametro e rispettivamente l'altezza dell'apparato radicale delle piante o del pane.

I lavori per l'apertura di buche e fosse delle piante dovranno essere effettuati dopo i movimenti di terra a carattere generale prima dell'eventuale apporto di terra vegetale.

I materiali provenienti dagli scavi, o perché non riutilizzabili o perché non ritenuti idonei, dovranno essere allontanati dal cantiere a cura e spese dell'impresa e sostituiti con terra idonea.

Se necessario, le pareti ed il fondo delle buche o fosse dovranno essere opportunamente picconati, perché le radici possano penetrare in un ambiente sufficientemente morbido ed aerato.

Salvo diverse prescrizioni della direzione dei lavori, buche e fosse potranno essere aperte manualmente o meccanicamente e non dovranno restare aperte per un periodo superiore ad otto giorni.

#### 34.7.9 *Messa a dimora delle piante*

Prima dell'impianto, l'impresa, dopo aver provveduto, ove necessario, alle opere idonee a garantire il regolare smaltimento delle acque, onde evitare ristagni, dovrà eseguire una lavorazione agraria del terreno, consistente in un'aratura a profondità variabile da 50 cm a 100 cm, a seconda della situazione, e nell'erpatura ripetuta fino al completo sminuzzamento o, su superfici di limitata estensione, in una vangatura, avendo cura in ogni caso di eliminare sassi, pietre o materiali che possano impedire la corretta esecuzione dei lavori.

In occasione delle lavorazioni di preparazione del terreno e prima della messa a dimora delle piante, la direzione dei lavori potrà disporre le analisi chimiche del terreno, in base alle quali indicherà la composizione e le proporzioni della concimazione di fondo, da effettuarsi con la somministrazione di idonei concimi minerali e/o organici.

Nella messa a dimora dovranno adottarsi le seguenti cautele:

- *tutori*: i tutori sono conficcati nella buca di piantagione prima della messa a dimora delle piante. In rapporto alla pianta, il tutore è posto in direzione opposta rispetto al vento dominante. Il tutore deve affondare di almeno 30 cm oltre il fondo della buca;



- *collocazione delle piante e riempimento delle buche*: sul fondo della buca dovrà essere disposto uno strato di terra vegetale, senza ciottoli o materiali impropri per la vegetazione, sulla quale verrà sistemato l'apparato radicale. La pianta dovrà essere collocata in modo che il colletto si trovi al livello del fondo della conca di irrigazione. L'apparato radicale non deve essere compresso, ma spostato. La buca di piantagione dovrà poi essere colmata di terra fine. La compattazione della terra dovrà essere eseguita con cura in modo da non danneggiare le radici, non squilibrare la pianta, che deve restare dritta e non lasciare sacche d'aria;
- *legature e colletti*: la legatura più alta dovrà essere posta a circa 20 cm al di sotto delle prime ramificazioni, la più bassa a circa 100 cm dal suolo. In queste misure occorre tenere conto del compattamento successivo del suolo;
- *potature di formazione*: la potatura di formazione, se prevista, dovrà essere effettuata conformemente alle prescrizioni della direzione dei lavori;
- *conche di irrigazione*: la terra dovrà essere sistemata al piede della pianta in modo da formare intorno al colletto una piccola conca; l'impresa effettua una prima irrigazione che fa parte dell'operazione di piantagione e non va quindi computata nelle operazioni di manutenzione.

#### *34.7.10 Pali di sostegno, ancoraggi e legature*

La direzione dei lavori dovrà verificare che gli alberi e gli arbusti messi a dimora risultino dotati di pali di sostegno, di diametro ed altezza in funzione delle piante.

I pali di sostegno o tutori dovranno essere dritti, scortecciati ed appuntiti nella parte di maggiore diametro. La parte appuntita da collocarsi nel terreno dovrà essere trattata e resa imputrescibile per un'altezza di almeno 10 cm. La direzione dei lavori potrà autorizzare l'impiego di pali in legno di produzione industriale, appositamente trattati allo scopo. A discrezione della direzione dei lavori i pali potranno essere sostituiti con ancoraggi in funi d'acciaio dotati di tendifilo.

Le legature dovranno essere costituite da materiale elastico o corde di canapa; è vietato l'impiego di filo di ferro.

La direzione dei lavori potrà ordinare di inserire tra tronco e tutore un apposito cuscinetto antifrizione in modo da evitare eventuali danni alla corteccia.

#### *34.7.11 Protezione delle piante messa a dimora*

L'impresa appaltatrice per prevenire eventuali danneggiamenti (transito di persone, animali, precipitazioni atmosferiche, ecc.) delle piante messe a dimora, previa autorizzazione della direzione dei lavori, dovrà approntare le necessarie opere di protezione.

#### *34.7.12 Salvaguardia della vegetazione esistente*

L'impresa appaltatrice è tenuta alla salvaguardia (protezione apparato radicale, fusto, chioma, ecc.) della vegetazione esistente, non interessata da lavori in appalto, da eventuali danneggiamenti (urti da parte dei mezzi meccanici e/o attrezzi pesanti, ecc.), anche se le piante non sono state indicate nei disegni progettuali o opportunamente contrassegnate prima dell'esecuzione dei lavori.

La direzione dei lavori potrà fornire all'Appaltatore ulteriori comunicazioni in merito alle piante da salvaguardare.

Nel caso di danneggiamento di piante, l'Appaltatore è tenuto a darne immediata comunicazione alla direzione dei lavori per i provvedimenti da adottare.

### **34.8 ACQUA PER INNAFFIAMENTO**

L'acqua per innaffiamento delle piante non dovrà contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.



L'Appaltatore a richiesta della direzione dei lavori dovrà fornire le necessarie analisi sulla qualità dell'acqua.

#### **34.9 PULIZIA DEL PIANO VIABILE**

Il piano viabile e la segnaletica stradale orizzontale, al termine di ogni operazione d'impianto o manutentoria, dovrà risultare assolutamente sgombro di rifiuti; la terra eventualmente presente dovrà essere asportata mediante spazzolatura e, ove occorra, con getti d'acqua.

#### **34.10 MANUTENZIONE COLTURALI FINO ALL'ESECUZIONE DEL COLLAUDO**

Sino a quando non sia intervenuto con esito favorevole il collaudo definitivo dei lavori, l'impresa dovrà effettuare a sua cura e spese:

- la manutenzione degli impianti a verde curando in particolare lo sfalcio di tutte le superfici del corpo autostradale e sue pertinenze, seminate o rivestite da vegetazione spontanea, ogni qualvolta l'erba abbia raggiunto l'altezza media di 35 cm,;
- l'annaffiamento di tutte le piante, rivestimenti di scarpate, ecc.;
- il ripristino delle conche d'irrigazione qualora necessario;
- potatura;
- concimazione;
- falciature, diserbi e sarchiature;
- sistemazione delle parti danneggiate per erosione dovute a non corretta esecuzione.

La direzione dei lavori potrà prescrivere all'impresa di effettuare lo sfalcio in dette aree anche a tratti discontinui e senza che questo possa costituire motivo di richiesta di indennizzi particolari da parte dell'impresa stessa.

L'erba sfalciata dovrà prontamente essere raccolta da parte dell'impresa e trasportata fuori dalle pertinenze autostradali entro 24 ore dallo sfalcio.

La raccolta e l'allontanamento dell'erba dovranno essere eseguiti con la massima cura, evitando la sua dispersione sul piano viabile, anche se questo non risulta ancora pavimentato e pertanto ogni automezzo dovrà avere il carico ben sistemato e munito di reti di protezione.



## Art. 35 SEGNALETICA

### 35.1 SEGNALETICA VERTICALE

Tutti i segnali verticali nonché i sostegni ed i relativi basamenti di fondazione dovranno essere costruiti e realizzati, in modo tale da resistere alla forza esercitata dal vento alla velocità di almeno 150 km/ora.

#### 35.1.1 Pellicole

##### 35.1.1.1 Generalità

Tutte le imprese di segnaletica stradale verticale devono attenersi alle seguenti prescrizioni:

- disciplinare tecnico sulla modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali approvato con D.M. 31 marzo 1995.
- certificazioni di qualità rilasciate da organismi accreditati secondo le norme UNI EN 45000, sulla base delle norme europee della serie UNI EN 9000, al produttore delle pellicole retroriflettenti che si intendono utilizzare per la fornitura.

Le copie delle certificazioni dovranno essere identificate, a cura del produttore delle pellicole stesse, con gli estremi della ditta partecipante, nonché dalla data di rilascio della copia non antecedente alla data della lettera di invito alla presente gara e da un numero di individuazione.

Le presenti norme contengono le caratteristiche colorimetriche, fotometriche e tecnologiche, cui devono rispondere le pellicole retroriflettenti e le relative metodologie di prova alle quali devono essere sottoposte per poter essere utilizzate nella realizzazione della segnaletica stradale.

I certificati riguardanti le pellicole dovranno essere conformi esclusivamente al succitato disciplinare tecnico.

In particolari situazioni, al fine di implementare le condizioni di sicurezza sulla strada, si potranno richiedere pellicole con caratteristiche tecnologiche superiori ai minimi imposti dal disciplinare D.M. 31 marzo 1995 solo in un regime di sperimentazione autorizzata.

Certificazione di conformità dei segnali finiti ai sensi delle circolari n. 652 del 17 giugno 1998 e n. 1344 del 11 marzo 1999 .

#### 35.1.2 Accertamento dei livelli di qualità

Le caratteristiche delle pellicole retroriflettenti devono essere verificate esclusivamente attraverso prove da eseguire presso uno dei seguenti laboratori:

- Istituto elettrotecnico nazionale Galileo Ferraris - Torino; Istituto sperimentale delle Ferrovie dello Stato S.p.a. - Roma;
- Stazione sperimentale per le industrie degli oli e dei grassi - Milano; Centro sperimentale ANAS - Cesano (Roma);
- Centro superiore ricerche, prove e dispositivi della M.C.T.C. del Ministero dei trasporti - Roma; Centro prova autoveicoli - Via Marco Ulpio Traiano, 40 Milano;
- Laboratorio prove e materiali della Società autostrade - Fiano Romano; Istituto di ingegneria dell'Università di Genova;
- Laboratori, ufficialmente riconosciuti, di altri Stati membri della Comunità europea.

Altri laboratori in possesso delle necessarie capacità tecniche e di idonee attrezzature per le prove dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti che siano autorizzati dal Ministero dei lavori pubblici - ispettorato generale per la circolazione e la sicurezza stradale, anche valutando eventuali accreditamenti da parte di organismi riconosciuti nell'ambito della certificazione volontaria.



La certificazione dei livelli di qualità, la cui data di rilascio non deve essere anteriore di oltre cinque anni, deve essere presentata nella sua stesura integrale; in essa tutte le prove devono essere chiaramente e dettagliatamente specificate e deve essere dichiarato che le singole prove sono state eseguite per l'intero ciclo sui medesimi campioni.

Il certificato di conformità dovrà essere riferito, oltre alle pellicole retroriflettenti colorate in origine, alle stesse pellicole serigrafate in tutte le combinazioni dei colori standard previste dal regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada.

Il tipo di inchiostro utilizzato dovrà essere inoltre esplicitamente dichiarato.

Dalle certificazioni dovrà risultare la rispondenza alle caratteristiche fotometriche e colorimetriche previste dal presente disciplinare tecnico ed il superamento delle prove tecnologiche in esso elencate. Gli organismi preposti del Ministero delle infrastrutture e trasporti hanno la facoltà di accertare in qualsiasi momento che le pellicole retroriflettenti corrispondano alle certificazioni di conformità presentate dal produttore delle pellicole.

### *35.1.3 Definizioni*

#### *35.1.3.1 Pellicola di classe 1*

La pellicola di classe I deve avere risposta luminosa con durata di almeno 7 anni. La pellicola nuova deve avere un coefficiente areico di intensità luminosa ( $R'$ ) rispondente ai valori minimi prescritti nella tabella 56.II e deve mantenere almeno il 50% dei suddetti valori per il periodo minimo di 7 anni di normale esposizione verticale all'esterno in condizioni ambientali medie.

Dopo tale periodo le coordinate tricromatiche devono ancora rientrare nelle zone colorimetriche di cui alla tabella 56.I. Fa eccezione la pellicola di colore arancio che deve mantenere i requisiti di cui sopra per almeno tre anni.

Valori inferiori devono essere considerati insufficienti ad assicurare la normale percezione di un segnale realizzato con pellicole retroriflettenti di classe 1.

#### *35.1.3.2 Pellicola di classe 2*

La pellicola di classe 2 deve avere alta risposta luminosa con durata di 10 anni. La pellicola deve avere un coefficiente areico di intensità luminosa rispondente ai valori minimi prescritti nella tabella 56.III e deve mantenere almeno l'80% dei suddetti valori per il periodo minimo di 10 anni di normale esposizione all'esterno in condizioni ambientali medie.

Dopo tale periodo le coordinate tricromatiche devono ancora rientrare nelle zone colorimetriche di cui alla tabella 56.1. Fa eccezione la pellicola di colore arancio che deve mantenere i requisiti di cui sopra per almeno tre anni.

Valori inferiori devono essere considerati insufficienti ad assicurare la normale percezione di un segnale realizzato con pellicole retroriflettenti di classe 2.

#### *35.1.3.3 Pellicole stampate*

Gli inchiostri trasparenti e coprenti utilizzati per la stampa serigrafica delle pellicole retroriflettenti devono presentare la stessa resistenza agli agenti atmosferici delle pellicole.

I produttori dei segnali dovranno garantire la conformità della stampa serigrafica alle prescrizioni del produttore della pellicola retroriflettente.

I colori stampati sulle pellicole di classe 1 e di classe 2 devono mantenere le stesse caratteristiche fotometriche e colorimetriche.





#### 35.1.3.4 *Pellicole di tipo A*

La pellicole di tipo A sono retroriflettenti termoadesive. Private del foglio protettivo dell'adesivo, si applicano a caldo e sottovuoto sui supporti per la segnaletica stradale.

#### 35.1.3.5 *Pellicole di tipo B*

La pellicole di tipo B sono retroriflettenti autoadesive. Private del foglio protettivo dell'adesivo, si applicano mediante pressione manuale ovvero con attrezzature idonee sui supporti per la segnaletica stradale.

#### 35.1.3.6 *Limite colorimetrico*

Il limite colorimetrico è la linea (retta) nel diagramma di aromaticità (C.I.E. 45.15.200) che separa l'area di cromaticità consentita da quella non consentita.

#### 35.1.3.7 *Fattore di luminanza*

Fattore di luminanza è il rapporto tra la luminanza della superficie e quella di un diffusore perfetto per riflessione illuminato nelle stesse condizioni (C.I.E. 45.20.200).

#### 35.1.3.8 *Coefficiente areico di intensità luminosa*

Il coefficiente areico di intensità luminosa si ottiene dividendo l'intensità luminosa (I) del materiale retroriflettente nella direzione di osservazione per il prodotto dell'illuminamento (E1) sulla superficie retroriflettente (misurato su un piano ortogonale alla direzione della luce incidente) e della sua area (A).

Il Simbolo:  $R'$  ;  $R' = \frac{I}{(E1) \times A}$

Unità di misura:  $\text{cd} / \text{lux} \times \text{m}^2$

#### 35.1.3.9 *Angolo di divergenza*

L'angolo di divergenza è l'angolo compreso tra la direzione della luce incidente e la direzione secondo la quale si osserva la pellicola retroriflettente.

#### 35.1.3.10 *Angolo di illuminazione*

L'angolo di illuminazione è l'angolo compreso tra la direzione della luce incidente e la normale alla pellicola retroriflettente.

### 35.1.4 *Caratteristiche colorimetriche, fotometriche e metodologie di misura*

#### 35.1.4.1 *Coordinate tricromatiche e fattore di luminanza*

##### 35.1.4.1.1 *Prescrizioni*

Le coordinate tricromatiche dei colori da impiegare nel segnalamento stradale devono rientrare nelle



zone consentite nel diagramma colorimetrico standard C.I.E. 1931. Il fattore di luminanza non deve essere inferiore al valore minimo prescritto nella seguente tab. 56.I., ad eccezione del colore nero il cui valore costituisce un massimo.

**Coordinate colorimetriche valide per le pellicole di classe 1 e 2.**

COLORE	Coordinate dei 4 punti che delimitano le zone consentite nel diagramma colorimetrico C.I.E. 1931 (illuminante normalizzato D65, geometria 45/0)				Fattore di luminanza minimo	PELLICOLE
	1	2	3	4	CL.1	CL.2
BIANCO	X   0,350   0,300   0,285   0,335	>=0,35   >=0,27				
	Y   0,360   0,310   0,325   0,375					
GIALLO	X   0,545   0,487   0,427   0,465	>=0,27   >=0,16				
	Y   0,454   0,423   0,483   0,534					
ROSSO	X   0,690   0,595   0,569   0,655	>= 0,03				
	Y   0,310   0,315   0,341   0,345					
VERDE	X   0,007   0,248   0,177   0,026	>= 0,03				
	Y   0,703   0,409   0,362   0,399					
BLU	X   0,078   0,150   0,210   0,137	>= 0,01				
	Y   0,171   0,220   0,160   0,038					
ARANC.	X   0,610   0,535   0,506   0,570	>= 0,15				
	Y   0,390   0,375   0,404   0,429					
MARRON.	X   0,455   0,523   0,479   0,588					
	Y   0,397   0,429   0,373   0,394					
GRIGIO	X   0,350   0,300   0,285   0,335					
	Y   0,360   0,310   0,325   0,375					
NERO	X	<= 0,03				
	Y					

#### 35.1.4.1.2 Metodologia di prova

La misura delle coordinate tricromatiche e del fattore di luminanza deve essere effettuata secondo quanto specificato nella pubblicazione C.I.E. n.15 (E. 1.3.1.) 1971.

Il materiale si intende illuminato con luce diurna così come rappresentata dall'illuminante normalizzato D65 (C.I.E. 45.15.145) ad un angolo di 45 gradi rispetto alla normale alla superficie, mentre l'osservazione va effettuata nella direzione della normale (geometria 45/0).

La misura consiste nel rilievo del fattore di radianza spettrale nel campo 380:780 mm, da effettuare mediante uno spettrofotometro che consenta la geometria prescritta.

La misura delle coordinate tricromatiche e del fattore di luminanza viene effettuata su due provini della pellicola retroriflettente allo stato tal quale (nuova) e su provini sottoposti alle prove previste.



### 35.1.4.2 Coefficiente areico di intensità luminosa

#### 35.1.4.2.1 Prescrizioni

Il coefficiente areico di intensità luminosa non deve essere inferiore, per i vari colori ed i vari angoli di divergenza e di illuminazione, ai valori prescritti nella seguente tab. Il per le pellicole retroriflettenti di Classe 1, e nella tabella 56.III per le pellicole retroriflettenti di Classe 2.

Colori ottenuti con stampa serigrafica sul colore:

#### Pellicole di Classe 1 a normale risposta luminosa

ANGOLI	VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI									
	INTENSITÀ LUMINOSA (cd.lux/-1 . m/-2)									
Div.	I11	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU	ARANCIO	MARRONE		
5°	70	50	14,5	9	4	25	1,0			
12'	30°	30	22	6	3,5	1,7	10	0,3		
40°	10	7	2	1,5	0,5	2,2	0,1			
5°	50	35	10	7	2	20	0,6			
20'	30°	24	16	4	3	1	8	0,2		
40°	9	6	1,8	1,2	0,1	2,2	0,1			
5°	5	3	1,0	0,5	0,1	1,2	0,1			
2°	30°	2,5	1,5	0,5	0,3	0,1	0,5	0,1		
40°	1,5	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1			

#### Pellicole di Classe 2 ad alta risposta luminosa

ANGOLI	VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI									
	INTENSITÀ LUMINOSA (cd.lux/-1 . m/-2)									
Div.	I11	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU	ARANCIO	MARRONE		
5°	250	170	45	45	20	100	12			
12'	30°	150	100	25	25	11	60	8,5		
40°	110	70	15	12	8	29	5			
5°	180	120	25	21	14	65	8			
20'	30°	100	70	14	12	8	40	5		
40°	95	60	13	11	7	20	3			
5°	5	3	1,0	0,5	0,2	1,5	0,2			
2°	30°	2,5	1,5	0,4	0,3	0,1	1,0	0,1		
40°	1,5	1,0	0,3	0,2	0,1	1,0	0,1			

Per applicazioni di tipo sperimentale, nel caso di utilizzo di pellicole di classe 2 ad alta risposta luminosa grandangolare devono essere sempre rispettati i valori minimi indicati nella citata tabella 56.III.

#### 35.1.4.2.2 Condizioni di prova

La misura del coefficiente areico di intensità luminosa deve essere effettuata secondo le raccomandazioni contenute nella pubblicazione C.I.E. n.54 con illuminante normalizzato A (2856K).

Per la misura del coefficiente areico di intensità luminosa devono essere considerate:

- la misura dell'area della superficie utile del campione  $d/2$ ;



- la misura dell'illuminamento  $E/1$  in corrispondenza del campione;
- la misura dell'illuminamento  $E_r$  su rivelatore per ottenere l'intensità luminosa emessa dal campione mediante la relazione:

$$I = E_r^2 \cdot d$$

La misura del coefficiente areico di intensità luminosa viene effettuata su due provini della pellicola retroriflettente allo stato tal quale (nuova) e su provini sottoposti alle previste prove.

### *35.1.5 Caratteristiche tecnologiche e metodologiche di prova*

#### *35.1.5.1 Condizioni di prova*

Le prove devono essere iniziate dopo un condizionamento minimo di 24 ore alla temperatura di  $23 \pm 2$  gradi C e  $50 \pm 5\%$  di umidità relativa.

Le prove di resistenza devono essere effettuate su provini sigillati con un prodotto idoneo.

#### *35.1.5.2 Spessore, incluso l'adesivo*

##### *35.1.5.2.1 Prescrizioni*

Il valore dello spessore misurato deve essere riportato nel certificato di conformità.

##### *35.1.5.2.2 Metodologia di prova*

Un pezzo di pellicola retroriflettente, delle dimensioni di circa mm 150 x 150, dal quale sia stato rimosso il foglio protettivo dell'adesivo, viene applicato su una lamiera di alluminio, il cui spessore è stato precedentemente misurato con un micrometro. Si effettuano quindi almeno 3 determinazioni in zone differenti dello spessore complessivo della lamiera e della pellicola, utilizzando lo stesso micrometro. La media delle differenze tra lo spessore complessivo e quello della sola lamiera rappresenta lo spessore medio della pellicola.

#### *35.1.5.3 Adesività*

##### *35.1.5.3.1 Prescrizioni*

Le pellicole retroriflettenti sia di tipo A sia di tipo B devono aderire perfettamente ai supporti su cui sono applicate e non dare segni di distacco almeno per il periodo di vita utile della pellicola.

##### *35.1.5.3.2 Metodologia di prova*

Su tre pannelli di alluminio di circa 60x120 mm si applica, secondo le indicazioni della ditta produttrice della pellicola, un pezzo della pellicola retroriflettente da sottoporre alla prova di circa 20x40 mm. Dopo aver condizionato i provini si rimuovono circa 2 cm lineari di pellicola con l'aiuto di un bisturi o di una lametta. Si tenta di rimuovere quindi i rimanenti 2 cm lineari di pellicola manualmente, senza l'aiuto di attrezzatura alcuna. La prova si considera superata positivamente:

- se nonostante l'aiuto di un bisturi o di una lametta non risulta possibile la rimozione dei primi 2 cm lineari di pellicola;
- se la rimozione manuale senza aiuto di attrezzatura provoca la rottura, anche parziale, della pellicola.

### *35.1.6 Flessibilità*



#### 35.1.6.1 *Prescrizioni*

Al termine delle prove le pellicole retroriflettenti, sia di classe 1 che di classe 2, non devono mostrare fessurazioni superficiali o profonde.

##### 35.1.6.1.1 *Metodologie di prova*

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di 60x120x0,5 mm si applica la pellicola retroriflettente da sottoporre alla prova.

Trascorse 48 ore dall'applicazione, ogni pannello in 15 secondi viene impiegato a 90° su un mandrino del diametro di 10 mm per le pellicole di classe 1 e di 20 mm per le pellicole di classe 2; nella piegatura la superficie catadiottrica deve trovarsi all'esterno.

La prova si considera positiva se la pellicola non si rompe nella zona del piegamento per nessuno dei provini.

#### 35.1.6.2 *Resistenza all'invecchiamento accelerato strumentale*

##### 35.1.6.2.1 *Prescrizioni*

Al termine della prova di 1.000 ore per la pellicola di Classe 1 e di 2.200 ore per quella di Classe 2 (500 ore per il colore arancio), le pellicole retroriflettenti non devono mostrare alcun difetto (bolle, spellamenti, fessurazioni, distacchi).

Inoltre, le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla tab. I ed il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di 20° e ad un angolo di illuminazione di 5°, non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla tab. 56. II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla tab. 56.III per le pellicole di classe 2.

##### 35.1.6.2.2 *Metodologia di prova*

Su tre pannelli di alluminio si applica un pezzo di pellicola avente dimensioni di 90 x 90 mm. Eventualmente possono anche essere utilizzate dimensioni diverse a seconda delle caratteristiche costruttive delle attrezzature di prova. L'area del pannello non deve però essere inferiore a 50x50 mm. Dopo un condizionamento i provini debbono essere sottoposti ad invecchiamento artificiale, in conformità alla norma ASTM G 26 - 83.

Le modalità di prova sono le seguenti:

a) metodo di prova "A":

esposizione continua alla luce ed esposizione intermittente a spruzzi di acqua;

b) ciclo di prova:

102 minuti di luce seguiti da 18 minuti di luce e spruzzi di acqua;

c) sorgente luminosa:

- lampada allo xenon da 6.500 W;
- filtro interno ed esterno in vetro al borosilicato;

d) irraggiamento sul campione:

- controllato mediante regolazione della potenza della lampada a gradi per la simulazione della distribuzione spettrale relativa di energia della luce diurna lungo tutta la regione attinica;
- temperatura massima in corrispondenza dei provini durante l'esposizione alla sola azione delle radiazioni: 63° +/- 5° (misurata mediante termometro a bulbo nero);
- umidità relativa: 65+/-5%;



- temperatura dell'acqua all'ingresso dell'apparecchio di spruzzo:  $16^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ C}$ .

Al termine dopo aver lavato con acqua deionizzata i provini ed averli asciugati con un panno morbido, se ne osserva lo stato di conservazione e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

Se la prova d'invecchiamento artificiale riguarda pellicole stampate serigraficamente, al termine della prova le zone stampate devono rispettare le prescrizioni previste con riferimento ai valori riportati nelle note 2 e 3 alle tabelle 56. II e 56. III.

#### *35.1.6.3 Resistenza alla nebbia salina*

##### *35.1.6.3.1 Prescrizioni*

Al termine della prova, le pellicole retroriflettenti non devono mostrare alcun difetto (bolle, spellamenti, fessurazioni, distacco), ed in particolare le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla tab. 56.I; il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di  $20^{\circ}$  ed un angolo di illuminazione di  $5^{\circ}$ , non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla tab. 56.II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla tab. 56. III per le pellicole di classe 2.

##### *35.1.6.3.2 Metodologia di prova*

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di 90 x 120 mm si applica un pezzo della pellicola in esame avente anch'esso dimensioni di 90 x 120 mm.

Dopo un condizionamento, li si sottopone all'azione della nebbia salina, ottenuta da una soluzione acquosa di cloruro di sodio al 5% (5 parti in peso di NaCl in 95 parti di acqua deionizzata), alla temperatura di  $35 \pm 2$  gradi C.

La prova deve essere costituita da due cicli di 22 ore, separati da un intervallo di 2 ore a temperatura ambiente, durante il quale i provini si asciugano.

Al termine, dopo aver lavato con acqua deionizzata i provini ed averli asciugati con un panno morbido, se ne osserva lo stato di conservazione.

Trascorse 24 ore, si deve controllare una seconda volta lo stato di conservazione dei provini e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

#### *35.1.6.4 Resistenza all'impatto*

##### *35.1.6.4.1 Prescrizioni*

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare segni di rottura o di distacco dal supporto.

##### *35.1.6.4.2 Metodologia di prova*

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di 150 x 150 x 0.5 mm si applica un pezzo della pellicola in esame avente anch'esso dimensioni di 150 x 150 mm.

Dopo un condizionamento, i provini devono essere appoggiati sui bordi in modo da lasciare un'area libera di 100 x 100 mm.

Si sottopone il centro dei provini all'impatto di una biglia di acciaio del diametro non superiore a 51 mm e della massa di 540 g in caduta da un'altezza di 22 cm.



### 35.1.6.5 *Resistenza al calore*

#### 35.1.6.5.1 *Prescrizioni*

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare alcun difetto (bolle, delaminazioni, rotture, fessurazioni o distacchi) ed in particolare le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla tabella 56.I; il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di 20° ed un angolo di illuminazione di 5° non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla tab. 56.II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla tab. 56.III per le pellicole di classe 2.

#### 35.1.6.5.2 *Metodologia di prova*

Su tre pannelli di alluminio, delle dimensioni di 150 x 75 mm, si applica un pezzo di pellicola avente anche esso le stesse dimensioni.

Dopo un condizionamento, li si sottopone in forno alla temperatura di 70° +/- 3° C per 24 ore.

Trascorse 2 ore a temperatura ambiente, si osserva lo stato di conservazione dei provini e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

### 35.1.6.6 *Resistenza al freddo*

#### 35.1.6.6.1 *Prescrizioni*

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare alcun difetto (bolle, delaminazioni, rotture, fessurazioni o distacchi) ed in particolare le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla tabella 56.I; il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di 20° ed un angolo di illuminazione di 5° non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla tabella 56.II per le pellicole di classe I;
- 80% dei valori minimi di cui alla tabella 56.III per le pellicole di classe 2.

#### 35.1.6.6.2 *Metodologia di prova*

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di 150 x 75 mm, si applica un pezzo di pellicola avente anch'esso le stesse dimensioni. Dopo un condizionamento, li si sottopone in frigorifero alla temperatura di -35 +/- 3°C per 72 ore.

Trascorse 2 ore a temperatura ambiente, si osserva lo stato di conservazione dei provini e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

### 35.1.6.7 *Resistenza ai carburanti*

#### 35.1.6.7.1 *Prescrizioni*

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare alcun difetto (bolle, spellamenti, fessurazioni, distacchi) ed in particolare le coordinate tricromatiche devono ancora rispondere alle prescrizioni di cui alla tabella I; il coefficiente areico di intensità luminosa relativo ad un angolo di divergenza di 20° ed un angolo di illuminazione di 5° non deve risultare inferiore ai seguenti valori:

- 50% dei valori minimi di cui alla tabella 56.II per le pellicole di classe I;
- 80% dei valori minimi di cui alla tabella 56.III per le pellicole di classe 2.

#### 35.1.6.7.2 *Metodologia di prova*



Su due pannelli di alluminio, delle dimensioni di 60 x 120 mm, si applica un pezzo della pellicola in esame avente anch'esso dimensioni di 60 x 120 mm.

Dopo un condizionamento, i pannelli vengono immersi in una vaschetta di vetro contenente una miscela costituita per il 70% da isottano e per il 30% da toluene.

La prova ha durata di 1 minuto alla temperatura di 23° +/- 1° C.

Al termine, i provini vengono tolti dal liquido di prova; si lavano con acqua deionizzata, si asciugano con un panno morbido e se ne osserva lo stato di conservazione.

Trascorse 24 ore, si controlla una seconda volta lo stato di conservazione dei provini e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

#### *35.1.6.8 Resistenza ai saponi ed ai detersivi neutri*

##### *35.1.6.8.1 Prescrizioni*

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare alcun difetto (bolle, delaminazioni, fessurazioni, distacchi).

##### *35.1.6.8.2 Metodologie di prova*

La prova si esegue come indicato al punto 5.10.2 utilizzando però normali saponi e detersivi neutri disponibili in commercio.

Durata della prova: 1 ora alla temperatura di 23° +/- 1° C.

#### *35.1.6.9 Caratteristiche del contrassegno di individuazione*

##### *35.1.6.9.1 Prescrizioni*

Il contrassegno di individuazione deve essere integrato con la struttura interna della pellicola, deve essere inasportabile, non contraffattibile e deve rimanere visibile dopo la prova di resistenza all'invecchiamento accelerato strumentale.

##### *35.1.6.9.2 Metodologie di prova*

###### *Verifica della inasportabilità*

Un campione rappresentativo di pellicola, sia di classe 1 che di classe 2, di dimensioni tali da comprendere almeno un contrassegno, deve essere sottoposto ad abrasione mediante un bisturi oppure un raschietto fino all'asportazione parziale dello strato superficiale.

Dopo la prova, il contrassegno deve ancora permanere nella struttura interna della pellicola.

###### *Verifica della non contraffattibilità e della struttura interna del campione.*

Un campione rappresentativo deve essere sezionato in corrispondenza del contrassegno ed esaminato al microscopio ottico.

Il contrassegno deve essere visibile nella struttura interna della pellicola ed integrato in essa.

###### *Verifica della durata*

Dopo la prova di resistenza all'invecchiamento accelerato strumentale il contrassegno di individuazione deve rimanere ancora visibile.

#### *35.1.7 Individuazione delle pellicole retroriflettenti*





I produttori delle pellicole retroriflettenti, rispondenti ai requisiti, dovranno provvedere a renderle riconoscibili a vista, mediante un contrassegno contenente il marchio o il logotipo del fabbricante e la dicitura "7 anni" e "10 anni" rispettivamente per le pellicole di classe 1 e di classe 2.

Le diciture possono anche essere espresse nelle altre lingue della CEE.

I fabbricanti dei segnali stradali dovranno curare, e gli enti acquirenti accertare, che su ogni porzione di pellicola impiegata per realizzare ciascun segnale compaia, almeno una volta, il suddetto contrassegno.

Non potranno pertanto essere utilizzate per la costruzione di segnali stradali pellicole retroriflettenti a normale e ad alta risposta luminosa sprovviste di tale marchio.

Le analisi e le prove da eseguire sui materiali retroriflettenti, così come previste dal presente disciplinare, potranno avere luogo solo previo accertamento della presenza del marchio di individuazione e della sussistenza delle sue caratteristiche.

#### *35.1.8 Caratteristiche dei sostegni, supporti ed altri materiali usati per la segnaletica stradale*

I sostegni ed i supporti dei segnali stradali devono essere generalmente di metallo con le caratteristiche stabilite dalle norme vigenti. L'impiego di altri materiali deve essere approvato dal ministero competente.

I sostegni devono avere, nei casi di sezione circolare, un dispositivo inamovibile antirotazione del segnale rispetto al sostegno e del sostegno rispetto al terreno.

La sezione del sostegno deve garantire la stabilità del segnale in condizione di sollecitazioni derivanti da fattori ambientali.

I sostegni e i supporti dei segnali stradali devono essere adeguatamente protetti contro la corrosione. Ogni sostegno, ad eccezione delle strutture complesse e di quelle portanti lanterne semaforiche, deve portare di norma un solo segnale. Quando è necessario, deve segnalare più pericoli o prescrizioni nello stesso luogo; è tollerato l'abbinamento di due segnali del medesimo formato sullo stesso sostegno.

#### *35.1.9 Supporti in lamiera*

I segnali saranno costituiti in lamiera di ferro di prima scelta, dello spessore non inferiore a 10/10 di millimetro o in lamiera di alluminio semicrudo puro al 99% dello spessore non inferiore a 25/10 di millimetro (per dischi, triangoli, frecce e targhe di superficie compresa entro i 5,00 m<sup>2</sup>) e dello spessore di 30/10 di millimetri per targhe superiori ai metri quadrati 5 di superficie.

- *Rinforzo perimetrale*

Ogni segnale dovrà essere rinforzato lungo il suo perimetro da una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola delle dimensioni non inferiori a 1,5 cm;

- *Traverse di rinforzo e di collegamento*

Qualora le dimensioni dei segnali superino la superficie di 1,50 m<sup>2</sup>, i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento piegate ad U dello sviluppo di 15 cm, saldate al cartello nella misura e della larghezza necessaria.

- *Traverse intelaiature;*

Dove necessario, sono prescritte, per i cartelli di grandi dimensioni, traverse in ferro zincate ad U di collegamento tra i vari sostegni.

Tali traverse dovranno essere complete di staffe ed attacchi a morsetto per il collegamento, con bulloni in acciaio inox nella quantità necessaria; le dimensioni della sezione della traversa saranno di 50 x 23 mm, lo spessore di 5mm, e la lunghezza sarà quella prescritta per i singoli cartelli.

La verniciatura di traverse, staffe, attacchi e bulloni dovrà essere eseguita come per i sostegni:

La zincatura delle traverse dovrà essere conforme alle norme C.E.I. 7 - fascicolo 239 (1968) sul controllo della zincatura;

- *Congiunzioni diverse pannelli costituenti i cartelli di grandi dimensioni.*



Qualora i segnali siano costituiti da due o più pannelli, congiunti, questi devono essere perfettamente accostati mediante angolari anticorodal da 20 x 20 mm, spessore 3 mm, opportunamente forati e muniti di un numero di bulloncini in acciaio inox da 1/4 x 15 sufficienti ad ottenere un perfetto assestamento dei lembi dei pannelli.

- *Trattamento lamiera (preparazione del grezzo e verniciatura).*

La lamiera di ferro dovrà essere prima decapata e quindi fosfotizzata mediante procedimento di bondrizzazione al fine di ottenere sulle superfici della lamiera stessa uno strato di cristalli salini protettivi ancorati per la successiva verniciatura.

La lamiera di alluminio dovrà essere resa anche mediante carteggiatura, sgrassamento a fondo e quindi sottoposta a procedimento di fosfocromatizzazione e ad analogo procedimento di pari affidabilità su tutte le superfici.

Il grezzo dopo aver subito i suddetti processi di preparazione, dovrà essere verniciato a fuoco con opportuni prodotti, secondo il tipo di metallo.

La cottura della vernice sarà eseguita a forno e dovrà raggiungere una temperatura di 140 gradi.

Il resto e la scatolatura dei cartelli verrà rifinito in colore grigio neutro con speciale smalto sintetico.

#### *35.1.10 Attacchi*

Per evitare forature, tutti i segnali dovranno essere muniti di attacchi standard (per l'adattamento ai sostegni in ferro tubolare diametro 48-60-90 mm), ottenuti mediante fissaggio elettrico sul retro di corsoio a "C", della lunghezza minima di 22 cm, oppure ricavati (nel caso di cartelli rinforzati e composti di pannelli multipli) direttamente sulle traverse di rinforzo ad U.

Tali attacchi dovranno essere completati da opportune staffe in acciaio zincato corredate di relativa bulloneria anch'essa zincata.

#### *35.1.11 Sostegni*

I sostegni per i segnali verticali, portali esclusi, saranno in ferro tubolare di diametro 60-90 mm chiusi alla sommità e, previo decapaggio del grezzo, dovranno essere zincati conformemente alle norme UNI 5101 e ASTM 123, ed eventualmente verniciati con doppia mano di idonea vernice sintetica opaca in tinta neutra della gradazione prescritta dalla direzione dei lavori.

Detti sostegni comprese le staffe di ancoraggio del palo di basamento, dovranno pesare rispettivamente per i due diametri sopra citati non meno di 4,2 e 8,00 kg/m.

#### *35.1.12 Sostegni a portale*

I sostegni a portale del tipo a bandiera, a farfalla e a cavalletto saranno realizzati in lamiera di acciaio zincato a caldo, con ritti a sezione variabile a perimetro costante, di dimensioni calcolate secondo l'impiego e la superficie di targhe da installare.

La traversa sarà costituita da tubolare a sezione rettangolare o quadra e collegata mediante piastra di idonea misura.

I portali saranno ancorati al terreno mediante piastra di base fissata al ritto, da bloccare alla contropiastra in acciaio ad appositi tirafondi annegati nella fondazione in calcestruzzo.

L'altezza minima del piano viabile al bordo inferiore delle targhe è di 550 cm. La bulloneria sarà in acciaio 8.8 con trattamenti Draconet 320.

#### *35.1.13 Fondazioni e posa in opera*

La posa della segnaletica verticale dovrà essere eseguita installando sostegni su apposito basamento delle dimensioni minime di 30 x 30 x 50 cm di altezza in conglomerato cementizio dosato a quintali 2,5 di cemento tipo 325 per metro cubo di miscela intera granulometricamente corretta.



Il basamento dovrà essere opportunamente aumentato per i cartelli di maggiori dimensioni. L'impresa dovrà curare in modo particolare la sigillatura dei montanti nei rispettivi basamenti prendendo tutte le opportune precauzioni atte ad evitare collegamenti non rigidi, non allineati e pali non perfettamente a piombo.

## **35.2 SEGNALETICA COMPLEMENTARE**

### *35.2.1 Delineatori stradali*

#### *35.2.1.1 Generalità*

I segnalimiti o delineatori stradali debbono avere i requisiti stabiliti nell'art. 172 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992.

Tali dispositivi rifrangenti dovranno essere conformi alle norme vigenti.

I segnalimiti devono, inoltre, portare impresso in vicinanza del dispositivo rifrangente, l'anno di fabbricazione ed il marchio di fabbrica o il nominativo della ditta.

Nel caso in cui sia compresa nell'appalto anche la posa in opera, i segnalimiti devono essere distanziati, secondo quanto indicato al richiamato art. 172 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992.

I segnalimiti devono inoltre rispondere ai seguenti requisiti:

- manutenzione facile;
- trasporto agevole;
- resistenza agli agenti atmosferici;
- non rappresentare un pericolo per gli utenti della strada.

Per quanto riguarda i dispositivi rifrangenti, si precisa che essi devono soddisfare ai seguenti requisiti:

- caratteristiche ottiche stabili nel tempo;
- colore definito da norme unificate sulla base di coordinate tricromatiche;
- fissaggio stabile dell'inserito al supporto.

#### *35.2.1.2 Forma - Dimensioni - Colori*

Indipendentemente dalla natura del materiale con cui sono prodotti, i segnalimiti da collocare ai margini delle strade statali ed autostrade dovranno essere conformi alle disposizioni di cui all'artt. 172 e 173 del regolamento approvato con

D.P.R. n. 495/1992.

Nel caso in cui il delineatore debba essere posto in opera, la sommità del medesimo dovrà risultare a 70 cm al di sopra della quota della banchina stradale.

Allo scopo di realizzare la flessibilità del delineatore, potranno essere adottati, nella sezione orizzontale, in corrispondenza del piano della banchina, accorgimenti particolari, consistenti o nella creazione di sezioni di minore resistenza, ovvero nell'inserimento di particolari materiali nel corpo del delineatore.

In attesa della pubblicazione del progetto di normativa europea pr EN 12899-3 si applicano i requisiti che seguono.

Per i segnalimiti prodotti con materiali di natura plastica, si prescrive che le pareti del manufatto abbiano in ogni punto spessore inferiore a 2 mm, che il segnalimite sia costituito da polimero della migliore qualità e precisamente da polietilene ad alta intensità, di colore bianco, con un tenore di biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>) almeno del 2%.

I parametri caratteristici del polimero (polietilene ad alta densità), dovranno presentare valori compresi nei limiti seguenti:

- Indice di fluidità (Melt Index): dovrà essere compreso tra 0,2 + 0,4;



- Densità: 0,95;
- Carico di rottura (prima e dopo l'esposizione continua all'azione dei raggi ultravioletti in un apparecchio "weather o meter" secondo le norme ASTM 4527 e D 1499 - 59T):

prima: 220 kg./cm<sup>2</sup>.

dopo : deve raggiungere almeno l'85% del valore iniziale;

- Allungamento a rottura (prima e dopo l'esposizione continua all'azione dei raggi ultravioletti come sopra): prima: 35%

dopo : deve raggiungere almeno l'85% del valore della lunghezza iniziale;

- Resistenza all'urto del polimero pigmentato:

prima dell'esposizione ai raggi ultravioletti, la resistenza dell'urto, secondo le norme ISO - ASTM 256-56T deve raggiungere un minimo di 9 kg./cm<sup>2</sup>; dopo l'irradiazione, la resistenza deve raggiungere almeno l'80% del valore ottenuto prima dell'esposizione.

I dispositivi riflettenti impiegati nei segnalimiti, dovranno essere prodotti con metacrilato di metile o analoghi materiali ed aventi le caratteristiche indicate dall'art.172 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992.

### *35.2.1.3 Prove ed accertamenti*

#### *35.2.1.3.1 Resistenza alla flessione*

La prova consisterà nel sottoporre il segnalimite, tenuto incastrato in corrispondenza della sezione posta a 70 cm dalla sommità, in una flessione del piano verticale di simmetria (normale dell'asse stradale), fino ad ottenere una deviazione di 45 gradi rispetto alla posizione normale, mantenendo per 5' tale deviazione.

La temperatura di prova non dovrà essere superiore ai 25° C.

Il risultato della prova sarà considerato favorevole se, eliminato il carico che ha provocato la flessione, il segnalimite assumerà la sua posizione originaria senza alcuna traccia di deformazione residua.

Saranno considerati accettabili i segnalimiti che, assoggettati alla prova meccanica di cui al presente paragrafo, alla temperatura di 5° ± 1° presenteranno una deviazione residua non superiore a 7°.

#### *35.2.1.3.2 Resistenza agli agenti chimici (A.S.T.M. D.543)*

La prova sarà effettuata secondo la procedura descritta nella norma A.S.T.M. D.543. Le soluzioni aggressive impiegate per l'esecuzione della prova sono:

- cloruro di sodio al 20%;
- cloruro di calcio al 20%;
- idrossido di ammonio al 10%;
- acido cloridrico al 10%;
- acido solforico al 10%;
- olio minerale;
- benzina.

#### *35.2.1.3.3 Caratteristiche meccaniche e fisiche del materiale impiegato*

Le caratteristiche meccaniche e fisiche del materiale impiegato sono le seguenti:

- titolo del pigmento TiO<sub>2</sub>;
- indice di fluidità del polimero pigmentato;
- densità del polimero pigmentato;
- carico di rotture del polimero pigmentato;
- allungamento a rottura del polimero pigmentato;



- resistenza all'urto del polimero pigmentato.

#### *35.2.1.3.4 Caratteristiche dei dispositivi riflettenti*

Il catadiottero immerso per cinque minuti in acqua calda a +80° e immediatamente dopo, per altri cinque minuti, in acqua fredda a +10°, dovrà risultare integro, a perfetta tenuta stagna da controllare mediante pesature di precisione.

#### *35.2.1.3.5 Fissaggio*

I catadiotteri devono essere fissati al delineatore con dispositivi e mezzi idonei ad impedirne l'asportazione.

#### *35.2.1.3.6 Omologazione*

I catadiotteri impiegati dovranno essere omologati e presentare impresso il relativo numero di omologazione in conformità all'art. 192 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992.

### *35.2.2 Coni h = 32,7 cm.*

#### *35.2.2.1 Generalità*

I coni flessibili devono essere usati secondo le disposizioni previste per l'art. 34 del regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada.

Coerentemente con quanto previsto all'art. 79 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992, i coni devono essere visibili di giorno come di notte.

A tale scopo essi devono essere riflettorizzati con fasce di colore bianco (oppure completamente riflettorizzati con fasce alterne bianche e rosse). La pellicola rifrangente deve essere esclusivamente di classe 2.

I coni sono realizzati in gomma di buona qualità e devono avere il corpo di colore rosso. Sulla base di ogni cono è chiaramente impresso in maniera indelebile il nome del costruttore.

#### *35.2.2.2 Forma*

L'altezza dei coni deve essere di norma di 32,7 +/- 2 cm con la stessa configurazione riportata alla figura Il 396 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992 (preferibile base poligonale).

Devono avere una forma idonea tale da garantire, se impilati, di incastrarsi l'uno con l'altro senza danneggiare il materiale retroriflettente.

I coni devono avere un'adeguata base di appoggio per garantire la necessaria stabilità durante le normali condizioni d'uso.

#### *35.2.2.3 Peso*

Il peso dei coni, comprensivi della base, deve essere superiore a 3,0 kg.

#### *35.2.2.4 Caratteristiche colorimetriche corpo del cono superficie non retroriflettente*

Quando sottoposto a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n.51.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato D65, geometria 45/0, il colore rosso del corpo deve essere conforme alla tabella 56.4.



COLORE	1	2	3	4	FATTORE
	X   Y	X   Y	X   Y	X   Y	LUMIN.B
ROSSO	0,690	0,310	0,575	0,316	0,521

#### 35.2.2.4.1 Superfici retroriflettenti

Quando sottoposti a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n.15.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato D65, geometria 45/0, i colori delle pellicole retroriflettenti, bianco oppure rosso serigrafato, devono essere conformi ai valori previsti nella tabella 1 del D.M. 31 marzo 1995.

#### 35.2.2.4.2 Caratteristiche fotometriche

Secondo quanto previsto all'art.36 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992, le fasce di colore bianco (oppure il materiale retroriflettente a fasce alterne bianche e rosse) devono avere un coefficiente areico di intensità luminosa  $R'$  iniziale non inferiore ai valori minimi prescritti per i vari angoli di divergenza e di illuminazione nella tabella III del D.M. 31 marzo 1995.

Le misure sono eseguite in conformità alle procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n.54 (1982), utilizzando l'illuminante normalizzato A.

#### 35.2.2.4.3 Caratteristiche comportamentali del materiale retroriflettente

Il materiale retroriflettente che costituisce le fasce di colore bianco (oppure le fasce alternate bianche e rosse) supera le prove di resistenza previste ai paragrafi 4.4, 4.5, 4.6, 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 del disciplinare tecnico del Ministero dei lavori pubblici pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

L'adesione del materiale retroriflettente alla superficie del cono deve essere adeguatamente dimostrata. In particolare, dopo aver praticato un taglio verticale per tutta l'altezza della pellicola, quest'ultima non deve subire un distacco dalla base del cono superiore a 1 mm.

#### 35.2.2.4.4 Caratteristiche comportamentali del cono finito

I coni flessibili devono essere stabili, resistenti alle cadute, resistenti agli impatti a basse temperature.

In attesa di prove specifiche definite, valgono le prove descritte ai paragrafi 7.4, 7.5, 7.6 del progetto di norma europea "Attrezzature stradali - Segnali stradali portatili - coni e cilindri", riferimento pr EN 13422 ottobre 1998.

In particolare sono richiesti i seguenti requisiti:

a) **stabilità** (rif. 7.4 del progetto di norma): dopo aver applicato una forza orizzontale pari a 6 N, il cono non deve subire alcun ribaltamento.

b) **resistenza all'impatto a basse temperature** (rif. 7.5 del progetto di norma): raffreddato ad una temperatura di  $-25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e colpito da una sfera di  $0,9 \pm 0,045 \text{ kg.}$ , il cono non deve subire alcun danneggiamento tipo fessurazioni della gomma e della pellicola. Dopo la prova il cono deve ritornare nella sua forma originale.

c) **resistenza alla caduta** (rif. 6.7 del progetto di norma): il cono, raffreddato a  $-18^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e lasciato cadere liberamente da un'altezza di  $1.500 \pm 50 \text{ mm.}$ , non deve subire alcuna rottura o deformazione permanente sia nel cono che negli inserti retroriflettenti.

L'impresa, ai sensi del D.Lgs. n. 358/1992 e del D.P.R. n. 576/1994, deve presentare all'amministrazione tutta la certificazione inerente al superamento dei requisiti sopra elencati.



### 35.2.3 Coni $h = 50$ cm.

#### 35.2.3.1 Generalità

I coni flessibili devono essere usati secondo le disposizioni previste per l'art. 34 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992.

Coerentemente con quanto previsto all'art. 79 dello stesso regolamento, i coni devono essere visibili di giorno come di notte.

A tale scopo essi devono essere riflettorizzati con fasce di colore bianco oppure completamente riflettorizzati con fasce alterne bianche e rosse.

I coni dovranno essere realizzati in gomma di buona qualità e dovranno avere il corpo di colore rosso. Sulla base di ogni cono sarà chiaramente impresso in maniera indelebile il nome del costruttore ed il relativo numero di autorizzazione alla costruzione dei segnali rilasciato dal Ministero dei lavori pubblici.

#### 35.2.3.2 Forma

L'altezza dei coni dovrà essere di norma di  $50 \pm 2$  cm. con la stessa configurazione riportata alla figura II 396 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992 (preferibile base poligonale).

Dovranno avere una forma idonea tale da garantire, se impilati, di incastrarsi l'uno con l'altro senza danneggiare il materiale retroriflettente.

I coni devono avere un'adeguata base di appoggio per garantire la necessaria stabilità durante le normali condizioni d'uso.

#### 35.2.3.3 Peso

Il peso dei coni, comprensivi della base, dovrà essere superiore a 2,0 kg.

Per condizioni d'uso particolari dovrà essere previsto un peso totale superiore a 3,0 kg.

#### 35.2.3.4 Caratteristiche colorimetriche corpo del cono superficie non riflettente

Quando sottoposto a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n. 51.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato D65, geometria 45/0, il colore rosso del corpo dovrà essere conforme alla tabella 56.4.

#### 35.2.3.5 Superfici retroriflettenti

Quando sottoposti a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n.15.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato D65, geometria 45/0, i colori delle pellicole retroriflettenti, bianco oppure rosso serigrafato, dovranno essere conformi ai valori previsti nella tabella 56.4 del disciplinare tecnico del Ministero dei LL.PP. pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

#### 35.2.3.6 Caratteristiche fotometriche

Secondo quanto previsto all'art.36 del regolamento, le fasce di colore bianco (oppure il materiale retroriflettente a fasce alterne bianche e rosse) dovranno avere un coefficiente areico di intensità luminosa  $R'$  iniziale non inferiore ai valori minimi prescritti per i vari angoli di divergenza e di illuminazione nella tabella III del disciplinare tecnico del Ministero dei LL.PP. pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.



Le misure saranno eseguite in conformità alle procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n. 54 (1982), utilizzando l'illuminante normalizzato A.

#### 35.2.3.7 *Caratteristiche comportamentali del materiale retroriflettente*

Il materiale retroriflettente che costituisce le fasce di colore bianco (oppure le fasce alternate bianche e rosse) dovrà superare le prove di resistenza previste ai paragrafi 4.4, 4.5, 4.6, 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 del disciplinare tecnico del Ministero dei lavori pubblici pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

L'adesione del materiale retroriflettente alla superficie del cono dovrà essere adeguatamente dimostrata. In particolare, dopo aver praticato un taglio verticale per tutta l'altezza della pellicola, quest'ultima non dovrà subire un distacco dalla base del cono superiore a 1 mm.

#### 35.2.3.8 *Caratteristiche comportamentali del cono finito*

I coni flessibili dovranno essere stabili, resistenti alle cadute, resistenti agli impatti a basse temperature.

In attesa di prove specifiche definite, valgono le prove descritte ai paragrafi 7.4, 7.5, 7.6 del progetto di norma europea "Attrezzature stradali - Segnali stradali portatili - coni e cilindri", riferimento pr EN 13422 ottobre 1998.

In particolare sono richiesti i seguenti requisiti:

- stabilità (rif. 7.4 del progetto di norma): dopo aver applicato una forza orizzontale pari a 6 N, il cono non dovrà subire alcun ribaltamento.
- resistenza all'impatto a basse temperature (rif. 7.5 del progetto di norma): raffreddato ad una temperatura di  $-25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e colpito da una sfera di  $0,9 \pm 0,045 \text{ kg}$ , il cono non dovrà subire alcun danneggiamento tipo fessurazioni della gomma e della pellicola. Dopo la prova il cono dovrà ritornare nella sua forma originale.
- resistenza alla caduta (rif. 6.7 del progetto di norma): il cono, raffreddato a  $-18^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e lasciato cadere liberamente da un'altezza di  $1.500 \pm 50 \text{ mm}$ , non deve subire alcuna rottura o deformazione permanente sia nel cono che negli inserti retroriflettenti.

L'impresa, ai sensi del D.Lgs. n. 358/1992 e del D.P.R. n. 576/1994, deve presentare all'amministrazione, tutta la certificazione inerente il superamento dei requisiti sopra elencati.

### 35.2.4 *Occhi di gatto*

#### 35.2.4.1 *Generalità*

Dispositivi retroriflettenti integrativi dei segnali orizzontali in policarbonato o speciali resine dotati di corpo e parte rifrangente dello stesso colore della segnaletica orizzontale di cui costituiscono rafforzamento.

Ai sensi dell'art. 153 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992, i dispositivi retroriflettenti integrativi quali gli occhi di gatto devono essere approvati dal Ministero dei lavori Pubblici.

Copia di tale approvazione, unitamente agli altri certificati richiesti, dovrà essere presentata dall'impresa concorrente. Dimensioni del corpo: come previste dall' art. 153 del regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992.

Il suddetto dispositivo dovrà essere fissato al fondo stradale con idoneo adesivo secondo le prescrizioni della ditta produttrice.

#### 35.2.4.2 *Caratteristiche tecniche*

Le caratteristiche tecniche dei dispositivi denominati "occhi di gatto" dovranno rispondere alla norma europea EN 1463- 1; in particolare:





- a) **per uso permanente (EN1463-1)**
  - classificazione: tipo 3A
  - proprietà fotometriche: classe PRP1, i valori fotometrici non dovranno essere inferiori a quelli previsti nella tabella 4 (tipo 3) per il colore bianco;
  - colore: classe NCR1, i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tabella 9.
- b) **per uso temporaneo (EN1463-1)**
  - classificazione: tipo 3°
  - proprietà fotometriche: classe PRT1, i valori fotometrici non dovranno essere inferiori a quelli previsti nella tabella 6 (tipo 3) per il colore giallo e non inferiori a quelli previsti nella tabella 5 per gli altri colorati
  - colore:
    - a) colore dell'inserto rifrangente => classe NCR1 e i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tabella 9;
    - b) colore del corpo => classe DCR1 e i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tabella 10.

Oltre ai certificati relativi alle proprietà fotometriche e al colore, comprovanti la rispondenza ai valori previsti nella norma EN1463-1, l'impresa deve presentare:

- omologazione del Ministero competente per i tipi rispondenti alla classificazione sopra descritta;
- certificato relativo alle prove di impatto;
- certificato relativo alle prove di penetrazione dell'acqua;
- certificato relativo alla resistenza alla temperatura;
- certificato relativo alla resistenza alla compressione.

#### *35.2.5 Dispositivo per la riflettorizzazione degli alberi*

##### *35.2.5.1 Generalità*

Il dispositivo in oggetto consente di riflettorizzare l'ingombro degli alberi presenti a bordo strada in maniera permanente.

Per le strade a doppio senso di marcia, l'eventuale applicazione bifacciale del dispositivo riflettente deve prevedere i colori ROSSO e BIANCO, ovvero GIALLO sulle strade con senso unico di marcia.

Il sistema di fissaggio al fusto, realizzato esclusivamente tramite cinghie elastiche adattabili a misura, permetterà una totale compatibilità ambientale non interferendo con la crescita della pianta ovvero arrecando alcun tipo di danneggiamento.

Il dispositivo combina differenti mescole di gomma per assicurare la conformabilità del dispositivo e la elasticità necessaria al sistema di fissaggio.

Il supporto di forma rettangolare sarà dotato di fori in corrispondenza degli spigoli.

Il bloccaggio della cinghia elastica sarà garantito da apposite fascette in materiale plastico.

##### *35.2.5.2 Caratteristiche tecniche e dimensionali dei componenti*

Il supporto, con dimensioni 200 x 250 mm, dovrà essere realizzato in gomma naturale di spessore 3 mm. Con durezza minima pari a 70 shore.

La cinghia elastica in gomma dovrà avere un diametro di 6 mm, dovrà essere realizzata in gomma a struttura cellulare chiusa, che dovrà resistere a temperature da -30 gradi C a +85 gradi C con accorciamento/allungamento lineare inferiore al 5% dopo 22 ore ad una temperatura di 70 gradi.

Le fascette per il bloccaggio dovranno essere di tipo per esterno.

L'inserto rifrangente montato sul supporto in gomma, di dimensioni 148 x 198 mm. sarà in classe 2 di cui al punto 3.2a (pellicole sperimentali).

La suddetta pellicola retroriflettente, oltre a rispondere alle specifiche riportate nel capitolato tecnico,



dovrà avere una resistenza all'abrasione ASTM 4060-84 con mole abrasiva e carico applicato di 500 g.  $\leq 3,2$  mg ed una resistenza ad imbutitura dinamica (urto) ASTM D 2794 - 93  $\geq 85$  kg/cm.

### **35.3 SEGNALETICA ORIZZONTALE IN VERNICE**

#### *35.3.1 Generalità*

La segnaletica orizzontale in vernice sarà eseguita con apposita attrezzatura traccialinee a spruzzo semovente.

I bordi delle strisce, linee arresto, zebraure scritte, ecc., dovranno risultare nitidi e la superficie verniciata uniformemente coperta.

Le strisce orizzontali dovranno risultare perfettamente allineate con l'asse della strada.

#### *35.3.2 Prove ed accertamenti*

Le vernici che saranno adoperate per l'esecuzione della segnaletica orizzontale dovranno essere accompagnate da una dichiarazione delle caratteristiche, dalla quale dovranno risultare peso per litro a 25° C, il tempo di essiccazione, la viscosità, la percentuale di pigmento, la percentuale di non volatile, il peso di cromato di piombo o del biossido di titanio, il tipo di solvente da usarsi per diluire, la quantità raccomandata per l'applicazione della pittura e ogni altro requisito tecnico descritto nei precedenti articoli.

I contenitori prescelti per la prova dovranno risultare ermeticamente chiusi e dovranno essere etichettati con i dati necessari a identificare univocamente il campione.

Sull'etichetta si dovranno annotare i seguenti dati.

- descrizione;
- ditta produttrice;
- data di fabbricazione;
- numerosità e caratteristiche della partita;
- contrassegno;
- luogo del prelievo;
- data del prelievo;
- firme degli incaricati.

Per le varie caratteristiche sono ammesse le seguenti tolleranze massime, superate le quali verrà rifiutata la vernice:

- viscosità: un intervallo di 5 unità Krebs rispetto al valore dichiarato dal venditore nella dichiarazione delle caratteristiche.
- peso per litro: 0,03 kg in più o in meno.

Nessuna tolleranza è invece ammessa per il tempo di essiccazione, la percentuale di sfere di vetro, il residuo volatile ed il contenuto di pigmento.

#### *35.3.3 Caratteristiche delle vernici*

La vernice da impiegare dovrà essere del tipo rifrangente premiscelato e cioè contenere sfere di vetro mescolato durante il processo di fabbricazione, così che dopo l'essiccamento e la successiva esposizione delle sfere di vetro, dovute all'usura dello strato superficiale di vernice stessa sullo spartitraffico, svolga effettivamente efficiente funzione di guida nelle ore notturne agli autoveicoli, sotto l'azione della luce dei fari.



*a) Condizioni di stabilità*

Per la vernice bianca il pigmento colorato sarà costituito da biossido di titanio con o senza aggiunta di zinco, per quella gialla da cromato di piombo.

Il liquido pertanto deve essere del tipo oleo-resinoso con parte resinosa sintetica; il fornitore dovrà indicare i solventi e gli essiccanti contenuti nella vernice.

La vernice dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme, non dovrà fare crosta nè diventare gelatinosa o ispessirsi.

La vernice dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore, senza difficoltà, mediante l'uso di una spatola, a dimostrare le caratteristiche desiderate in ogni momento, entro sei mesi dalla data di consegna.

La vernice non dovrà assorbire grassi, olii ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie di nessun tipo e la sua composizione chimica dovrà essere tale che, anche durante i mesi estivi, anche se applicata su pavimentazione bituminosa, non dovrà presentare traccia di inquinamento da sostanze bituminose.

Il potere coprente della vernice deve essere compreso tra 1,2 e 1,5 m<sup>2</sup>/kg. (ASTM D 1738); ed il peso suo specifico non dovrà essere inferiore a 1,50 kg per litro a 25° C (ASTM D 1473).

*b) Caratteristiche delle sfere di vetro*

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità e di bolle d'aria e, almeno per il 90% del peso totale dovranno avere forma sferica con esclusione di elementi ovali, e non dovranno essere saldate insieme.

L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore ad 1,50 determinato secondo il metodo indicato nella norma UNI 9394- 89.

Le sfere non dovranno subire alcuna alterazione all'azione di soluzioni acide saponate a pH 5-5,3 e di soluzione normale di cloruro di calcio e di sodio.

La percentuale in peso delle sfere contenute in ogni chilogrammo di vernice prescelta dovrà essere compresa tra il 30 ed il 40%.

Le sfere di vetro (premiscelato) dovranno soddisfare complessivamente alle seguenti caratteristiche granulometriche:

- setaccio A.S.T.M. % in peso
- perline passanti per il setaccio n.70 : 100%
- perline passanti per il setaccio n.140 : 15-55%
- perline passanti per il setaccio n.230 : 0-10%

*c) Idoneità di applicazione*

La vernice dovrà essere adatta per essere applicata sulla pavimentazione stradale con le normali macchine spruzzatrici e dovrà produrre una linea consistente e piena della larghezza richiesta.

Potrà essere consentita l'aggiunta di piccole quantità di diluente fino al massimo del 4% in peso.

*d) Quantità di vernice da impiegare e tempo di essiccamento*

La quantità di vernice, applicata a mezzo delle normali macchine spruzzatrici sulla superficie di una pavimentazione bituminosa, in condizioni normali, dovrà essere non inferiore a chilogrammi 0,100 kg/ml di striscia larga 12 cm e di 1,00 kg per superfici variabili di 1,3 m<sup>2</sup> e 1,4 m<sup>2</sup>.

In conseguenza della diversa regolarità della pavimentazione ed alla temperatura dell'aria tra i 15° C e 40° C e umidità relativa non superiore al 70%, la vernice applicata dovrà asciugarsi sufficientemente entro 30-40 minuti dell'applicazione; trascorso tale periodo di tempo le vernici non dovranno staccarsi, deformarsi o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Il tempo di essiccamento sarà anche controllato in laboratorio secondo le norme A.S.T.M. D/711-35.

*e) Viscosità*



La vernice nello stato in cui viene applicata, dovrà avere una consistenza tale da poter essere agevolmente spruzzata con la macchina traccialinee; tale consistenza, misurata allo storrer viscosimetrico a 25° C espressa in umidità Krebs sarà compresa tra 70 e 90 (A.S.T.M. D 562).

*f) Colore*

La vernice dovrà essere conforme al bianco o al giallo richiesto.

La determinazione del colore sarà fatta in laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 24 ore. La vernice non dovrà contenere alcuno elemento colorante organico e non dovrà scolorire al sole.

Quella bianca dovrà possedere un fattore di riflessione pari almeno al 75% relativo all'ossido di magnesio, accertata mediante opportuna attrezzatura.

Il colore dovrà conservare nel tempo, dopo l'applicazione, l'accertamento di tali conservazioni che potrà essere richiesto dalla stazione appaltante in qualunque tempo prima del collaudo e che potrà determinarsi con opportuni metodi di laboratorio.

*g) Veicolo*

Il residuo non volatile sarà compreso tra il 65% ed il 75% in peso sia per la vernice bianca che per quella gialla.

*h) Contenuto di pigmenti*

La pittura dovrà contenere pigmenti inorganici che abbiano una ottima stabilità all'azione dei raggi UV, una elevata resistenza agli agenti atmosferici e una limitata propensione all'assorbimento e alla ritenzione dello sporco.

I pigmenti contenuti nella pittura dovranno essere compresi tra il 35 ed il 45 % in peso (FTMS 141a-4021.1).

*i) Contenuto di pigmenti nobili*

Il contenuto di biossido di titanio (pittura bianca) non dovrà essere inferiore al 14% in peso e quello cromato di piombo (vernice gialla) non inferiore al 12% in peso.

*l) Resistenza ai lubrificanti e carburanti*

La pittura dovrà resistere all'azione lubrificante e carburante di ogni tipo e risultare insolubile ed inattaccabile alla loro azione.

*m) Prova di rugosità su strada*

Le prove di rugosità potranno essere eseguite su strade nuove in un periodo tra il 10° ed il 30° giorno dalla apertura del traffico stradale.

Le misure saranno effettuate con apparecchio Skid Tester ed il coefficiente ottenuto secondo le modalità d'uso previste dal R.D.L. inglese, non dovrà abbassarsi al di sotto del 75% di quello che presenta pavimentazioni non verniciate nelle immediate vicinanze della zona ricoperta con pitture; in ogni caso il valore assoluto non dovrà essere minore di 45.

## **35.4 SEGNALETICA ORIZZONTALE IN TERMOSPRUZZATO PLASTICO (SPRAY PLASTIC)**

### **35.4.1 Generalità**

L'impresa deve fornire un certificato, emesso dal produttore, con il nome ed il tipo del materiale da adoperare, la composizione chimica ed altri elementi che possono essere richiesti dalla direzione dei lavori.

La direzione dei lavori deve prelevare campioni di spruzzato termoplastico, prima e dopo la stesura,



per farli sottoporre alle prove che riterrà opportune, presso laboratori ufficiali, onde controllare le caratteristiche in precedenza indicate e richieste; le spese relative saranno a carico dell'impresa realizzatrice.

#### 35.4.2 Composizione del materiale

Lo spruzzato termoplastico è costituito da una miscela di aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti coloranti e sostanze inerti, legate insieme con resine sintetiche termoplastiche, plastificate con olio minerale.

La composizione del materiale, incluse le microsfere sovraspruzzate, è - in peso - all'incirca la seguente:

aggregati	40%
microsfere di vetro	20%
pigmenti e sostanze inerti	20%
legante (resine e olio)	20%

La proporzione dei vari ingredienti è tale che il prodotto finale, quando viene liquefatto, può essere spruzzato facilmente sulla superficie stradale realizzando una striscia uniforme di buona nitidezza.

Gli aggregati sono costituiti da sabbia bianca silicea, calcite frantumata, silice calcinata, quarzo ed altri aggregati chiari ritenuti idonei.

Le microsfere di vetro devono avere buona trasparenza - per almeno l'80% - ed essere regolari e prive di incrinature; il loro diametro deve essere compreso tra 0,2 mm e 0,8 mm (non più del 10% deve superare il setaccio di 420 micron).

Il pigmento colorante è costituito da biossido di titanio (color bianco) oppure da cromato di piombo (color giallo); il primo deve essere in percentuale non inferiore al 10% in peso rispetto al totale della miscela, mentre il secondo deve essere in percentuale non inferiore al 5% e deve possedere una sufficiente stabilità di colore quando viene riscaldato a 200° C.

La sostanza inerte è costituita da carbonato di calcio ricavato dal gesso naturale.

Il contenuto totale dei pigmenti e della sostanza inerte deve essere compreso tra il 18% ed il 22% in peso rispetto al totale della miscela.

Il legante, costituito da resine sintetiche da idrocarburi, plastificate con olio minerale, non deve contenere più del 5% di sostanze acide.

Le resine impiegate dovranno essere di colore chiaro e non devono scurirsi eccessivamente se riscaldate per 16 ore alla temperatura di 150° C.

L'olio minerale usato come plastificante deve essere chiaro e con una viscosità di 0,5 + 35 poise a 25° C e non deve scurirsi eccessivamente se riscaldato per 16 ore alla temperatura di 150° C.

Il contenuto totale del legante deve essere compreso tra il 18% ed il 22% in peso rispetto al totale della miscela. L'insieme degli aggregati, dei pigmenti e delle sostanze inerti, deve avere il seguente fuso granulometrico (analisi al setaccio):

Percentuale del passante in peso e quantità del prodotto impiegato

	min.	max
setaccio 3.200 micron	100	-
setaccio 1.200 micron	85	95
setaccio 300 micron	40	65
setaccio 75 micron	25	35

Il peso specifico dello spruzzato termoplastico a 20° C deve essere circa 2,0 g/cm<sup>3</sup>.

Lo spessore della pellicola di spruzzato termoplastico deve essere di norma di 1,5 mm, con il



corrispondente impiego di circa 3.500 g/m<sup>2</sup> di prodotto.

La percentuale in peso delle microsfere di vetro rispetto allo spruzzato termoplastico non deve essere inferiore al 12%, cioè a circa 400 g/m<sup>2</sup>.

In aggiunta a quanto sopra, in fase di stesura dello spruzzato termoplastico, sarà effettuata un'operazione supplementare di perlatura a spruzzo sulla superficie della striscia ancora calda, in ragione di circa g/mq 300 di microsfere di vetro.

Il risultato del suddetto impiego di microsfere di vetro dovrà essere tale da garantire che il coefficiente di luminosità abbia un valore non inferiore a 75.

Caratteristiche chimico-fisiche dello spruzzato:

- a) punto di infiammabilità: superiore a 230° C;
- b) punto di rammollimento o di rinvenimento: superiore a 80° C;
- c) Peso specifico: a 20 gradi circa 2,0 g/cm<sup>3</sup>;
- d) antisdrucciolevolezza: (secondo le prove di aderenza con apparecchio SRT dell'ente federale della circolazione stradale tedesca) valore minimo 50 unità SRT;
- e) resistenza alle escursioni termiche: da sotto 0° a + 80° C;
- f) resistenza della adesività: con qualsiasi condizione meteorologica (temperatura – 25° C + 70° C), sotto l'influenza dei gas di scarico ed alla combinazione dei sali con acqua - concentrazione fino al 5% - sotto l'azione di carichi su ruota fino ad otto tonnellate;
- g) tempo di essiccazione: (secondo le norme americane ASTM D711-55 punto 2.4) valore massimo 10";
- h) resistenza alla corrosione: il materiale deve rimanere inalterato se viene immerso in una soluzione di cloruro di calcio, a forte concentrazione, per un periodo di 4 settimane;
- i) visibilità notturna: (secondo il metodo di prova delle norme inglesi "Road Markings, Traffic Signs and Signals - Art. 16.01 - Traffic Paint and Road Markings" - punto 1 e 11/d) il valore minimo del coefficiente deve essere 75; il coefficiente è uguale a 100 per il carbonato di magnesio in blocco;
- l) resistenza all'usura: (secondo il metodo di prova delle norme inglesi suddette - punto 11/a) la perdita di peso del campione dopo 200 giri delle ruote non deve eccedere 0,5 g;
- m) resistenza alla pressione ad alta temperatura: (secondo il metodo di prova delle norme inglesi suddette – punto 11/b) dopo un'ora il peso di 100 g, dal diametro di 24 mm, non deve essere penetrato nel campione, ma aver lasciato soltanto una leggera impronta;
- n) resistenza all'urto a bassa temperatura: (secondo il metodo di prova delle Norme inglesi suddette – punto 11/c) dopo la prova d'urto il campione non deve rompersi, né incrinarsi, se portato alla temperatura di –1° C.

#### 35.4.3 Sistema di applicazione

L'attrezzatura richiesta per effettuare la segnaletica orizzontale con spruzzato termoplastico è costituita da due autocarri, su uno dei quali viene effettuata la pre-fusione del materiale e sull'altro viene trasportata la macchina spruzzatrice, equipaggiata con un compressore capace di produrre un minimo di 2,00 m<sup>3</sup> di aria al minuto alla pressione di 7 kg/cm<sup>2</sup>. Un minimo di due pistole spruzzatrici per il termoplastico e due per le microsfere da sovraspruzzare devono essere disponibili ai bordi della macchina, in modo che strisce di larghezza compresa tra 10 cm e 30 cm possano essere ottenute con una passata unica e che due strisce continue parallele, oppure una continua ed una tratteggiata possano essere realizzate contemporaneamente.

Le due pistole per spruzzare il termoplastico devono essere scaldate in modo che la fuoruscita del materiale avvenga alla giusta temperatura, onde ottenere una striscia netta, diritta senza incrostazioni o macchie.

Le due pistole per le microsfere dovranno essere sincronizzate in modo tale da poter spruzzare immediatamente, sopra la striscia di termoplastico ancora calda, la quantità di microsfere di vetro indicata nel presente articolo.



La macchina spruzzatrice deve essere fornita di un selezionatore automatico che consenta la realizzazione delle strisce tratteggiate senza premarcatura ed alla normale velocità di applicazione dello spruzzato termoplastico.

Lo spruzzato termoplastico sarà applicato alla temperatura di 200°C circa sul manto stradale asciutto ed accuratamente pulito anche da vecchia segnaletica orizzontale.

Lo spessore delle strisce e delle zebraure deve essere di norma di 1,5 mm, mentre lo spessore delle frecce e delle scritte deve essere di norma di 2,5 mm.

La direzione dei lavori potrà diminuire gli spessori indicati fino ai limiti qui appresso indicati:

- per le strisce, preferibilmente per la striscia gialla di margine, fino ad un minimo di 1,2 mm;
- per le zebraure fino ad un minimo di 1,2 mm;
- per le frecce e le scritte fino ad un minimo di 2,0 mm.

### **35.5      *SEGNALETICA ORIZZONTALE PERMANENTE MATERIALI PREFORMATI RETRORIFRANGENTI***

La segnaletica orizzontale realizzata in preformato retrorifrangente dovrà attenersi alla normativa di cui all'art.40 del D.Lgs n. 1992/285 e del suo regolamento approvato con D.P.R. n. 495/1992, in particolare dall'art. 137 all'art. 155 come modificato dal D.P.R. n.610 del 16-9-1996.

Il materiale in oggetto dovrà essere costituito da un laminato elastoplastico autoadesivo con polimeri di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli ad alto potere antisdrucciolo e di microsfele in vetro "TIPO A" o in ceramica "TIPO B e C" (o equivalente) con caratteristiche in rifrazione tali da conferire al laminato stesso un alto e continuato potere retroriflettente.

Per garantire una buona stabilità del colore ed un ancoraggio ottimale delle microsfele, il prodotto dovrà essere trattato in superficie con una speciale resina.

Il laminato elastoplastico autodesivo potrà essere posto in opera ad incasso su pavimentazioni nuove, nel corso della stesura del manto bituminoso, o su pavimentazioni già esistenti mediante uno speciale "Primer", da applicare solamente sul manto d'asfalto.

Il laminato dovrà inoltre essere in grado di conformarsi perfettamente alla pavimentazione stradale attraverso l'azione del traffico, ed essere, dopo l'applicazione, immediatamente transitabile.

Il laminato potrà essere utilizzato per la realizzazione di segnalamenti orizzontali longitudinali, simboli e iscrizioni di ogni tipologia.

Il materiale dovrà rispondere inoltre ai seguenti requisiti:

#### **TIPO A (fasce di arresto, zebraure, scritte)**

- Antisdrucciolo

Il valore iniziale, con materiale bagnato, è di almeno 45 SRT (British Portable Skid Resistance Tester).

- Rifrangenza

I laminati per segnaletica orizzontale dovranno avere i seguenti valori minimi iniziali di retroriflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux).

#### **COLORE BIANCO**

- angolo di osservazione di 4,5°;
- angolo di illuminazione di 3,5°;
- retroriflettenza  $R_L$  di 300 mcd/mq x lux.

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1436, la quale prescrive per:

- angolo di osservazione di 2,29°;



- angolo di illuminazione di 1,24°.

#### **TIPO B** (strisce longitudinali)

- Antisdrucchiolo

Il valore iniziale, con materiale bagnato, è di almeno 50 SRT (British Portable Skid Resistance Tester).

- Rifrangente

I laminati per segnaletica orizzontale dovranno avere i seguenti valori minimi iniziali di retroriflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux).

#### **COLORE BIANCO**

- angolo di osservazione di 4,5°;
- angolo di illuminazione di 3,5°;
- retroriflettenza RL di 500 mcd/mq x lux.

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1436, la quale prescrive per:

- angolo di osservazione di 2,29°;
- angolo di illuminazione di 1,24°.

Per garantire una durata non inferiore a quella prevista dal presente capitolato, le microsfere dovranno essere del tipo resistente alle sollecitazioni di corrosione, graffiatura e frantumazione (tipo ceramica), e dovranno avere un indice di rifrazione superiore a 1,7.

#### **TIPO A e B**

##### **TIPO C** (strisce longitudinali, scritte e frecce autostradali)

Il materiale in oggetto dovrà essere costituito da un laminato elastoplastico autoadesivo con polimeri di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli di speciale materiale ad alto potere antisdrucchiolo e di microsfere tipo ceramica ad alto indice di rifrazione con caratteristiche tali da conferire al laminato stesso un alto potere retroriflettente.

Il prodotto dovrà presentare un'architettura con elementi in rilievo, in cui le microsfere tipo ceramica o equivalente e le particelle antiscivolo risultano immerse in una resina poliuretanica di altissima resistenza all'usura ed ad alto grado di bianco.

Il presente laminato deve essere utilizzato per la realizzazione di segnalamenti orizzontali longitudinali, simboli e iscrizioni di ogni tipologia.

Il materiale dovrà rispondere inoltre ai seguenti requisiti:

- Rifrangenza

I laminati per segnaletica orizzontale dovranno avere i seguenti valori minimi iniziali di retroriflettenza RL, espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux).

#### **COLORE BIANCO**

- angolo di osservazione di 4,5°;
- angolo di illuminazione di 3,5°;
- retroriflettenza RL di 700 mcd/mq x lux.

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1436, la quale prescrive per:

- angolo di osservazione di 2,29°;
- angolo di illuminazione di 1,24°.

La particolare configurazione del laminato e lo specifico posizionamento delle microsfere in ceramica o equivalente ad alto indice, devono consentire al prodotto stesso un'ottima visibilità notturna anche in condizione di pioggia.





Le microsfere tipo ceramica ancorate alla resina poliuretanica dovranno avere un indice di rifrazione superiore ad 1,7. Le microsfere in vetro presenti all'interno del prodotto dovranno avere un indice di rifrazione di 1,5.

- Antiscivolosità. Il valore minimo di antiscivolosità dovrà essere di almeno 55 SRT (British Portable SKid Resistance Tester).

### **35.6      *GARANZIE SUI PREFORMATI RETRORIFRANGENTI***

Ai sensi dell'art. 14 lettera E del D.Lgs n. 358/1992 così come espresso dal D.P.R. n. 573/1994 e della circolare Ministero LL.PP. 16 maggio 1997, n. 2353 per garantire le caratteristiche richieste dal presente capitolato, dovrà essere presentato:

- certificato attestante che il preformato retrorifrangente è prodotto da azienda in possesso del sistema di qualità secondo le norme UNI EN 9000 "TIPO A, B e C";
- certificato comprovante la presenza di microsfere tipo ceramica "TIPO B e C" (o equivalente);
- certificato comprovante il valore di rifrangenza "TIPO A, B e C";
- certificato comprovante il valore di antiscivolosità "TIPO A, B e C".

### **35.7      *SEGNALETICA ORIZZONTALE TEMPORANEA***

#### **35.7.1   *Materiali preformati retrorifrangenti***

Il materiale in oggetto sarà costituito da un laminato elastoplastico autoadesivo, rimovibile per utilizzo temporaneo con polimeri di alta qualità, contenente una dispersione di microgranuli di speciale materiale ad elevato potere antisdrucchiolo e di microsfere ad alto indice di rifrazione tale da conferire al laminato stesso ottime proprietà retroriflettenti.

La resina poliuretanica, presente nella parte superiore del prodotto, dovrà assicurare un perfetto e durevole ancoraggio delle microsfere e delle particelle antiscivolo.

Il laminato dovrà contenere al suo interno uno speciale tessuto reticolare in poliestere che assicura un'elevata resistenza alla spinta torsionale esercitata dai veicoli, soprattutto, una facile e perfetta rimovibilità del laminato dalla pavimentazione.

Il colore giallo sarà ottenuto utilizzando esclusivamente pigmenti organici.

Detto laminato dovrà risultare quindi sia riciclabile che distruttibile come rifiuto atossico; conforme alle normative europee sull'ambiente, considerato "prodotto non inquinante".

L'adesivo posto sul retro del preformato, dovrà permettere una facile e rapida applicazione del prodotto pur garantendone la non alterazione anche sotto elevati volumi di traffico.

Appena applicato, il laminato è immediatamente transitabile.

Il laminato oggetto della presente specifica dovrà avere i seguenti valori minimi iniziali di retroriflettenza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux):

- retroriflettenza      600 mcd/lux x mq (geometria Ecolux)
- antiscivolosità      55 SRT
- spessore      1,5 mm

I valori indicati sono del tipo Ecolux ma si potranno adottare anche i requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1436. Per il suddetto materiale dovranno essere presentati certificati di antiscivolosità, rifrangenza di cui al presente capitolato attestanti che il prodotto elastoplastico è prodotto da azienda in possesso del sistema di qualità secondo le norme UNI EN 9000.