



Città  
metropolitana  
di Milano

# Westfield

WESTFIELD MILAN S.p.a.  
C.so Giacomo Matteotti, 10  
20121 Milano

ACCORDO DI PROGRAMMA  
(APPROVATO CON D.P.G.R. DEL 22.05.2009 N.5095)  
PRIMO ATTO INTEGRATIVO  
(APPROVATO CON D.P.G.R. DEL 29.03.2010 N.3148)

POTENZIAMENTO DELLA S.P. N.103  
"ANTICA DI CASSANO"  
1° LOTTO - 2° STRALCIO  
TRATTA B

## PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO elaborato : <b>PARTE GENERALE</b> Capitolato speciale d'appalto: norme tecniche			Cod. Elaborato:  <b>A.08.02</b>
CODICE WM :  WM-ERR-TB-00-CS-C-01007			Scala:
	Redatto <b>FEDRIGO</b>	Controllato <b>VISCHIONI</b>	Approvato <b>RINALDI</b> Data: <b>Maggio 2015</b>

Revisioni	Redatto	Controllato	Approvato	DATA:
C	FEDRIGO	VISCHIONI	RINALDI	VERIFICA - DIC. 2016
D	FEDRIGO	VISCHIONI	RINALDI	GIUGNO 2017
E	LUPPI	VISCHIONI	RINALDI	OTT. 2018
F	LUPPI	VISCHIONI	RINALDI	GEN. 2019
G	LUPPI	VISCHIONI	RINALDI	APR. 2019

Progettazione :



Il Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Alberto RINALDI

Visto

WESTFIELD MILAN S.p.a.

C.so Giacomo Matteotti, 10  
20121 Milano

Visto

.....

## INDICE

<b>SEZ. 01 "QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI"</b> .....	<b>10</b>
1 CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE E CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI .....	10
2 PROVE DI CONTROLLO DEI VARI MATERIALI.....	14
<b>SEZ.02 "BONIFICA ORDIGNI BELLICI"</b> .....	<b>16</b>
1 DEFINIZIONI.....	16
2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI .....	16
2 . 1 <i>GENERALITA'</i> .....	16
2 . 2 <i>PRESCRIZIONI PRELIMINARI</i> .....	16
2 . 3 <i>PRESCRIZIONI IN CORSO D'OPERA E FINALI</i> .....	17
3 PRESCRIZIONI ESECUTIVE .....	17
4 ELIMINAZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLICI .....	19
<b>SEZ. 03 "MOVIMENTO TERRA E RINTERRI"</b> .....	<b>20</b>
1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI.....	20
2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI.....	20
2 . 1 <i>Diserbamento e scorticamento</i> .....	20
2 . 2 <i>SCAVI</i> .....	20
2 . 3 <i>Rinterrì e/o Bonifiche</i> .....	23
2 . 4 <i>RILEVATI</i> .....	24
2 . 5 <i>DUNE</i> .....	44
2 . 6 <i>Specifica di controllo qualità</i> .....	45
<b>SEZ. 04 "DEMOLIZIONI"</b> .....	<b>57</b>
1 GENERALITÀ .....	57
1 . 1 <i>Murature e fabbricati</i> .....	57
1 . 2 <i>Idrodemolizioni</i> .....	58
1 . 3 <i>Demolizione di pavimentazione o massciata stradale in conglomerato bituminoso</i> .....	58
<b>SEZ. 05 "ACCIAIO DA CARPENTERIA"</b> .....	<b>60</b>
1 GENERALITÀ .....	60
2 COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI .....	61
3 COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE .....	61
4 MONTAGGIO .....	61
5 PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO .....	62
<b>SEZ. 06 "VERNICIATURE OPERE IN ACCIAIO"</b> .....	<b>63</b>
1 GENERALITÀ .....	63
1 . 1 <i>Ciclo &lt;&lt;A&gt;&gt;</i> .....	63
1 . 2 <i>Ciclo &lt;&lt;B&gt;&gt;</i> .....	64
1 . 3 <i>Ciclo &lt;&lt;C&gt;&gt;</i> .....	65
1 . 4 <i>Preparazione del supporto</i> .....	68
1 . 5 <i>Caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche) del ciclo di verniciature anticorrosive</i> .....	68
1 . 6 <i>Prove di accettazione dei prodotti</i> .....	70
<b>SEZ. 07 "CALCESTRUZZO, ACCIAI PER C.A./C.A.P.CARPENTERIE E CASSERI"</b> .....	<b>72</b>
1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	72
2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI .....	73
2 . 1 <i>Cemento</i> .....	73
2 . 2 <i>Inerti</i> .....	73

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 2 di 390

2 . 3	<i>Acqua di impasto</i> .....	75
2 . 4	<i>Additivi e disarmanti</i> .....	75
3	<b>QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI</b> .....	75
4	<b>CONTROLLI IN CORSO D'OPERA</b> .....	76
4 . 1	<i>Granulometria degli inerti</i> .....	76
4 . 2	<i>Resistenza dei conglomerati cementizi</i> .....	77
4 . 3	<i>Controllo della lavorabilità</i> .....	78
4 . 4	<i>Controllo del rapporto acqua/cemento</i> .....	78
4 . 5	<i>Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio</i> .....	78
4 . 6	<i>Controllo del contenuto di aria</i> .....	78
4 . 7	<i>Controllo del contenuto di cemento</i> .....	78
5	<b>DURABILITÀ DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI</b> .....	79
6	<b>TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE</b> .....	79
6 . 1	<i>Confezione dei conglomerati cementizi</i> .....	79
6 . 2	<i>Trasporto</i> .....	80
6 . 3	<i>Posa in opera</i> .....	81
6 . 4	<i>Stagionatura e disarmo</i> .....	83
7	<b>MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO, NORMALE O PRECOMPRESSO</b> .....	90
8	<b>CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO, CENTINATURE E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE</b> .....	92
9	<b>ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.</b> .....	93
9 . 7	<i>Acciaio in barre ad aderenza migliorata – B450A , b450C - controllato in stabilimento</i> .....	94
9 . 8	<i>Acciaio inossidabile in barre ad aderenza migliorata</i> .....	94
9 . 9	<i>Reti in barre di acciaio elettrosaldate</i> .....	94
9 . 10	<i>Zincatura a caldo degli acciai</i> .....	94
9 . 11	<i>Acciaio per c.a.p.</i> .....	96
<b>SEZ. 08 "DIAFRAMMI E PALANCOLATI"</b> .....		<b>98</b>
1	<b>GENERALITA'</b> .....	98
1 . 1	<i>Classificazione</i> .....	98
1 . 2	<i>Normativa di riferimento</i> .....	98
2	<b>DIAFRAMMI IN CEMENTO ARMATO</b> .....	99
2 . 1	<i>Palancolati</i> .....	99
2 . 2	<i>Tolleranze geometriche</i> .....	99
2 . 3	<i>Preparazione dei piani di lavoro</i> .....	100
2 . 4	<i>Materiali</i> .....	101
2 . 5	<i>Modalità esecutive</i> .....	103
2 . 6	<i>Specifiche di controllo</i> .....	105
<b>SEZ. 09 "PALI"</b> .....		<b>110</b>
1	<b>CLASSIFICAZIONE</b> .....	110
1.1	<i>Pali di medio e grande diametro</i> .....	110
1.2	<i>MICROPALI</i> .....	110
2	<b>DEFINIZIONE</b> .....	110
2.1	<i>Pali trivellati</i> .....	110
3.	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	111
4.	<b>PREPARAZIONE DEL PIANO DI LAVORO</b> .....	111
5.	<b>PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO</b> .....	111
5.1	<i>Soggezioni geotecniche e ambientali</i> .....	111
5.1.1	<i>Pali trivellati</i> .....	111
5.1.2	<i>Pali trivellati ad elica continua</i> .....	112
5.1.3	<i>Pali trivellati TIPO TRELICON</i> .....	112
5.2	<i>Materiali</i> .....	113
5.2.1	<i>Armature metalliche</i> .....	113

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 3 di 390

5.2.2	<i>Rivestimenti metallici</i> .....	114
5.2.3	<i>Conglomerato cementizio</i> .....	114
5.2.4	<i>Fanghi bentonitici</i> .....	115
5.2.4.1	<i>Bentonite in polvere</i> .....	115
5.2.4.2	<i>Preparazione fanghi bentonitici</i> .....	116
5.2.5	<i>Fanghi biodegradabili</i> .....	116
5.2.5.1	<i>Caratteristiche e preparazione dei fanghi biodegradabili</i> .....	116
6	TIPOLOGIE ESECUTIVE.....	117
6 . 1	<i>Pali trivellati</i> .....	117
6 . 2	<i>Micropali</i> .....	121
7	PROVE DI CARICO.....	125
7 . 1	<i>Generalità</i> .....	125
7 . 2	<i>Prove sui pali di Medio e grande diametro</i> .....	125
7 . 3	<i>Prove di carico su micropali</i> .....	130
7 . 4	<i>Prove non distruttive</i> .....	131
7 . 5	<i>Scavi attorno al fusto del palo</i> .....	132
8	SPECIFICA DI CONTROLLO.....	132
8 . 1	<i>Generalità</i> .....	132
8 . 2	<i>Pali trivellati</i> .....	132
8 . 3	<i>Controllo del fango bentonitico</i> .....	133
<b>SEZ. 10</b>	<b>“PONTI – VIADOTTI - SOTTOVIA”</b> .....	<b>138</b>
1	GENERALITÀ.....	138
2	PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI.....	138
3	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI.....	139
3 . 1	<i>Ponti viadotti in conglomerato cementizio</i> .....	139
3 . 2	<i>Ponti e viadotti in ferro</i> .....	139
4	APPARECCHI D'APPOGGIO.....	141
4 . 1	<i>generalità</i> .....	141
4 . 2	<i>Principi generali</i> .....	142
4 . 3	<i>Elementi di scorrimento</i> .....	143
4 . 4	<i>Requisiti di progetto</i> .....	144
4 . 5	<i>Verifiche locali delle superfici di scorrimento</i> .....	146
4 . 6	<i>Manifattura, assemblaggio e tolleranze</i> .....	146
4 . 7	<i>Appoggi elastomerici</i> .....	148
4 . 8	<i>Appoggi a rullo</i> .....	151
4 . 9	<i>Appoggi a disco elastomerico confinato</i> .....	152
4 . 10	<i>Appoggi a contatto lineare o puntuale</i> .....	153
4 . 11	<i>Appoggi sferici e cilindrici con PTFE</i> .....	155
4 . 12	<i>Protezione</i> .....	156
4 . 13	<i>Manutenzione</i> .....	157
4 . 14	<i>Trasporto, immagazzinamento e installazione</i> .....	158
5	GIUNTI DI DILATAZIONE.....	163
6	DISPOSITIVI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAGLI IMPALCATI DELLE OPERE D'ARTE.....	164
7	SOTTOVIA.....	164
8	SPECIFICA DI CONTROLLO.....	164
8 . 1	<i>Disposizioni generali</i> .....	164
9	SPALLE, PILE, IMPALCATI.....	164
10	IMPALCATI E OPERE ACCESSORIE E COMPLEMENTARI IN ACCIAIO.....	165
11	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	165
12	CONTROLLI SUI MATERIALI.....	165
12 . 1	<i>Controlli in costruzione per impalcati</i> .....	166
13	APPARECCHI DI APPOGGIO.....	167



# CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE

PAGINA 4 di 390

---

---

1 3 . 1	Controlli sulle forniture e sui materiali.....	167
<b>SEZ. 11</b>	<b>"IMPERMEABILIZZAZIONE DI MANUFATTI IN CLS"</b> .....	<b>168</b>
1	GENERALITA' .....	168
2	MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON MEMBRANA ELASTICA CONTINUA IN MATERIALE SINTETICO EPOSSIPOLIURETANICO SPRUZZATA IN OPERA.....	169
2 . 1	PRIMER DI ADESIONE.....	170
2 . 2	MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE SINTETICA ELASTICA CONTINUA SPRUZZATA IN OPERA.....	170
2 . 3	MANO D'ATTACCO PER IL COLLEGAMENTO DELLA MEMBRANA CON LA PAVIMENTAZIONE.....	170
2 . 4	MODALITA' DI APPLICAZIONE.....	170
3	GUAINE BITUMINOSE.....	171
3 . 1	prove di accettazione .....	171
4	MEMBRANE ELASTICHE.....	173
4 . 1	prove di accettazione .....	174
5	CAPPA DI MASTICE DI ASFALTO SINTETICO PER MANUFATTI IN C.A.P.....	174
5 . 1	materiali.....	174
5 . 2	MODALITA' DI APPLICAZIONE.....	176
5 . 3	MODALITA' DI PREPARAZIONE DEL MASTICE DI ASFALTO SINTETICO .....	177
6	GUAINE BITUMINOSE PREFORMATE ARMATE PER MANUFATTI IN C.A.P.....	177
6 . 1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PROVE DI ACCETTAZIONE.....	177
6 . 2	GUAINA PREFORMATA.....	179
6 . 3	MODALITA' DI POSA IN OPERA E PROVE SUL PRODOTTO FINITO.....	179
7	MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO.....	180
7 . 1	MATERIALI.....	180
7 . 2	MODALITA' ESECUTIVE .....	181
8	VERNICI BICOMPONENTI IN CATRAME E RESINE EPOSSIDICHE.....	181
8 . 1	PIANIFICAZIONE.....	181
8 . 2	ELEMENTI PROTETTIVI DALLA CORROSIONE DELL'IMPALCATO.....	182
8 . 3	MATERIALI.....	182
8 . 4	ESECUZIONE DEL LAVORO.....	183
9	SPECIFICHE DI CONTROLLO.....	184
10	PROVE DI ACCETTAZIONE .....	184
11	CONTROLLI SULLA POSA IN OPERA .....	184
12	WATER-STOP.....	185
1 2 . 1	CORDOLI IDROESPANSIVI .....	185
1 2 . 2	WATER-STOP IN GOMMA.....	185
<b>SEZ. 13</b>	<b>"PAVIMENTAZIONI"</b> .....	<b>187</b>
1	GENERALITÀ .....	187
2	STRATI DI FONDAZIONE.....	188
2 . 1	Fondazione stradale in misto granulometricamente stabilizzato .....	188
2 . 2	Fondazione in misto cementato.....	190
3	STRATO DI BASE .....	194
3 . 1	Generalità.....	194
3 . 2	Inerti.....	194
3 . 3	Legante .....	194
3 . 4	miscela .....	195
4	STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA.....	198
4 . 1	Generalità.....	198
4 . 2	Inerti.....	198
4 . 3	Legante .....	200
4 . 4	miscele .....	200

---

---

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 5 di 390

4 . 5	<i>Conglomerati drenanti fonoassorbenti speciali (DFAS)</i> .....	203
4 . 6	<i>USURA ANTISKID SMA (SPLITTMASTIX ASPHALT)</i> .....	212
5	TRATTAMENTI SUPERFICIALI .....	217
5 . 1	<i>Generalità</i> .....	217
5 . 2	<i>trattamento con emulsione a freddo</i> .....	218
5 . 3	<i>Trattamento con bitume a caldo</i> .....	218
5 . 4	<i>Trattamento a caldo con bitume liquido</i> .....	219
6	SCARIFICAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESISTENTI.....	220
6 . 1	<i>Fresatura di strati in conglomerato bituminoso con idonee attrezzature</i> .....	221
7	CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE .....	221
7 . 1	<i>Generalità</i> .....	221
7 . 2	<i>Inerti</i> .....	222
7 . 3	<i>Legante</i> .....	222
7 . 4	<i>miscela</i> .....	222
8	MICROTAPPETI A FREDDO .....	224
8 . 1	<i>Generalità</i> .....	224
8 . 2	<i>Inerti</i> .....	224
8 . 3	<i>Additivi</i> .....	225
8 . 4	<i>Miscele</i> .....	225
8 . 5	<i>Malta bituminosa</i> .....	226
8 . 6	<i>Composizione e dosaggi della miscela</i> .....	227
9	MICROTAPPETI A FREDDO CON INERTI CHIARI NATURALI O ARTIFICIALI DA IMPIEGARE IN GALLERIA .....	229
9 . 1	<i>Generalità</i> .....	229
9 . 2	<i>Materiali chiari naturali</i> .....	229
9 . 3	<i>Materiali artificiali chiari</i> .....	229
10	RIPRISTINI /LAVORAZIONI PARTICOLARI DI DETTAGLIO .....	230
10 . 1	<i>riparazione piccole superfici e risagomatura delle ormaie</i> .....	230
10 . 2	<i>SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRIACIATA</i> .....	231
11	SPECIFICA DI CONTROLLO.....	232
11 . 1	<i>Disposizioni generali</i> .....	232
12	STRATI DI FONDAZIONE .....	233
12 . 1	<i>Fondazione stradale in misto granulometricamente stabilizzato</i> .....	233
12 . 2	<i>Fondazione in misto cementato</i> .....	234
13	STRATO DI BASE.....	236
13 . 1	<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i> .....	236
13 . 2	<i>Prove in sito e di laboratorio</i> .....	237
14	STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA .....	238
14 . 1	<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i> .....	238
14 . 2	<i>Prove in sito e di laboratorio</i> .....	241
15	CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE .....	242
16	MICROTAPPETI A FREDDO .....	242
16 . 1	<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i> .....	242
17	MICROTAPPETI A FREDDO CON INERTI CHIARI NATURALI O ARTIFICIALI DA IMPIEGARE IN GALLERIA.....	244
17 . 1	<i>Caratteristiche dei materiali da impiegare</i> .....	244
18	SISTEMI DI DRENAGGIO .....	246
<b>SEZ. 13 "BARRIERE E PARAPETTI".....</b>		<b>248</b>
1	GENERALITÀ .....	248
2	CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN ACCIAIO .....	249
3	CARATTERISTICHE DEI PARAPETTI METALLICI .....	250
4	PROVE TECNICHE (STATICHE DINAMICHE) SULLE BARRIERE .....	251
5	BARRIERA DI SICUREZZA TIPO "NEW JERSEY" .....	251
5 . 1	<i>Generalità</i> .....	251

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 6 di 390

5 . 2	<i>Descrizione delle opere</i> .....	252
5 . 3	<i>Barriere "NEW JERSEY" in conglomerato cementizio</i> .....	253
5 . 4	<i>Barriere "NEW JERSEY" in acciaio</i> .....	253
6	OPERE DI RECINZIONE METALLICA.....	254
6 . 1	<i>FORNITURA E POSA IN OPERA</i> .....	254
<b>SEZ. 14 "MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA" .....</b>		<b>256</b>
1	MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA .....	256
2	MONTAGGIO DEI MANUFATTI .....	257
2 . 1	<i>Tombini ad elementi incastrati o imbullonati</i> .....	257
2 . 2	<i>A piastre multiple per tombini e sottopassi</i> .....	257
2 . 3	<i>Tubi perforati per drenaggi</i> . ....	258
2 . 4	<i>Costipamento laterale e riempimento</i> .....	258
3	CONTROLLI.....	259
<b>SEZ. 15 "OPERE DI CONSOLIDAMENTO" .....</b>		<b>262</b>
1	CLASSIFICAZIONE, DEFINIZIONI E NORMATIVE.....	262
1.1	<i>Classificazione</i> .....	262
1.3	<i>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</i> .....	264
2	TIRANTI DI ANCORAGGIO .....	264
2.1	<i>ELEMENTI COSTITUTIVI TIRANTI E DELLE BARRE DI ANCORAGGIO</i> .....	264
2.2	<i>PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI</i> .....	265
2.3	<i>SOGGEZIONI GEOTECNICHE, IDROGEOLOGICHE E AMBIENTALI</i> .....	265
2.4	<i>MATERIALI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI</i> .....	266
2.5	<i>DISTANZIATORI, TAMPONI E CONDOTTI DI INIEZIONE</i> .....	267
2.6	<i>TOLLERANZE GEOMETRICHE</i> .....	267
2.7	<i>PERFORAZIONE</i> .....	267
2.8	<i>ALLESTIMENTO DEL TIRANTE</i> .....	268
2.9	<i>Elementi di protezione</i> .....	269
2.10	<i>Tesatura e collaudo</i> .....	270
2.11	<i>Protezioni anticorrosive in opera</i> .....	270
3	BARRE D'ANCORAGGIO E BULLONI .....	271
3.1	<i>Perforazione</i> .....	271
3.2	<i>Allestimento dell'ancoraggio</i> .....	271
3.3	<i>Iniezione</i> .....	271
4	CHIODI.....	272
5	INIEZIONI .....	273
5.1	<i>Soggezioni geotecniche ed ambientali</i> .....	273
5.2	<i>Tolleranze</i> .....	274
5.3	<i>Materiali</i> .....	274
5.4	<i>Modalità esecutive</i> .....	275
<b>SEZ. 16 "OPERE DI DIFESA" .....</b>		<b>278</b>
1	DIFESA DEL CORPO STRADALE .....	278
1 . 1	<i>Disgaggio di massi</i> .....	278
1 . 2	<i>Paramassi</i> .....	278
1 . 3	<i>Rivestimenti di pareti e scarpate</i> .....	280
1 . 4	<i>Gabbionate</i> .....	282
1 . 5	<i>Tubazioni, canalette, cunette e cunicoli</i> .....	283
2	DIFESE SPONDALI .....	286
2 . 1	<i>Prismi in conglomerato cementizio</i> .....	286
2 . 2	<i>Massi di roccia</i> .....	287
2 . 3	<i>Gabbioni</i> .....	288
2 . 4	<i>Materassi in pietrame</i> .....	288

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 7 di 390

2 . 5	<i>Soglie di fondo</i> .....	289
3	MURI DI SOSTEGNO .....	289
3 . 1	<i>Muri in muratura</i> .....	290
3 . 2	<i>Muri in calcestruzzo</i> .....	290
3 . 3	<i>Muri in gabbioni</i> .....	290
4	OPERE DI SOSTEGNO IN TERRA RINFORZATA .....	290
4 . 1	<i>Strutture di sostegno a scomparti cellulari</i> .....	291
4 . 2	<i>Strutture di contenimento in elementi scatolari</i> .....	292
5	OPERE DI SOSTEGNO IN TERRA RINFORZATA .....	292
5 . 1	<i>Difesa del corpo stradale</i> .....	292
5 . 2	<i>Rivestimenti di pareti e scarpate</i> .....	293
5 . 3	<i>Muri di sostegno</i> .....	296
<b>SEZ.17 "OPERE DI DRENAGGIO" .....</b>		<b>299</b>
1	CLASSIFICAZIONE, DEFINIZIONI E NORMATIVE.....	299
1.1	<i>Classificazione</i> .....	299
2	MICRODRENI .....	299
2.1	<i>Generalità</i> .....	299
2.2	<i>Caratteristiche dei tubi filtranti</i> .....	300
3	TRINCEE DRENANTI.....	301
4	POZZI DRENANTI .....	302
4.1	<i>Attrezzature</i> .....	302
4.2	<i>Esecuzione dei collegamenti tra i pozzi</i> .....	303
4.3	<i>Allestimento definitivo dei pozzi</i> .....	303
<b>SEZ.18 "OPERE SPECIALI-POSA IN OPERA CONDOTTE" .....</b>		<b>305</b>
1	TECNOLOGIA SPINGITUBO .....	305
1.1	<i>generalità</i> .....	305
1.2	<i>modalità di realizzazione</i> .....	305
2	TECNOLOGIA MICROTUNNELLING .....	305
2.1	<i>generalità</i> .....	306
2.2	<i>parti componenti</i> .....	306
2.3	<i>principi di funzionamento</i> .....	306
<b>SEZ. 19 "BARRIERE FONOASSORBENTI" .....</b>		<b>308</b>
1	QUALITÀ E CERTIFICAZIONE DEI MATERIALI CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA SPECIFICHE DI MESSA IN OPERA.....	308
1 . 1	<i>Qualità e provenienza dei materiali – Prove dei materiali – Certificazioni</i> .....	308
1 . 2	<i>Certificati di qualità</i> .....	308
2	PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO E FORNITURE.....	309
2 . 1	<i>Fase di esecuzione: Accettazione dei materiali e messa in opera</i> .....	309
2 . 2	<i>Collaudo tecnico</i> .....	309
2 . 3	<i>Controlli di qualità nella fase di messa in opera</i> .....	310
2 . 4	<i>Caratteristiche dei materiali</i> .....	310
2 . 5	<i>Pannelli metallici</i> .....	310
2 . 6	<i>Pannelli trasparenti</i> .....	313
2 . 7	<i>Pannelli in calcestruzzo</i> .....	315
2 . 8	<i>Pannelli in legno</i> .....	318
2 . 9	<i>Pannelli in laterizio forato</i> .....	319
2 . 1 0	<i>Montanti</i> .....	319
2 . 1 1	<i>Porte di ispezione e di sicurezza</i> .....	320
2 . 1 2	<i>Accessori</i> .....	321
3	CARATTERISTICHE ACUSTICHE: BARRIERE FONOASSORBENTI E CONTEMPORANEAMENTE FONOISOLANTI .....	322
3 . 1	<i>Specifiche di accettazione</i> .....	322

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 8 di 390

3 . 2	<i>Specifiche di messa in opera</i> .....	325
4	CARATTERISTICHE ACUSTICHE: BARRIERE FONOLISOLANTI.....	326
4 . 1	<i>Specifiche di accettazione</i> .....	326
4 . 2	<i>Specifiche di messa in opera</i> .....	329
5	BIOMURI: CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ED ACUSTICHE.....	329
5 . 1	<i>Caratteristiche dei materiali</i> .....	329
5 . 2	<i>Essenze vegetali</i> .....	331
5 . 3	<i>Specifiche di accettazione</i> .....	332
5 . 4	<i>Caratteristiche acustiche</i> .....	332
5 . 5	<i>Specifiche di messa in opera</i> .....	335
5 . 6	<i>Elementi antidiffrattivi: Caratteristiche dei materiali ed acustiche</i> .....	335
6	ALTRI TIPI DI SCHEMI ACUSTICI.....	338
6 . 1	<i>Rimodellamenti morfologici</i> .....	338
6 . 2	<i>Barriere vegetali (Fasce boscate)</i> .....	340
7	ALTRI TIPI DI INTERVENTO.....	341
7 . 1	<i>Interventi per ridurre il rumore emesso dal traffico</i> .....	341
7 . 2	<i>Rivestimenti fonoassorbenti in galleria</i> .....	341
7 . 3	<i>Interventi speciali</i> .....	342
8	CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E VINCOLI GEOMETRICI DI ESERCIZIO.....	342
8 . 1	<i>Caratteristiche costruttive delle barriere artificiali</i> .....	342
8 . 2	<i>Caratteristiche costruttive dei biomuri</i> .....	343
9	MANUTENZIONE.....	344
<b>SEZ. 20 "SEGNALETICA ORIZZONTALE, VERTICALE E COMPLEMENTARE" .....</b>		<b>345</b>
1	GENERALITÀ.....	345
2	RESPONSABILITÀ DELL'APPALTATORE.....	346
3	QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI.....	347
3 . 1	<i>SEGNALETICA VERTICALE</i> .....	348
3 . 2	<i>SEGNALETICA ORIZZONTALE</i> .....	348
3 . 3	<i>ACQUA</i> .....	348
3 . 4	<i>LEGANTI IDRAULICI</i> .....	348
3 . 5	<i>ghIAIE, GHIAIETTI, PIETRISCHI, PIETRISCHETTI, sabbie per opere murarie (da impiegarsi nella formazione di conglomerati cementizi)</i> .....	348
3 . 6	<i>materiali ferrosi</i> .....	348
3 . 7	<i>pellicole</i> .....	349
3 . 8	<i>pitture (vernici)</i> .....	349
4	PROVE DEI MATERIALI.....	349
4 . 1	<i>certificati</i> .....	349
4 . 2	<i>prove dei materiali</i> .....	349
5	PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO E FORNITURE.....	349
6	MOVIMENTI DI TERRE – SCAVI IN GENERE.....	350
6 . 1	<i>scavi di sbancamento</i> .....	350
6 . 2	<i>scavi di fondazione</i> .....	350
7	CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI ED ARMATI.....	350
7 . 1	<i>generalità</i> .....	350
7 . 2	<i>componenti</i> .....	351
7 . 3	<i>resistenza dei calcestruzzi</i> .....	351
7 . 4	<i>POSA IN OPERA</i> .....	351
8	CASSEFORME, ARMATURE.....	352
9	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO.....	352
9.1	<i>generalità</i> .....	352
10	ACCIAI PER CEMENTO ARMATO NORMALE.....	352
10.1	<i>acciaio in barre ad aderenza migliorata – b450a,b450c-controllato in stabilimento</i> .....	352

---



---

11	SEGNALETICA VERTICALE.....	352
11.1	PELLICOLE.....	352
11.2	INDIVIDUAZIONE DELLE PELLICOLE RETTORIFLETTENTI.....	363
11.3	SUPPORTI IN LAMIERA.....	363
11.4	attacchi.....	364
11.5	sostegni.....	364
11.6	sostegni a portale.....	365
11.7	fondazioni e posa in opera.....	365
12	SEGNALETICA COMPLEMENTARE.....	365
12.1	delineatori stradali.....	365
12.2	prove ed accertamenti.....	367
12.3	coni h = 32,7 cm.....	368
12.4	coni h = 50 cm.....	369
12.5	occhi di gatto.....	371
12.6	dispositivo per la riflettizzazione degli alberi.....	372
13	SEGNALETICA ORIZZONTALE IN VERNICE.....	373
13.1	GENERALITA'.....	373
13.2	PROVE ED ACCERTAMENTI.....	373
13.3	CARATTERISTICHE GENERALI DELLE VERNICI.....	374
14	SEGNALETICA ORIZZONTALE IN TERMOSPRUZZATO PLASTICO (SPRAY PLASTIC).....	376
14.1	GENERALITA'.....	376
14.2	composizione del materiale.....	376
14.3	sistema di applicazione.....	378
15	SEGNALETICA ORIZZONTALE PERMANENTE - MATERIALI PREFORMATI RETTORIFRANGENTI.....	378
16	GARANZIE SUI PREFORMATI RETTORIFRANGENTI.....	381
17	SEGNALETICA ORIZZONTALE TEMPORANEA – MATERIALI PREFORMATI RETTORIFRANGENTI.....	381
<b>SEZ. 21 “SISTEMI DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE”.....</b>		<b>382</b>

---



---

---

---

**SEZ. 01 "QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI"**

---

---

**1 CONDIZIONI GENERALI D'ACCETTAZIONE E CARATTERISTICHE DEI VARI MATERIALI**

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

I materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

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

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

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

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

**a) Acqua**

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con D.M. 14 gennaio 2008 (S.O. alla G.U. n° 29 del 04/02/2008) in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1086 del 5 novembre 1971.

**b) Leganti idraulici**

Dovranno corrispondere, come richiamato dal D.M. 14 gennaio 2008 (S.O. alla G.U. n° 29 del 04/02/2008).

I leganti idraulici si distinguono in:

1) Cementi. Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

- D.M. 14 gennaio 2008 (S.O. alla G.U. n° 29 del 04/02/2008).

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

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

**c) Calci aeree - Pozzolane**

Dovranno corrispondere alla norma UNI EN 459-1:2015.

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

Dovranno corrispondere ai requisiti definiti dalla norma UNI EN 12620:2013 norme tecniche alle quali

---

---

---

---

devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica.

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

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

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

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti alla norma UNI EN 13043:2013 ed essere rispondenti alle specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

**f) Ghiaie - Ghiaietti per pavimentazioni**

Dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti di cui alla norma UNI EN 13043:2013.

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

**g) Pietra naturale**

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

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

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

**h) Pietre da taglio**

Proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione dei Lavori. Esse dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri difetti, senza immasticature o tasselli. Esse dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti nel Regio Decreto n. 2232 del 16 novembre 1939, «Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione».

**i) Tufi**

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

**l) Materiali laterizi**

Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione di cui alla norma EN 771-1.

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

---

---



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

**m) Manufatti di cemento**

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

**n) Materiali ferrosi**

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

In particolare essi si distinguono in:

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

2) - lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p.:

dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 2/10 di mm;

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

**o) Legnami**

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

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

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

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

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

I legnami in genere dovranno corrispondere ai requisiti di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

**p) Bitumi - Emulsioni bituminose**

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti alla norma UNI EN 12591:2009.

**q) Bitumi liquidi o flussati**

Dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle «Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi per usi stradali», Fascicolo n. 7 - Ed. 1957 del C.N.R.

---

---

---

---

**r) Materiali per opere in verde**

1) *Terra*: la materia da usarsi per il rivestimento delle scarpate di rilevato, per la formazione delle banchine laterali, dovrà essere terreno agrario, vegetale, proveniente da scortico di aree a destinazione agraria da prelevarsi fino alla profondità massima di m. 1,00. Dovrà essere a reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea o arbustiva permanente; esso dovrà risultare privo di ciottoli, detriti, radici ed erbe infestanti.

2) *Concimi*: i concimi minerali semplici o complessi usati per le concimazioni dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale; avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali della fabbrica.

3) *Materiale vivaistico*: il materiale vivaistico potrà provenire da qualsiasi vivaio, sia di proprietà dell'Impresa, sia da altri vivaisti, purché l'Impresa stessa dichiari la provenienza e questa venga accettata dalla Direzione Lavori, previa visita ai vivai di provenienza. Le piantine e talee dovranno essere comunque immuni da qualsiasi malattia parassitaria.

4) *Semi*: per il seme l'Impresa è libera di approvvigionarsi dalle ditte specializzate di sua fiducia; dovrà però dichiarare il valore effettivo o titolo della semenza, oppure separatamente il grado di purezza ed il valore germinativo di essa. Qualora il valore reale del seme fosse di grado inferiore a quello riportato dalle tavole della Marchettano, l'Impresa sarà tenuta ad aumentare proporzionalmente le quantità di semi da impiegare per unità di superficie.

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

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

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

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

6) *Paletti di castagno per ancoraggio viminate*: dovranno provenire da ceduo castanile e dovranno presentarsi ben diritti, senza nodi, difetti da gelo, cipollature o spaccature. Avranno il diametro minimo in punta di cm 6.

7) *Verghe di salice*: le verghe di salice da impiegarsi nell'intreccio delle viminate dovranno risultare di taglio fresco, in modo che sia garantito il ricaccio di polloni e dovranno essere della specie *Salix*

---

---

---

---

viminalis o Salix purpurea. Esse avranno la lunghezza massima possibile con diametro massimo di cm. 2,5.

8) *Talee di salice*: le talee di salice, da infiggere nel terreno per la formazione dello scheletro delle graticciate, dovranno parimenti risultare allo stato verde e di taglio fresco, tale da garantire il ripollonamento, con diametro minimo di cm. 2.

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

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

#### s) Teli di «geotessile»

Il telo «geotessile» avrà le seguenti caratteristiche:

- composizione: sarà costituito da polipropilene o poliestere senza l'impiego di collanti e potrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche costruttive:

- 1) con fibre a filo continuo;
- 2) con fibre intrecciate con il sistema della tessitura industriale a "trama ed ordito";
- 3) con fibre di adeguata lunghezza intrecciate mediante agugliatura meccanica.

Il telo «geotessile» dovrà altresì avere le caratteristiche fisico-meccaniche di cui alle norme UNI EN 13249:2016-13251:2016-13256:2016.

---

---

## 2 PROVE DI CONTROLLO DEI VARI MATERIALI

### a) Certificato di qualità

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

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

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

### b) Accertamenti preventivi

Per quanto attiene la tipologia delle prove e la loro frequenza occorre far riferimento alle singole specifiche di dettaglio.

---

---

Il Direttore dei Lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Impresa, disporrà, se necessario, ulteriori prove di controllo di laboratorio a spese dell'Appaltatore.

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

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

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

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

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

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

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori ufficiali e/o qualificati dalla Direzione Lavori, ivi compresi i laboratori di cantiere.

In particolare, tutte le prove ed analisi dei materiali stradali saranno eseguite, a spese dell'Impresa, di norma, presso un Laboratorio ufficiale e/o qualificati dalla Direzione Lavori, ivi compresi i laboratori di cantiere, mentre le prove relative alla Legge 1086 (calcestruzzo ed acciaio da armatura) saranno condotte presso Laboratori ufficiali.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

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

---

---

---

---

**SEZ.02 “BONIFICA ORDIGNI BELLICI”**

---

---

**1 DEFINIZIONI****Bonifica da Ordigni Bellici (BOB)**

Insieme di tutte le attività finalizzate alla ricerca, disinnescamento e/o rimozione di ordigni bellici di qualsiasi natura dalle aree interessate dai lavori di costruzione.

**Ordigni bellici**

Qualsiasi residuo bellico di qualsiasi natura (es. mine, bombe, proiettili, ordigni esplosivi, masse ferrose etc....)

---

---

**2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI****2.1 GENERALITÀ**

Le attività di Bonifica da ordigni Bellici, ove prevista, è da intendersi tassativamente propedeutica all'effettuazione di qualsiasi altra attività lavorativa.

I lavori di bonifica saranno eseguiti nel rispetto delle leggi dello Stato e dei regolamenti militari vigenti, e di quanto prescritto e disposto dall'Amministrazione Militare competente per territorio.

L'impresa esecutrice (IE) della Bonifica Campi Minati (B.C.M) dovrà redigere un progetto di bonifica entro 10 giorni prima dell'inizio delle attività, suddividendo l'area oggetto di attività in campi numerati secondo le prescrizioni del Capitolato BCM ed. 84. Il progetto dovrà riportare con diversa pigmentazione le varie prestazioni imposte dalle prescrizioni dell'Amministrazione Militare (AM).

**2.2 PRESCRIZIONI PRELIMINARI**

Prima di dare corso alle attività di cantiere, l'impresa esecutrice (IE) ed il Consorzio dovranno richiedere alla Direzione Genio Militare territorialmente competente, un parere sull'opportunità (necessità) di eseguire i lavori di bonifica. La richiesta dovrà essere corredata da tutta la documentazione atta ad individuare le aree interessate ed a definire la tipologia delle attività da eseguire.

L'impresa esecutrice (IE) e il Consorzio dovranno inoltre richiedere preventiva autorizzazione all'Amministrazione Militare competente specificando:

- Data inizio lavori prevista;
- Planimetria delle zone da bonificare;
- Elenco personale tecnico specializzato B.C.M. (dirigenti tecnici, assistenti tecnici, rastrellatori, operai qualificati);
- Copia brevetti validi, rilasciati dall'Amministrazione Militare (AM) attestanti l'idoneità di tutto il personale specializzato in riferimento alle attività per cui sarà impiegato;
- Elenco del personale ausiliario;
- Copia autocertificata del contratto d'opera professionale, regolarmente registrato, del Dirigente Tecnico BCM qual'ora quest'ultimo sia persona diversa dal titolare dell'impresa, amministratore, socio o dipendente della stessa;

Due giorni prima dell'inizio delle attività l'IE e il Consorzio dovranno comunicare all'AM:

- Data inizio e data fine dei lavori (prevista);
- 
-

- 
- 
- Elenco nominativo del personale che effettivamente sarà impiegato, con riferimento ai documenti di qualifica (brevetti) in loro possesso;
  - Elenco del materiale e delle attrezzature di cui è previsto l'utilizzo.

### 2 . 3    **PRESCRIZIONI IN CORSO D'OPERA E FINALI**

Durante l'esecuzione dei lavori, ed al termine degli stessi l'IE e il Consorzio dovranno comunicare e consegnare all'AM la seguente documentazione:

- Elenco dell'eventuale nuovo personale da utilizzare nel corso dei lavori;
- Elenco degli ordigni rinvenuti nel corso dei lavori;
- Planimetria indicante le zone bonificate;
- Data di fine lavori;
- Dichiarazione a garanzia di avvenuta bonifica.

L'impresa esecutrice della BOB inoltre dovrà predisporre e curare:

- un diario giornaliero delle prestazioni;
- un registro del personale presente;
- un registro delle attrezzature impiegate;
- un registro degli ordigni rinvenuti;

Il diario giornaliero dovrà riportare l'indicazione della numerazione dei campi oggetto d'intervento, la quantità delle prestazioni eseguite, la strumentazione (rilevatore) impiegato e le relative modalità. Il diario dovrà essere sottoscritto dal rastrellatore impiegato e dall' Assistente Tecnico BCM responsabile del cantiere.

Qualora fossero ritrovati ordigni bellici l'IE dovrà evitare di procedere a qualunque rimozione e/o manipolazione o spostamento dell'ordigno rinvenuto e dovrà mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari onde evitare che estranei possano avvicinarsi agli ordigni rinvenuti fino alla presa in consegna da parte del personale indicato dal 1° COMFOD per la loro eliminazione.

L'IE dovrà inoltre tempestivamente comunicare in forma scritta del ritrovamento i seguenti uffici governativi ed enti:

- Comando stazione Carabinieri di competenza territoriale;
- Prefettura competente territorialmente;
- Comando 1° FOD ;
- 5° Reparto Infrastruttura di Padova;

L'IE al termine dei lavori di bonifica, dovrà entro 20 giorni presentare al 5° Reparto Infrastrutture di Padova, duplice esemplare in bollo della Dichiarazione di Garanzia, sottoscritta dal legale rappresentante e dal Dirigente Tecnico, corredata dalle planimetrie attestante i lavori di ricerca effettuati. Copia della lettera di trasmissione della documentazione sopracitata sarà inviata anche alla Committenza.

Le aree bonificate non potranno essere utilizzate fintanto che il 5° Reparto Infrastrutture di Padova non avrà provveduto ad effettuare i necessari accertamenti per il rilascio del Verbale di Constatazione.

---

---

## 3        **PRESCRIZIONI ESECUTIVE**

Le fasi di lavoro da svolgere per effettuare la bonifica bellica sono le seguenti:

---

---

- 
- 
- Rimozione della vegetazione in tutte quelle zone ove la presenza della stessa ostacoli l'uso dell'apparato cercamine. Nel tagliare la vegetazione si dovrà aver cura di non esercitare pressione sul terreno da bonificare;
  - Bonifica di superficie (propedeutica a qualsiasi bonifica profonda) per la ricerca, localizzazione e scoprimento di mine, ordigni e altri manufatti bellici interrati, sia in terra che in acqua, fino ad una profondità di mt 1,00 dal piano campagna, attraverso l'impiego di apparati rilevatori. L'attività sarà eseguita su tutta l'area interessata dai lavori, oltre ad un'area di sicurezza di mt 1,50 lungo il perimetro delle zone interessate (ove possibile);
  - Bonifica di profondità, sia in terra che in acqua, per la ricerca, localizzazione e lo scoprimento di mine, ordigni ed altri manufatti bellici interrati mediante:
    - Trivellazioni spinte fino a mt 3,00 con garanzia fino a mt 4,00 dal piano campagna o comunque fino a rifiuto di roccia e/o ghiaia compatta e/o argilla compatta, da eseguirsi su tutte le aree in cui avverranno scavi superiori a mt 1,00 e fino a mt 3,00 di profondità, oltre alle zone dove verranno realizzate opere a carattere permanente (comprese strade e cantieri);
    - Trivellazioni spinte fino a mt 5,00 con garanzia fino a mt 6,00 dal piano campagna o comunque fino a rifiuto di roccia e/o ghiaia compatta e/o argilla compatta, da eseguirsi su tutte le aree in cui avverranno scavi superiori a mt 3,00 e fino a mt 5,00 di profondità;
    - Trivellazioni spinte fino a mt 7,00 con garanzia fino a mt 8,00 a partire dal piano campagna o comunque fino a rifiuto di roccia e/o ghiaia compatta e/o argilla compatta, da eseguirsi su tutte le aree in cui avverranno scavi superiori a mt 5,00 nonché ove verranno realizzate opere d'arte in profondità quali pali, trattamenti colonnari (jet-grouting) micropali etc...;
  - Scavi in profondità su aree ristrette per ricerca, individuazione e scoprimento di mine ed altri manufatti bellici giacenti oltre la profondità di mt 1,00 dal piano campagna, rilevati durante la bonifica superficiale a varie profondità in terreni di qualsiasi natura e consistenza, con movimenti di terra eseguiti anche con mezzo meccanico e connesso uso del cercamine di profondità;
  - Scavi per la ricerca, individuazione e scoprimento di mine ed altri manufatti bellici in terreni di qualsiasi natura e consistenza con movimenti di terra eseguiti esclusivamente a mano e connesso uso del cercamine di profondità;

Le trivellazioni saranno eseguite con trivella elicoidale rotante, escludendo l'uso di trivelle vibranti e/o perforanti salvo esplicita autorizzazione dell' AM. La trivellazione profonda verrà eseguita secondo lo schema seguente:

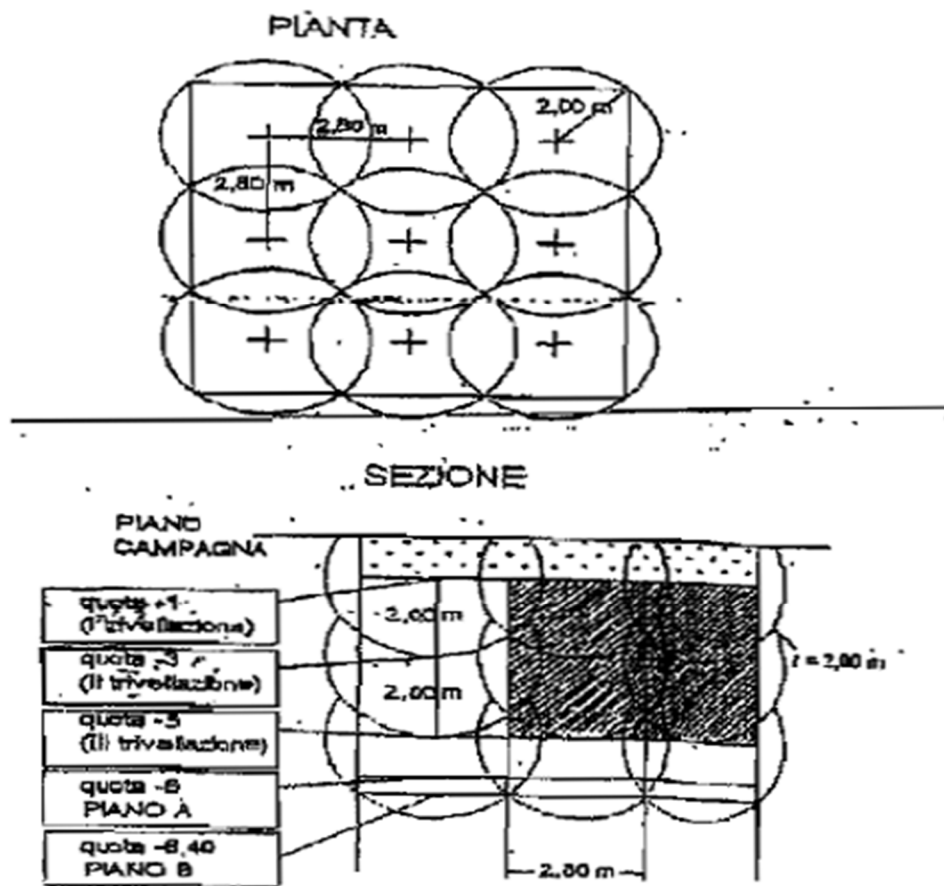
#### SCHEMA BONIFICA DI PROFONDITA'

Schema della divisione delle superfici da bonificare in profondità tramite perforazioni, dal Capitolato B.C.M. vigente.

Come risulta dal disegno, l'equidistanza tra le perforazioni è di 2,80 m mentre il raggio di efficacia è di 2,00 m, le sovrapposizioni che ne risultano sono inevitabili per ottenere la totale copertura della superficie.

---

---



Le bonifiche delle aree in presenza di acqua, dovrà essere effettuata esclusivamente da un Rastrellatore BCM munito di brevetto OTS (operatore tecnico subacqueo) con ausilio di asta liscia amagnetica vibrante utilizzata esclusivamente a partire dall'alveo del fiume.

Qualora durante le prestazioni venisse accertata e/o segnalata la presenza di sottoservizi (cavi, tubature) gli stessi prima di procedere con le attività di bonifica dovranno essere spostati. Qualora non fosse possibile lo spostamento i sottoservizi dovranno essere messi allo scoperto con adeguata cautela, onde proseguire con gli accertamenti previsti.

Tutto il materiale proveniente dal taglio della vegetazione e il materiale di risulta proveniente dagli scavi dovrà essere trasportato a rifiuto in discariche autorizzate. Il materiale ferroso, non assimilabile a residuati bellici, dovranno essere accantonato in cantiere per il successivo smaltimento a discarica.

#### **4 ELIMINAZIONE DEGLI ORDIGNI, SOSTANZE E MATERIALI BELLICI**

Le attività dell'impresa esecutrice della BCM deve essere limitato alla ricerca, individuazione e scoprimento dell'ordigno bellico. L'attività di scoprimento è da effettuarsi facendo attenzione a non provocare movimento dell'ordigno ed escludendo qualsiasi rimozione dello stesso.

La rimozione di quanto individuato compete al personale del 5° Reparto Infrastrutture di Padova secondo quanto previsto dal Capitolato BCM ed. 84 e dalle "Disposizioni attuative per la bonifica occasionale" emanate dallo Stato Maggiore Esercito in data 28/06/2000.



---

---

## **SEZ. 03 “MOVIMENTO TERRA E RINTERRI”**

---

---

### **1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI**

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scorticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale ed i controlli da eseguire.

---

---

### **2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**

#### **2 . 1 DISERBAMENTO E SCORTICAMENTO**

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

Lo scorticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua.

Nella esecuzione dei lavori l'Impresa dovrà attenersi a quanto segue:

1. il diserbamento e lo scorticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o rilevato;
2. tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito.

Il materiale vegetale scavato, se riconosciuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, potrà essere utilizzato per il rivestimento delle scarpate; diversamente il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietato la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

La larghezza dello scorticamento ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni che saranno date dalla DL in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scorticamento sarà stabilito di norma alla quota di cm 20 al di sotto del piano campagna e sarà ottenuto praticando i necessari scavi di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti di impianto preventivamente accertate anche con l'ausilio di prove di portanza.

#### **2 . 2 SCAVI**

Si definisce scavo ogni movimentazione di masse di terreno dal sito originario finalizzata all'impianto di opere costituenti il nastro stradale e le sue pertinenze, quali:

- impianti di rilevati;
- impianti di opere d'arte;
- cunette, accessi, passaggi e rampe, etc.

Gli scavi si distinguono in :

- scavi di sbancamento;
- 
-

- scavi di fondazione.

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi.

Nella esecuzione dei lavori di scavo l'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni assumendosene l'onere, e farsi carico degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo:

- Profilare le scarpate degli scavi con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno, la cui stabilità dovrà essere accertata con apposite verifiche geotecniche a carico dell'Impresa.
- Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto. Se il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa compatterà detto fondo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione AASHO modificata) (CNR 69 - 1978 ), (CNR 22 - 1972). Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.
- Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi per la definizione delle caratteristiche geotecniche ( a totale carico dell'impresa).
- Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
- Provvedere, a proprie cure e spese, con qualsiasi sistema (paratie, palancolate, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).
- Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campione, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente deviate.
- Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L. , prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. In caso di inosservanza la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.

Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'Impresa:

- Il rispetto delle Leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
- Polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
- Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza vigenti.
- Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

I materiali provenienti dagli scavi, in genere, dovranno essere reimpiegati nella formazione dei rilevati o di altre opere in terra.

Il reimpiego sarà subordinato all'esito di prove di idoneità, eseguite a cura dell'Impresa , e sotto il controllo della D.L..

I materiali ritenuti idonei dovranno essere trasportati, a cura e spese dell'Impresa, al reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito e custoditi opportunamente.

Se necessario saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme secondo necessità, ripresi e trasportati nelle zone di utilizzo.

I materiali, che, invece, risulteranno non idonei al reimpiego, dovranno essere trasportati, a cura e spesa dell'Impresa, a rifiuto nelle discariche indicate in progetto o individuate in corso d'opera, qualunque sia la distanza, dietro formale autorizzazione della D.L.(ordine di servizio), fatte salve le vigenti norme di legge e le autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio e dell'ambiente.

L'Impresa, a sua cura e spesa, dovrà ottenere la disponibilità delle aree di discarica e/o di deposito, dei loro accessi, e dovrà provvedere alle relative indennità, nonché alla sistemazione e alla regolarizzazione superficiale dei materiali di discarica secondo quanto previsto in progetto e/o prescritto dall'Ente Concedente la discarica.

#### **2.2.1 SCAVI DI SBANCAMENTO**

Sono così denominati i movimenti terra di grande entità eseguiti generalmente all'aperto senza particolari limitazioni sia fuori che in acqua, ovvero gli scavi non chiusi ed occorrenti per:

- apertura della sede stradale;
- apertura dei piazzali e delle opere accessorie;
- gradonature di ancoraggio dei rilevati su pendenze superiori al 20%;
- bonifica del piano di posa dei rilevati;
- spianamento del terreno;
- impianto di opere d'arte;
- taglio delle scarpate di trincee o rilevati;
- formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali;

#### **2.2.2 SCAVI DI FONDAZIONE**

Sono così denominati gli scavi chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo.

Questo piano sarà determinato, a giudizio della D.L., o per l'intera area di fondazione o per più parti in cui questa può essere suddivisa, a seconda sia della accidentalità del terreno, sia delle quote dei piani finiti di fondazione.

Gli scavi saranno, a giudizio insindacabile della D.L., spinti alla necessaria profondità, fino al rinvenimento del terreno avente la capacità portante prevista in progetto.

I piani di fondazione saranno perfettamente orizzontali o disposti a gradoni con leggera pendenza verso monte per quelle opere che ricadessero sopra falde inclinate; le pareti saranno verticali od a scarpa.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpa aventi la pendenza minore di quella prevista, ma in tal caso, non sarà computati né il maggiore scavo di fondazione e di sbancamento eseguito di conseguenza né il conseguente maggior volume di riempimento.

E' vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la D.L. abbia verificato ed accettato i piani di fondazione.

L'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, al riempimento con materiali idonei dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed al loro costipamento fino alla quota prevista.

Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 14/01/08.

---

---

Gli scavi di fondazione saranno considerati scavi subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Gli esaurimenti d'acqua dovranno essere eseguiti con i mezzi più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo e tali mezzi dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa dovrà provvedere di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi.

Provvederà, a sua cura e spesa, a togliere ogni impedimento, ogni causa di rigurgito che si opponesse così al regolatore deflusso delle acque, anche ricorrendo alla apertura di canali fugatori; analogamente l'Impresa dovrà adempiere agli obblighi previsti dalle leggi (Legge 10/5/1976 n. 319 e successivi aggiornamenti ed integrazioni, leggi regionali emanate in applicazione della citata legge) in ordine alla tutela delle acque dall'inquinamento, all'espletamento delle pratiche per l'autorizzazione allo scarico nonché all'eventuale trattamento delle acque.

### 2.2.3 PRESCRIZIONI IN MATERIA DI ARCHEOLOGIA

La Soprintendenza nell'esprimere parere favorevole al progetto ha richiesto che *“tutte le operazioni di scavo, anche di modesta entità o comunque di generico abbassamento dell'attuale piano di campagna, siano effettuate con assistenza da parte di operatori archeologici, forniti da una ditta specializzata [La Sorveglianza archeologica è affidata dalla Stazione Appaltante con separato incarico]. La sorveglianza archeologica dovrà essere prevista anche durante la fase preliminare di bonifica bellica dell'area destinata al cantiere, con il controllo sistematico delle trivellazioni e dei saggi in profondità effettuati con mezzi meccanici, poiché tali operazioni possono comportare l'emersione in superficie di materiale archeologico. Si ricorda che eventuali strutture o stratigrafie che si dovessero evidenziare, andranno indagate con metodo stratigrafico e debitamente documentate al fine di accertarne l'interesse storico archeologico e valutare la compatibilità delle opere in progetto con le esigenze di tutela. Al fine di garantire la corretta sorveglianza archeologica, si dispone finora che le operazioni di scavo siano effettuate con mezzo meccanico dotato di benna liscia, fino alle quote di progetto o, comunque, fino al raggiungimento del terreno sterile.”*

L'Affidatario dovrà operare in ogni fase, in conformità alle suddette prescrizioni, ottemperando alle disposizioni della Sorveglianza archeologica.

### 2.3 RINTERRI E/O BONIFICHE

Per rinterri si intendono i lavori di:

- bonifica di zone di terreno non idoneo, al disotto del piano di posa di manufatti e rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni esistenti con materiale idoneo;
- riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguiti in presenza di manufatti;
- sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

#### 2.3.1 BONIFICA

a) La bonifica del terreno di appoggio del rilevato, nell'accezione più generale, dovrà essere eseguita in conformità alle previsioni di progetto, ed ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare zone di terreno non idoneo e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto.

---

---

Pertanto il terreno in sito, per la parte di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, dovrà essere sostituito con materiale selezionato appartenente ai gruppi (UNI EN 13242:2013, 13285:2018, 14688-1-2:2018):

- A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub> se proveniente da cave di prestito; nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A<sub>3</sub>, deve presentare un coefficiente di uniformità (D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub>) maggiore o uguale a 7;

- A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub>, se proveniente dagli scavi; il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> deve presentare un coefficiente di uniformità (D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub>) maggiore o uguale a 7;

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta attraverso la prova di compattazione AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972).

Per il materiale dei gruppi A<sub>2-4</sub> e A<sub>2-5</sub>, gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Il modulo di deformazione dovrà risultare non inferiore a 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm<sup>2</sup>)

b) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al punto a) debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'Impresa dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa.

#### 2.3.2 RINTERRI

a) Per il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà utilizzarsi materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A<sub>1</sub> ed A<sub>3</sub> (UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018) opportunamente compattato; il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub>) maggiore o uguale a 7;

b) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrate e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati sui disegni costruttivi.

#### 2.3.3 SISTEMAZIONE SUPERFICIALE

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente ai gruppi A<sub>1</sub> ed A<sub>3</sub> (UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018), con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

Il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D<sub>60</sub>/D<sub>10</sub>) maggiore o uguale a 7.

#### 2.4 RILEVATI

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere in terra destinate a formare il corpo stradale, le opere di presidio, i piazzali, nonché il piano d'imposta delle pavimentazioni.

##### 2.4.1 FORMAZIONE DEL RILEVATO - GENERALITÀ, CARATTERISTICHE E REQUISITI DEI MATERIALI

Si considerano separatamente le seguenti categorie di lavori:

- Rilevati stradali;
- 
-

- Rilevati realizzati in terra rinforzata;

La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle norme UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018, di cui alla Tabella 1 allegata.

#### 2.4.2 RILEVATI STRADALI

I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale (sottofondo).

Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria.

#### 2.4.3 IMPIEGO DI TERRE APPARTENENTI AI GRUPPI A1, A2-4, A2-5, A3

Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub>, il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> dovrà presentare un coefficiente di uniformità ( $D_{60}/D_{10}$ ) maggiore o uguale a 7.

Per l'ultimo strato di 30 cm dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A<sub>1</sub>-a e A<sub>3</sub> (per le terre appartenenti al gruppo A<sub>3</sub> vale quanto già detto in precedenza).

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo, non essere di natura argillo-scistosa nonché alterabili o molto fragili.

L'impiego di rocce frantumate è ammesso nella restante parte del rilevato, se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 20 cm, nonché di soddisfare i requisiti già precedentemente richiamati.

Di norma la dimensione delle massime pezzature ammesse non dovrà superare i due terzi dello spessore dello strato compattato.

Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20 cm) deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato; in particolare dovrà essere realizzato un accurato intasamento dei vuoti, in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compattata.

Nel caso si utilizzino rocce tufacee, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm.

A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una massa volumica del secco pari o superiore al 90% della massa volumica del secco massima individuata dalle prove di compattazione AASHO Mod. (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), e/o un modulo di deformabilità non minore di 20 MPa (nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 e 0.15 N/mm<sup>2</sup>) (CNR 146 - 1992), salvo per l'ultimo strato di 30 cm costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione, che dovrà presentare un grado di costipamento pari o superiore al 95% e salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate, in sede di progettazione, dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato e della pavimentazione stradale in trincea, il modulo di deformazione al 1° ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) dovrà risultare non inferiore a:

- 50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0,15 - 0.25 da N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale sia in rilevato che in trincea;
- 20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m da quello della fondazione della pavimentazione stradale;
- 15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale.

La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare.

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali che differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli.

Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo.

Nel caso di rilevati aventi notevole altezza, dovranno essere realizzate banchine di scarpata della larghezza di 2 m a quota idonea e comunque ad una distanza verticale dal ciglio del rilevato non superiore a 6 m.

Le scarpate dovranno avere pendenze non superiori a quelle previste in progetto ed indicate nei corrispondenti elaborati.

Quando siano prevedibili cedimenti del piano di appoggio dei rilevati superiori ai 15 cm, l'Impresa sottoporrà alla D.L. un piano per il controllo dell'evoluzione dei cedimenti.

La posa in opera delle apparecchiature necessarie a tale scopo, e il rilevamento dei cedimenti saranno eseguite a cura e spese dell'impresa in accordo con la D.L..

In ogni caso l'Impresa dovrà provvedere a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento della quota di progetto ad avvenuto esaurimento dei cedimenti.

La costruzione del rilevato dovrà essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo da scontare, terminati i lavori, non sia superiore al 10% del cedimento teorico a fine consolidazione e comunque non superiore ai 5 cm.

Ogni qualvolta i rilevati dovranno poggiare su declivi con pendenza superiore al 20%, ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatta eccezione per diverse e più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si dovrà procedere all'esecuzione di una gradonatura con banche in leggera contropendenza (1% - 2%) e alzate verticali contenute in altezza.

Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali il terreno costituente il corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, con la cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (altezza massima 50 cm) la stesa del corrispondente nuovo strato, di analoga altezza ed il suo costipamento, consentendo nel contempo l'eventuale viabilità del rilevato esistente.

L'operazione di gradonatura sarà preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente, che sarà accantonato se ritenuto idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Anche il materiale di risulta proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della coltre vegetale superficiale, sarà accantonato se ritenuto idoneo e riutilizzato per la costruzione del nuovo rilevato, o portato a rifiuto se inutilizzabile.

#### **2.4.4 IMPIEGO DI TERRE APPARTENENTI AI GRUPPI A2-6, A2-7**

Saranno impiegate terre appartenenti ai gruppi A<sub>2-6</sub>, A<sub>2-7</sub>, solo se provenienti dagli scavi e previste nel progetto.

Il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati, soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale, previa predisposizione di uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

Il grado di costipamento e la umidità con cui costipare i rilevati formati con materiale dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati dall'Impresa e sottoposti alla approvazione della Direzione Lavori, attraverso una opportuna campagna sperimentale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.

#### **2.4.5 IMPIEGO DI TERRE APPARTENENTI AI GRUPPI A4, A5, A6, A7**

Per quanto riguarda le terre provenienti da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> si esaminerà, di volta in volta, l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa

idonea correzione (a calce e/o cemento, punto 2.4.8.1 e seguenti ), attraverso una opportuna campagna sperimentale.

I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione dei Lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare 30 cm.

### **Generalità**

Fintanto che non siano state esaurite, per la formazione dei rilevati, tutte le disponibilità dei materiali idonei proveniente dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Impresa volesse aprire, ad esempio per economia dei trasporti, saranno a suo totale carico. L'Impresa non potrà quindi pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco per la formazione dei rilevati con utilizzazione di materie provenienti dagli scavi di trincea, opere d'arte ed annessi stradali, qualora, pur essendoci disponibilità ed idoneità di queste materie scavate, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a cave di prestito.

Qualora una volta esauriti i materiali, provenienti dagli scavi, ritenuti idonei in base a quanto precedentemente riportato, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Impresa potrà ricorrere al prelievamento di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori.

È fatto obbligo all'Impresa di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali per la costruzione dei rilevati, alla Direzione dei Lavori che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali presso laboratori ufficiali e/o qualificati da AS, ivi compresi i laboratori di cantiere, sempre a spese dell'Impresa.

Solo dopo che vi sia stato l'assenso della Direzione dei Lavori per l'utilizzazione della cava, l'Impresa è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

L'accettazione della cava da parte della Direzione dei Lavori non esime l'Impresa dall'assoggettarsi, in ogni periodo di tempo, all'esame delle materie che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere coltivata.

Per quanto riguarda le cave di prestito, l'Impresa, dopo aver ottenuto la necessaria autorizzazione da parte degli enti preposti alla tutela del territorio, è tenuta a corrispondere le relative indennità ai proprietari di tali cave e a provvedere a proprie spese al sicuro e facile deflusso delle acque che si raccogliessero nelle cave stesse, evitando nocivi ristagni e danni alle proprietà circostanti e sistemando convenientemente le relative scarpate, in osservanza anche a quanto è prescritto dall'art 202 del T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n.1265 e delle successive modifiche; dal T.U. delle leggi sulla bonifica dei terreni paludosi 30 dicembre 1923, n.3267, successivamente assorbito dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale approvato con R.D.13 febbraio 1933, n.215 e successive modifiche.

### **2.4.6 RILEVATI RINFORZATI**

Dovranno essere impiegati esclusivamente materiali appartenenti ai gruppi A<sub>1</sub> e A<sub>3</sub>; il materiale appartenente al gruppo A<sub>3</sub> dovrà presentare un coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7, e comunque con pezzatura massima non superiore 71 mm, A<sub>2-4</sub> e A<sub>2-6</sub>.

Prevedendosi l'uso di rinforzi (metallici, con l'impiego di geotessili, ecc.) per i materiali impiegati dovranno essere preliminarmente verificate le seguenti condizioni:

- contenuto in sali;
- solfuri, del tutto assenti;
- solfati, solubili in acqua, minori di 500 mg/kg;



- cloruri, minori di 100 mg/kg;
- pH compreso tra 5 e 10;
- resistività elettrica superiore a 1.000 ohm x cm per opere all'asciutto, superiore a 3.000 ohm x cm per opere immerse in acqua.

La compattazione di detti materiali dovrà risultare tale da garantire una massa volumica del secco misurata alla base di ciascuno strato, non inferiore al 95% della massa volumica del secco massima individuata mediante la prova AASHO Mod (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), ed il modulo di deformabilità (CNR 146 - 1992) non dovrà essere inferiore ai 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup>.

#### 2 . 4 . 7 COSTRUZIONE DEL RILEVATO

##### 2 . 4 . 7 . 1 FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DEI RILEVATI E DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE IN TRINCEA O IN RILEVATO (SOTTOFONDO).

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato e delle sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) (CNR 146 - 1992) dovrà risultare non inferiore a:

50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale (sottofondo) sia in rilevato sia in trincea;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m al di sotto di quello della fondazione della pavimentazione stradale;

15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più, da quello della fondazione della pavimentazione stradale.

La variazione di detti valori al variare della quota dovrà risultare lineare

Per altezze di rilevato superiori a 2 m potranno essere accettati valori inferiori a 15 MPa sempre che sia garantita la stabilità dell'opera e la compatibilità dei cedimenti, sia totali, sia differenziali, e del loro decorso nel tempo.

Le caratteristiche di deformabilità dovranno essere accertate con prove rigorose che dovranno essere garantite, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli; si fa esplicito riferimento a quei materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) per i quali la determinazione del modulo di deformazione sarà affidata a prove speciali (edometriche, di carico su piastra in condizioni sature ecc.).

Il conseguimento dei valori minimi di deformabilità sopra indicati sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura eseguita con mezzi consoni alla natura dei terreni in posto.

A rullatura eseguita la massa volumica in sito dovrà risultare come segue:

- almeno pari al 90% della massa volumica massima AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa dei rilevati;
- almeno pari al 95% della massa volumica massima AASHO modificata (CNR 69 - 1978), (CNR 22 - 1972), sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale .

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura e non si pervenisse a valori del modulo di deformazione accettabili e compatibili con la funzionalità e la sicurezza del manufatto, la Direzione Lavori, sentito il Progettista, potrà ordinare un intervento di bonifica di adeguato spessore, con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

##### 2 . 4 . 7 . 2 STRATO DI TRANSIZIONE (RILEVATO-TERRENO)

Quando previsto in progetto, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, alla natura dei materiali costituenti il rilevato, allo scopo di migliorare le caratteristiche del piano di imposta del rilevato, verrà eseguita:

- la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;
- la stesa di uno strato di geotessile “ non tessuto” come da punto 2.4.8.4.

**2 . 4 . 7 . 3            STRATO GRANULARE ANTICAPILLARE**

Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 0,3-0,5 m; sarà composto di materiali aventi granulometria assortita da 2 a 50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%.

Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati.

**2 . 4 . 7 . 4            TELO GEOTESSILE “TESSUTO NON TESSUTO”**

Quando previsto in progetto lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene .

Il geotessile dovrà essere del tipo “a filo continuo” , prodotto per estrusione del polimero .

Dovrà essere composto al 100% da polipropilene di prima scelta (con esclusione di fibre riciclate), agglomerato con la metodologia dell'agugliatura meccanica, al fine di evitare la termofusione dei fili costituenti la matrice del geotessile.

Non dovranno essere aggiunte, per la lavorazione, resine o altre sostanze collanti.

<b>CARATTERISTICHE TECNICHE</b>	<b>POLIPROPILENE</b>
<i>Massa areica(g/m<sup>2</sup>)</i>	300
<i>Punto di rammollimento( K)</i>	413
<i>Punto di fusione (K)</i>	443 ÷ 448
<i>Punto di umidità % (al 65% di umidità relativa)</i>	0,04
<i>Resistenza a trazione (kN/m)</i>	19

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare.

Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

**2 . 4 . 7 . 5            STESA DEI MATERIALI**

La stesa del materiale dovrà essere eseguita con sistematicità per strati di spessore costante e con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavoro si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 2%. In presenza di strati di rilevati rinforzati, o di muri di sostegno in genere, la pendenza trasversale sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere certificato mediante prove di controllo l'idoneità dello strato precedente.

---

---

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle modalità di compattazione e della finalità del rilevato.

Lo spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 50 cm per rilevati formati con terre appartenenti ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub> o con rocce frantumate;
- 40 cm per rilevati in terra rinforzata;
- 30 cm per rilevati eseguiti con terre appartenenti ai gruppi A<sub>2-6</sub>, A<sub>2-7</sub>.

Per i rilevati eseguiti con la tecnica della terra rinforzata e in genere per quelli delimitati da opere di sostegno rigide o flessibili (quali gabbioni) sarà tassativo che la stesa avvenga sempre parallelamente al paramento esterno.

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ( $\pm 1,5\%$  circa) a quello ottimo determinato mediante la prova AASHO Modificata (CNR 69 - 1978).

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se inferiore, l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, una energia costipante tale da assicurare il raggiungimento del grado di costipamento prescritto e previsto per ogni singola categoria di lavoro.

Il tipo, le caratteristiche e il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza) dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori .

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato, le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

In presenza di paramenti flessibili e murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse.

Le terre trasportate mediante autocarri o mezzi simili non dovranno essere scaricate direttamente a ridosso delle murature, ma dovranno essere depositate in loro vicinanza e successivamente predisposte in opera con mezzi adatti, per la formazione degli strati da compattare.

Si dovrà inoltre evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di realizzazioni in muratura che non abbiano raggiunto le sufficienti caratteristiche di resistenza.

Nel caso di inadempienza delle prescrizioni precedenti sarà fatto obbligo all'appaltatore, ed a suo carico, di effettuare tutte le riparazioni e ricostruzioni necessarie per garantire la sicurezza e la funzionalità dell'opera.

Inoltre si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti della terra rinforzata o flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti anche operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

Eventuali stabilizzazioni a cemento dei rilevati, dovranno essere eseguite con cemento del tipo normale ed in ragione di 25-50 kg/m<sup>3</sup> di materiale compattato.

---

---

La miscela dovrà essere compattata fino al 95% della massa volumica del secco massima, ottenuta con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978), (CNR 22 - 1972), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Tale stabilizzazione a cemento dei rilevati dovrà interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sarà a forma trapezia avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a  $2,00\text{ m} + \frac{3}{2}h$  e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Si dovrà inoltre garantire la sistematica protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di 30 cm di spessore, da stendere a cordoli orizzontali opportunamente costipati seguendo dappresso la costruzione del rilevato e ricavando gradoni di ancoraggio, salvo il caso che il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso, nel quale detti gradoni non saranno necessari, e che sia tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso.

La semina dovrà essere eseguita con semi (di erbe ed arbusti tipo ginestra e simili), scelti in relazione al periodo di semina ed alle condizioni locali, si da ottenere i migliori risultati.

La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Si potrà provvedere all'inerbimento mediante sistemi alternativi ai precedenti, purché concordati con la Direzione Lavori.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'impresa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

Se nei rilevati avvenissero cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione della costruzione del rilevato, alla ripresa delle lavorazioni, la parte di rilevato già eseguita dovrà essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione in genere che vi si fosse insediata, dovrà inoltre essere aerata, praticandovi dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni e della deformabilità.

Qualora si dovessero costruire dei rilevati non stradali (argini di contenimento), i materiali provenienti da cave di prestito potranno essere solo del tipo  $A_6$  e  $A_7$ .

Restando ferme le precedenti disposizioni sulla compattazione.

#### 2 . 4 . 7 . 6 CONDIZIONI CLIMATICHE

La costruzione di rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della Direzione Lavori, limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es.: pietrame).

Nella esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva si procederà, per il costipamento, mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati. che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia.

Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

#### 2 . 4 . 8 **DRENI**

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- dreni verticali prefabbricati

- dreni in sabbia
- Le caratteristiche dei dreni, per quanto concerne il tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione, saranno definite dal progetto.
- Hanno la funzione di realizzare nel terreno percorsi preferenziali per la raccolta delle acque ed accelerare i processi di consolidazione dei terreni argillosi saturi in corrispondenza dei rilevati. Eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della DL.
- Tali variazioni dovranno comunque essere tali da garantire la medesima capacità e funzionalità.

2 . 4 . 8 . 1 DRENI VERTICALI PREFABBRICATI

- Sono dreni prefabbricati industrialmente, costituiti da nastri flessibili ed arrotolabili nei quali esiste un involucro filtrante plastico, cartaceo o in materiali simili avvolto intorno ad un elemento di irrobustimento centrale, sempre in materiale plastico o affine; il nastro può anche essere semplicemente costituito da un unico corpo filtrante in materiale plastico, senza elemento centrale.
- I dreni prefabbricati a nastro permettono il flusso dell'acqua presente nel terreno lungo l'asse di sviluppo principale, longitudinale, dell'elemento filtrante.
- L'inserimento nel terreno del dreno si esegue mediante l'infissione a pressione di un mandrino che viene successivamente estratto, lasciando in posto il dreno, oppure mediante la penetrazione a vibrazione di un tubo di infissione con elemento vibrante in testa, azionato idraulicamente, che trascina il dreno fino alla profondità richiesta per poi abbandonarlo.

2 . 4 . 8 . 2 DRENI IN SABBIA

I dreni in sabbia comportano la realizzazione di una perforazione di tipo verticale che viene successivamente riempita da sabbia opportunamente composta sul piano granulometrico in modo che possa operare come filtro, secondo modalità analoghe a quelle dei dreni prefabbricati.

Le metodologie di perforazione sono le medesime di quelle adottate nel caso di pali trivellati.

2 . 4 . 8 . 3 DRENI VERTICALI PREFABBRICATI - MODALITÀ ESECUTIVE –

a) Caratteristiche dei nastri prefabbricati

Il nastro drenante prefabbricato dovrà avere caratteristiche rese note dalla certificazione ufficiale del Produttore, preventivamente trasmesse alla DL ed approvate dalla medesima.

Sono ammessi nastri con involucro filtrante in tessuto non tessuto o carta con anima in PVC, polietilene o polipropilene, oppure nastri in cui anima ed involucro siano ugualmente costituiti da materiali plastici.

In ogni caso, i nastri prefabbricati dovranno garantire una durata nel tempo adeguata alle necessità di Progetto ed in ogni caso non inferiore a 3 anni di esercizio, una portata di scarico assiale non inferiore a 100 m<sup>3</sup>/anno (con gradiente idraulico unitario e con l'applicazione all'involucro filtrante di una pressione normale totale pari a 300 kN/m<sup>2</sup>) ed un coefficiente di permeabilità trasversale dell'involucro filtrante di almeno 2 m/anno.

b) Attrezzatura di infissione

Si utilizzeranno attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montate su torre con guide di scorrimento, in grado di raggiungere con il mandrino od i tubi di infissione la profondità prescritta dal Progetto nel contesto stratigrafico locale. Le caratteristiche delle attrezzature di infissione dovranno essere rese note alla DL.

Qualora motivato dalla necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a prefori eseguiti con sonda a rotazione o rotopercolazione.

Il mandrino o la tubazione di infissione dovrà avere sezione trasversale ridotta al minimo indispensabile per garantire la necessaria resistenza.

Il dreno sarà connesso all'utensile di infissione con un elemento a perdere, in grado di garantire il sicuro vincolo del dreno all'utensile durante l'inserzione e l'ancoraggio del dreno al terreno all'atto del ritiro del mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.

#### c) Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere alla installazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50-80 cm, con fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio-grossa, con massima percentuale di passante al vaglio UNI da 0.075 mm del 3%.

I punti di infissione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile, e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.

#### d) Installazione

L'infissione dei dreni avverrà mediante pressione o vibrazione, con modalità tali, per quanto concerne le massime pressioni esercitate verso il basso e la velocità di penetrazione, da prevenire la rottura dei nastri prefabbricati o il mancato raggiungimento della profondità di progetto.

### 2 . 4 . 8 . 4 DRENI IN SABBIA - MODALITÀ ESECUTIVE –

#### a) Caratteristiche della sabbia drenante

Il materiale granulare utilizzato per il riempimento del foro dovrà essere conforme, per quanto concerne la composizione granulometrica, al fuso definito dal Progetto.

Qualora non definito espressamente, il fuso granulometrico di riferimento sarà il seguente:

APERTURA VAGLIO UNI (mm)	PASSANTE %	
	MIN.	MAX.
0.075	0	3
0.40	0	10
2.00	15	45
5.00	35	75
10.00	70	100

#### b) Attrezzatura

Sarà cura dell'Impresa comunicare, prima dell'inizio lavori, le caratteristiche delle attrezzature che lo stesso intende utilizzare.

Sono ammesse attrezzature di perforazione nelle quali l'avanzamento dell'utensile e la disgregazione del terreno, che viene asportato dal foro, avvengono mediante l'energia dinamica dell'acqua, attrezzature di perforazione ad elica o attrezzature con caratteristiche diverse.

In ogni caso, le attrezzature dovranno garantire il raggiungimento delle profondità prescritte dal Progetto con il relativo diametro e permettere la realizzazione dei dreni senza rischi di interruzione della continuità del fusto in sabbia.

## c) Lavori preparatori

Prima di procedere alla perforazione dei dreni, l'Impresa provvederà alla completa asportazione del terreno vegetale sull'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di materiale granulare pulito, dello spessore di 50-80 cm.

I punti di perforazione dei dreni saranno materializzati sul terreno mediante picchetti o evidenti punti di riferimento.

## d) Perforazione e riempimento dei fori

La conduzione della perforazione sarà eseguita con modalità preventivamente comunicate alla DL, tali da garantire profondità, diametro e continuità del foro, che non dovrà subire alcun collasso parziale o chiusura. Nel caso di impiego di tecniche con disgregazione idraulica del terreno, il foro sarà sempre mantenuto pieno di acqua, per prevenire i danni conseguenti al mancato sostentamento delle pareti del foro mediante controspinta idrostatica. Non è ammesso l'uso di fluidi di perforazioni diversi dall'acqua, priva di additivi se non perfettamente biodegradabili in 20÷40 ore.

Il riempimento dei fori con sabbia sarà eseguito dal basso a risalire, iniziando da fondo foro, mediante il convogliamento della sabbia con tubazioni che, nel caso di perforazione con elica, potranno essere rappresentati dallo spazio anulare cavo interno alle stesse eliche, da ritirare progressivamente con il procedere del riempimento.

A riempimento eseguito, lo scarto sommitale di materiale granulare inquinato dai materiali provenienti dalla perforazione dovrà essere asportato e condotto a discarica e sostituito con nuovo materiale drenante approvato fino a realizzare un materasso drenante sommitale di spessore e caratteristiche conformi al progetto.

**2.4.9 RILEVATI SPECIALI ☆ SPERIMENTALI ☆**

Con il termine "rilevati speciali" sono definite tutte le opere realizzate con materiali naturali o artificiali, destinate a formare alcune parti del corpo stradale .

Si distinguono in:

- rilevati in terra stabilizzata/migliorata;
- rilevati con materiali riciclati.

**2.4.9.1 RILEVATI IN TERRA STABILIZZATA/MIGLIORATA E CONSOLIDAMENTO PIANO DI APPOGGIO*****Terra stabilizzata a calce***

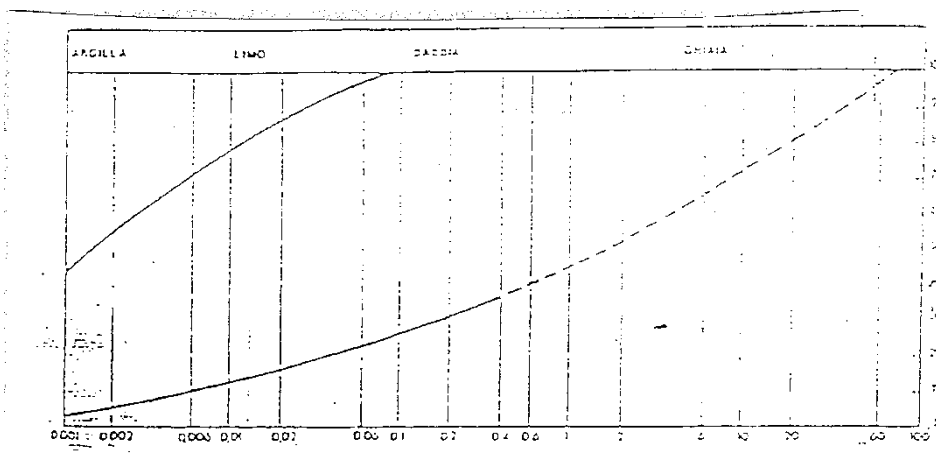
La terra stabilizzata a calce è una miscela composta da terra, calce viva od idrata e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico - chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo (CNR 36 - 1973).

Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a calce deve essere di tipo limo-argilloso ed avere indice di plasticità normalmente maggiore o uguale a 10.

Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaioso-argillose, ghiaioso-limose , sabbioso-argillose e sabbioso-limose (tipo A<sub>2-6</sub> e A<sub>2-7</sub>) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%.

Possono essere trattate con calce anche le "vulcaniti vetrose" costituite da rocce pozzolaniche ricche di silice amorfa reattiva.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato (CNR 36 - 1973):



il diametro massimo degli elementi viene definito in funzione dell'impiego della miscela (CNR n.36 - 1973).

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Inoltre le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D.L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La calce idrata dovrà essere conforme alle norme per l'accettazione delle calci di cui alle disposizioni vigenti.

La quantità di acqua e di calce con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (UNI EN 13286-47:2012), a prove di costipamento ed eventualmente a prove di rottura a compressione, nonché a qualsiasi altra prova necessaria per una adeguata caratterizzazione (CNR 36/73).

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso dovrà essere determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma UNI EN 13286-47:2012.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di calce, permettendo di definire come variano con la quantità di calce i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori verrà definita di volta in volta la composizione preventiva della miscela di progetto, approvata dalla DL, in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in calce.
- il suo tenore in calce sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

#### *Terra stabilizzata a cemento*

La terra stabilizzata a cemento è una miscela composta da terra, cemento e acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico - chimico e meccaniche della terra onde ottenere una miscela idonea per

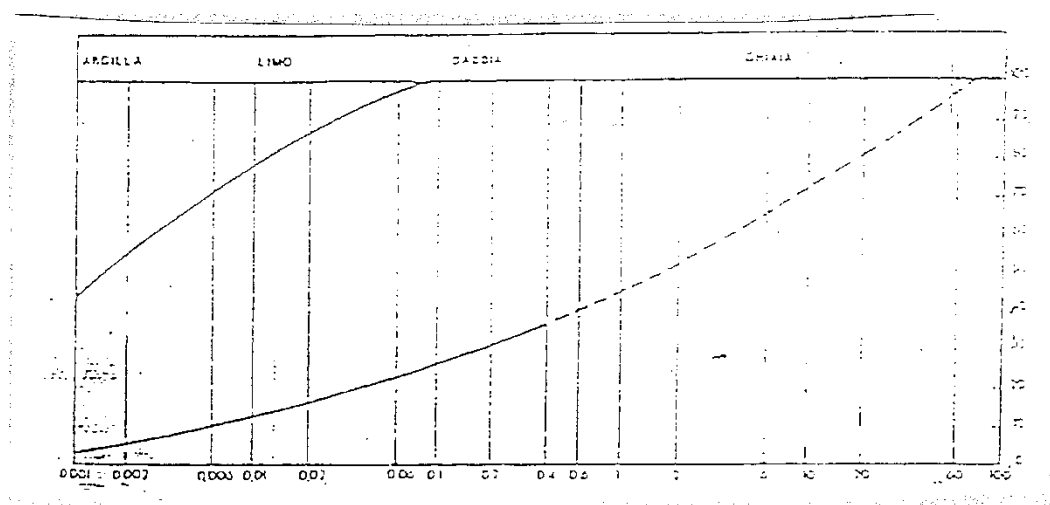


la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante, di adeguata indeformabilità, nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.

Una terra affinché risulti adatta alla stabilizzazione a cemento deve essere di tipo sabbioso, ghiaioso, sabbioso-limoso e/o argilloso, ghiaioso-limoso e/o argilloso e limoso, ed avere indice di plasticità normalmente minore di 15.

Possono essere trattati a cemento anche materiali friabili o profondamente alterati, purché riconducibili con un adeguato trattamento alle volute funzioni portanti.

La loro curva granulometrica deve rientrare nel fuso appresso riportato:



il diametro massimo degli elementi dovrà essere definito in funzione dell'impiego della miscela, preferibilmente dovrà essere inferiore ai 50 mm.

Il passante al setaccio 0.075 mm non deve superare il 50%.

Il tipo di cemento da impiegare dovrà essere del tipo Portland 32,5.

Le terre impiegate non dovranno presentare un contenuto di sostanza organica superiore al 2%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di sostanza organica garantiscano comunque i requisiti di resistenza, indeformabilità e durabilità richiesti.

Inoltre, le terre impiegate non dovranno avere un contenuto di solfati superiore all'1%.

La D. L. potrà derogare a tale limitazione se opportune campagne di sperimentazione, siano tali da indicare che percentuali più elevate di solfati garantiscano comunque i requisiti di resistenza richiesti.

La quantità di acqua e di cemento con cui effettuare l'impasto con i terreni da riqualificare (miscela di progetto) va determinata preliminarmente (alla posa in opera in sito) in laboratorio in base a prove CBR (UNI EN 13286-47:2012), a prove di costipamento e prove di rottura a compressione, ed a qualsiasi altra prova che si ritenga necessaria.

Il valore dell'indice CBR deve risultare in ogni caso adeguato alla specifica destinazione del materiale.

Esso viene determinato dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, seguendo la procedura indicata nella norma UNI EN 13286-47:2012.

Le curve dell'indice CBR, delle caratteristiche di costipamento ottenute con energia AASHTO Modificata (CNR 69 -1978) e della resistenza a compressione, dovranno essere tracciate in base ai risultati su miscele sperimentali con diversi tenori di cemento, permettendo di definire come variano con la quantità

---

---

di cemento i valori massimi dell'indice CBR, della massa volumica del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione.

Noti questi valori sarà definita di volta in volta la composizione preventiva della miscela di progetto, approvata dalla DL, in modo che:

- il suo tenore in acqua sia non inferiore a quello che si avrà operando nelle condizioni di cantiere di una miscela di pari contenuto in cemento.
- il suo tenore in cemento sia sufficiente a garantire che la miscela presenti le caratteristiche di portanza, costipabilità e stabilità richieste nel progetto.

#### *Piano di appoggio del rilevato*

Il trattamento in sito dei terreni di appoggio di rilevato, trattati con i suddetti leganti (calce o cemento) deve essere tale da garantire le caratteristiche di portanza previste dal progetto e comunque non inferiori a :

**A)** Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri :

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup>, (CNR 146 - 1992);

**B)** Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa, nell'intervallo di carico tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> (CNR 146 - 1992);

#### *Piano di appoggio della sovrastruttura (sottofondo)*

Il valore minimo prescritto per l'indice CBR all'umidità ottima (UNI EN 13286-47:2012) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup>.

#### *Rilevati*

I rilevati con materiali corretti, potranno essere eseguiti dietro ordine delle D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

Le caratteristiche di portanza delle terre stabilizzate con i leganti (calce o cemento), devono essere quelle previste dal progetto e comunque non inferiori a :

**A)** Per altezze di rilevato da 0 a 2 metri :

il valore minimo prescritto per l'indice CBR (UNI EN 13286-47:2012) dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 60 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 50 MPa, nell'intervallo di carico compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup> (CNR 146 - 1992);

**B)** Per altezza di rilevato oltre i 2 metri:

---

---

---

---

il valore minimo prescritto per l'indice CBR dopo sette giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua deve risultare non inferiore a 30 con un corrispondente rigonfiamento non maggiore del 1,5%

Per quanto riguarda le caratteristiche di indeformabilità, queste dovranno risultare non minori di 20 MPa (CNR 146 - 1992), nell'intervallo di carico compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup>.

#### *Resistenza al gelo*

Nel caso in cui la terra debba essere impiegata in zone in cui l'azione del gelo non è occasionale, si debbono porre in atto ulteriori indagini e provvedimenti suggeriti dalle condizioni locali d'impiego onde evitare l'ammaloramento del materiale in opera per effetto del gelo. Un aumento del dosaggio del legante può risultare utile a questo scopo.

#### *Modalità di lavorazione*

La stabilizzazione dei terreni con leganti implica il miglioramento delle caratteristiche della terra; i requisiti di idoneità della miscela ottenuta verranno accertate mediante prove di resistenza a compressione o prove di carico, e qualsiasi altra prova necessaria .

I procedimenti di riabilitazione o di stabilizzazione dei terreni argillosi con calce potranno avvenire con trattamento in sito (impianti mobili) oppure predisponendo le miscele da porre in opera in adeguati impianti fissi; comunque la miscela, una volta stesa, dovrà presentarsi uniformemente mescolata ed opportunamente umidificata secondo l'umidità ottima determinata mediante la relativa prova di laboratorio, e comunque non maggiore dell'1.5% dell'ottimo indicato dal progetto.

La suddetta umidità dovrà essere determinata a miscela posta in opera e sarà determinata in sito mediante metodologie rapide definite dalla D. L..

Inoltre tale umidità dovrà essere mantenuta costante sino al termine delle operazioni di posa in opera.

Il singolo strato non dovrà avere spessore superiore ai 30 cm.

Tutti i processi dovranno comunque essere preventivamente approvati dalla D.L. e dovranno essere realizzati dall'Impresa sotto le disposizioni della stessa D.L..

Il trattamento in sito, eseguito sotto il controllo e le direttive della D.L., dovrà prevedere le seguenti fasi operative:

- scarificazione ed eventuale polverizzazione con ripper di motolivellatrici o con lame scarificatrici ed erpici a disco;
  - spandimento del cemento in polvere mediante adatte macchine spanditrici; tale spandimento dovrà essere effettuato esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa; si dovrà impedire a qualsiasi macchinario, eccetto quello necessario che verrà impiegato per la miscelazione, di attraversare la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato miscelato con il terreno. Il quantitativo necessario al trattamento dell'intero strato, sarà distribuito in maniera uniforme sulla superficie ed in maniera da risultare soddisfacente al giudizio della D. L.;
  - mescolazione con adeguati mescolatori ad albero orizzontale rotante. Il numero di passate dipende dalla natura del suolo e dal suo stato idrico. Si dovrà inoltre garantire un adeguato periodo di maturazione della miscela, da determinarsi di volta in volta a seconda della natura dei terreni. L'Impresa dovrà garantire una adeguata polverizzazione della miscela, che si considera sufficiente quando l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, attraversa il setaccio 4 UNI (apertura di 4,76 mm). Nel caso in cui le normali operazioni di mescolazione non dovessero garantire questo voluto grado di polverizzazione, l'Impresa dovrà procedere ad una preventiva polverizzazione della terra, affinché si raggiungano tali requisiti nella miscelazione dell'impasto.
- 
-

- compattazione e finitura con rulli a “piedi di montone” , che precedono i passaggi di rulli gommati pesanti e/o rulli lisci vibranti. La sagomatura finale dovrà essere operata mediante motolivellatrice. La velocità di compattazione dovrà essere tale da far sì che il materiale in oggetto, venga costipato, prima dell’inizio della presa del legante.

Nella stabilizzazione a cemento, dopo il costipamento, si dovrà predisporre un adeguato strato di protezione per la maturazione, evitando di disturbare lo strato nella fase di presa per almeno 24 ore.

Le operazioni di trattamento e posa in opera della terra stabilizzata dovranno essere effettuate in condizioni climatiche tali da garantire il voluto contenuto di acqua determinato attraverso la campagna sperimentale preliminare, ed inoltre si richiede per la posa in opera una temperatura minima di 7 °C.

Al termine della giornata di lavoro, e comunque in corrispondenza delle interruzioni delle lavorazioni, si dovrà predisporre, in corrispondenza della parte terminale dello strato, una traversa al fine di far sì che anche porzione risulti soddisfacentemente costipata nonché livellata.

Il trattamento effettuato con adeguati impianti fissi o mobili dovrà essere approvato preventivamente dalla D.L., la quale potrà intervenire con opportune direttive , variazioni e/o modifiche durante la posa in opera dei materiali.

2 . 4 . 9 . 2            RILEVATI CON MATERIALI RICICLATI DA:

- rifiuti speciali da demolizione edile
- rifiuti speciali industriali - scorie.

**A) Rifiuti speciali da demolizione edile**

In alternativa ai materiali naturali rispondenti alla classificazione UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018, può essere previsto, nella costruzione di rilevati, l’impiego di inerti provenienti da recupero e riciclaggio di materiali edili e di scorie industriali.

I rilevati con materiali riciclati, potranno essere eseguiti previa autorizzazione della D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale.

E’ comunque vietato l’utilizzo diretto dei materiali provenienti da demolizioni, costruzioni e scavi ai sensi del D.P.R. 10-9-1982 n. 915 e seguenti, e del Decreto Legislativo n° 22 del 5/02/1997 e successive modifiche ed integrazione.

L’uso di tali materiali è consentito previo loro trattamento in appositi impianti di riciclaggio autorizzati secondo la normativa di Legge vigente.

Tutti gli oneri e costi relativi alla autorizzazione, installazione e gestione dell’impianto di riciclaggio restano a totale ed esclusivo carico dell’appaltatore. Parimenti, ogni onere e costo relativo allo stoccaggio, carico, trasporto e smaltimento a rifiuto, compreso gli oneri di discarica, relativo ai materiali di scarto del processo di trattamento e non idonei all’impiego, restano a totale ed esclusivo carico dell’appaltatore.

Gli impianti di riciclaggio dovranno essere costituiti da distinte sezioni di trattamento, attraverso fasi meccanicamente e tecnologicamente interconnesse di macinazione, vagliatura, selezione granulometrica e separazione dei materiali ferrosi, legnosi, e delle frazioni leggere, nonché delle residue impurità, per la selezione dei prodotti finali.

Gli impianti dovranno comunque essere dotati di adeguati dispositivi per la individuazione di materiali non idonei.

Dovrà essere preventivamente fornita alla DL oltre all’indicazione dell’impianto o degli impianti di produzione, con la specifica delle caratteristiche delle modalità operative riferite sia alla costanza di qualità del prodotto, sia ai sistemi di tutela da inquinanti nocivi, una campionatura significativa del materiale prodotto e le eventuali certificazioni relative a prove sistematiche fatte eseguire su materiali.

Il materiale dovrà comunque rispondere alle specifiche tecniche di seguito riportate.

Il materiale fornito dovrà avere pezzatura non superiore a 71 mm. e dovrà rientrare nel fuso granulometrico di seguito riportato.

Serie Crivelli e Setacci UNI	passante % in peso
crivello 71	100
crivello 40	75 - 100
crivello 25	60 - 87
crivello 10	35 - 67
setaccio 2	15 - 40
setaccio 0.4	7 - 22
setaccio 0.075	2 - 15

I componenti lenticolari non dovranno essere ( definite come in BU CNR n° 95/84) in quantità superiore al 30 % ;

Devono essere assenti sostanze organiche (UNI EN 1744-1:2013) o contaminanti, ai sensi del D.P.R. 10.9.1989 n° 915 pubblicato sulla G.U. n°343 del 15.12.82.

Prove di prequalificazione del materiale:

a) determinazione della percentuale di rigonfiamento, che dovrà essere secondo le modalità previste per la prova CBR (UNI EN 13286-47:2012) , inferiore a 1%;

b) prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;

c) verifica della sensibilità al gelo (CNR 80/1988 Fasc. 4 art. 23 modificato), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A); sarà ritenuto idoneo il materiale con sensibilità al gelo  $G \leq 30$ ;

Per la posa in opera, si dovrà procedere alla determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante procedimento AASHO modificato (CNR 69 - 1978) e per la stesa del materiale si dovrà procedere per strati di spessore compreso fra 15 a 30 cm., secondo le indicazioni della D.L., costipati per mezzo di rulli vibranti di tipo pesante.

Il materiale dovrà essere scaricato in cumuli estesi e immediatamente sottoposto ad una prima umidificazione, per evitare la separazione delle parti a diversa granulometria, non essendo presente di norma la umidità naturale.

L'umidità da raggiungersi non dovrà essere inferiore al 7-8 %.

Il materiale dovrà essere posto in opera mediante motolivellatore (Grader), o con altro mezzo idoneo, di adeguata potenza, in maniera da evitare comunque la separazione dei componenti di pezzatura diversa, e adeguatamente rullato a umidità ottimale.

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm) (CNR 146 - 1992 ) dovrà risultare non inferiore a:

50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale in rilevato;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup>, sul piano di posa del rilevato posto a 1,00 m, al di sotto del piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale;

15 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa del rilevato posto a 2,00 m, o più , al di sotto del piano di posa della fondazione della sovrastruttura stradale.

Per i suddetti materiali valgono le stesse prescrizioni di grado di costipamento già specificato per le terre.

**B) Rifiuti speciali industriali - scorie**

Sempre in alternativa ai materiali rispondenti alla classificazione UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018 può, essere previsto nella costruzione di rilevati l'impiego di materiali provenienti da scorie industriali - loppe d'altoforno.

I rilevati con scorie industriali, potranno essere eseguiti dietro ordine delle D.L. e solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali e/o due piani quotati del corpo stradale.

Le caratteristiche dei rifiuti debbono essere rispondenti alle prescrizioni del Decreto Legislativo n° 22 del 5/02/1997 e successive modifiche ed integrazione e quindi corrispondenti a tutte le prescrizioni contenute nelle direttive CEE, sui rifiuti in genere (CEE 91/156) e sui rifiuti pericolosi (CEE 91/689).

In conformità dell'art. 4 del D.L. n°22 del 5/02/1997, viene favorito il reimpiego ed il riciclaggio di detti rifiuti previ accordi e convenzioni con i soggetti produttori interessati al reimpiego di dette materie, al fine di stabilire anche una positiva valutazione economica.

Tutti gli oneri inerenti alla gestione, sicurezza e garanzia della stabilità chimico-fisica del prodotto da utilizzare, rimangono a carico dell'imprenditore, così come tutti gli oneri e le incombenze derivanti dai permessi da richiedersi presso gli Enti preposti alla tutela dell'ambiente e del territorio.

Tali permessi sono rigorosamente prescritti, prima di procedere a qualsiasi utilizzazione ed impiego del materiale in esame.

E' riservata alla Direzione Lavori, la facoltà di adottare la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando le scorie esclusivamente al nucleo centrale, ed utilizzando per le fasce laterali di spessore costante dell'ordine dei 2.0 m, terre tradizionali.

Per tale materiale di recupero si applicano le prescrizioni di cui all'Appendice A della UNI EN 13285:2018 di seguito illustrate.

La composizione di miscele contenenti aggregati riciclati dovrebbe essere determinata mediante cernita visiva, utilizzando il metodo descritto in fase A.2. .

Se si utilizza una delle descrizioni seguenti, la composizione dovrebbe conformarsi al relativo prospetto :

- aggregati di calcestruzzo miscelati frantumati (prospetto A.1);
- aggregati di muratura frantumati (prospetto A.2);
- aggregati miscelati frantumati (prospetto A.3);
- materiali per fondi stradali frantumati (prospetto A.4);
- cenere residua di inceneritore (prospetto A.5).

Nota 1 : Le composizioni indicate nei prospetti riflettono la pratica stabilita in alcuni paesi e sono riportate come guida. Sono consentite altre miscele, incluse le miscele con un'alta proporzione di asfalto riciclato.

Nota 2 : Quando i prospetti si riferiscono alla massa volumica, si intende la massa volumica delle particelle essiccate in forno, determinata in base alla EN 1097-6.

**Prove – Dimensione Minima del Provino**

La dimensione richiesta del provino dipende dal sopravaglio della miscela, come indicato di seguito :

- $D \leq 32 \text{ mm}$  4.000g;
- $D > 32 \text{ mm}$  10.000g .

**Procedimento**

Utilizzando il procedimento indicato nella EN 933-1, lavare il provino su uno staccio di 8mm. Non sovraccaricare lo staccio. Essiccare le particelle trattenute sullo staccio a massa costante e registrare la massa  $M$  . Vagliare visivamente le particelle lavate ed essiccate suddividendole come segue :

- aggregati rocciosi frantumati;
- aggregati di ghiaia;
- calcestruzzo e altre miscele legate con leganti idraulici;
- scorie (includendo il tipo, se conosciuto);
- mattoni, blocchi di muratura e calcestruzzo;
- muratura di silicato di calcio;
- aggregati leggeri;
- asfalto frantumato o recuperato;
- contaminati organici – legno, plastica, ecc.

Determinare la massa di ciascun gruppo  $m$ , ed esprimerla come percentuale, utilizzando la formula:  
 $100 \times m / M$  . in percentuale in massa

---

---

prospetto A.1 **Aggregati di calcestruzzo miscelati frantumati**

Componenti		Percentuale in massa
Principale	Calcestruzzo frantumato (massa volumica > 2,1 Mg/m <sup>3</sup> ) e aggregati (incluse scorie)	≥90
Altro granulare	Muratura frantumata	≤10
	Asfalto recuperato frantumato	≤5
Contaminanti	Materiali coesivi (inclusa argilla)	≤1
	Materiali organici	≤0,1

prospetto A.2 **Aggregati di muratura frantumati**

Componenti		Percentuale in massa
Principale	Muratura frantumata (massa volumica > 1,6 Mg/m <sup>3</sup> ), calcestruzzo frantumato (massa volumica > 2,1 Mg/m <sup>3</sup> ) e aggregati (incluse scorie)	≥80
Altro granulare	Granulare con massa volumica < 1,6 Mg/m <sup>3</sup>	≤20
	Asfalto recuperato frantumato	≤5
Contaminanti	Materiali coesivi (inclusa argilla)	≤1
	Materiali organici	≤0,1

prospetto A.3 **Aggregati miscelati frantumati**

Componenti		Percentuale in massa
Principale	Calcestruzzo frantumato (massa volumica > 2,1 Mg/m <sup>3</sup> ) e aggregati (incluse scorie)	≥50
Altro granulare	Muratura frantumata	≤50
	Asfalto recuperato frantumato	≤5
	Granulare con massa volumica > 1,6 Mg/m <sup>3</sup>	≤10
Contaminanti	Materiali coesivi (inclusa argilla)	≤1
	Materiali organici	≤0,1

prospetto A.4 **Materiali per fondi stradali frantumati**

Componenti		Percentuale in massa
Principale	Materiali per pavimentazioni stradali - incluso calcestruzzo frantumato, aggregati non legati ed aggregati legati con leganti idraulici frantumati	≥90
	Asfalto recuperato frantumato	≤30
Contaminanti	Materiali coesivi (inclusa argilla)	≤1
	Materiali organici	≤0,1

prospetto A.5 **Cenere residua di inceneritore**

Componenti		Percentuale in massa
Principale	Granulare con base minerale, inclusi vetro, ceramica, scorie, ecc.	≥90
Altro	Ferro e altri metalli	≤5
Contaminanti	Materiale non incenerito	≤6
	Materiale organico	≤5
	Cenere volante di inceneritore	0



Il materiale verrà posto in opera mediante l'impiego di motolivellatrice (grader) in strati di spessore compreso tra i 15 e i 30 cm.

Nell'eventualità di una parzializzazione del corpo del rilevato i materiali di contronucleo verranno posti in opera con strati aventi medesimo spessore di quelli realizzati con loppa.

Quindi si procederà al costipamento dell'intero strato.

A compattazione avvenuta, tutti i materiali utilizzati per la realizzazione del singolo strato, dovranno presentare una massa volumica non inferiore al 90% di quella massima individuata nelle prove di compattazione (CNR 69-1978), (CNR 22 - 1972).

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione al primo ciclo di carico su piastra (diametro 30 cm)(CNR 146 -1992) dovrà risultare non inferiore a:

50 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.15 - 0.25 N/mm<sup>2</sup> sul piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale in rilevato;

20 MPa: nell'intervallo compreso tra 0.05 - 0.15 N/mm<sup>2</sup> sui restanti strati del rilevato oltre 1,00 m al di sotto della pavimentazione stradale.

## 2 . 5 DUNE

Le dune saranno realizzate secondo quanto previsto dal progetto costruttivo ed eventuali specifiche tecniche integrative e dovranno, qualora previsto, essere richieste le autorizzazioni delle competenti autorità.

Dovranno essere predisposte aree di deposito e/o stoccaggio per materiali di risulta da scavi o per cumulo di terreni da utilizzare.

Il materiale da impiegare (reti metalliche, geogriglie, biostuoie, specie vegetali e quant' altro previsto) dovrà essere qualificato ed essere conforme al progetto.

Il terreno da utilizzare per la costruzione delle dune deve essere giudicato atto allo scopo e corrispondente alle prescrizioni progettuali.

In corso d' opera dovranno essere controllati modalità e fasi di posa delle reti metalliche, geogriglie o biostuoie di contenimento dune, compreso il corretto inserimento di sostegno quali staffe e/o barre di rinforzo.

Le reti e/o le biostuoie utilizzate dovranno essere integre prima del loro montaggio e sagomatura.

Sagomatura, altezza, sviluppo e montaggio delle reti dovranno essere conformi a quanto previsto in progetto.

Il riempimento deve essere svolto rispettando l' andamento previsto negli elaborati progettuali e compattato secondo le modalità previste ( per la frequenza e la tipologia delle prove in corso d' opera vedasi il paragrafo 2.4 di questa medesima sezione). Dovranno essere inoltre verificate le chiusure degli elementi posati.

Dovranno anche essere eseguiti dei controlli sulle specie vegetali da piantumare che dovranno presentarsi in buono stato di conservazione.

Infine la semina sulla scarpata e le piantumazioni dovranno svolgersi nel rispetto di definite prescrizioni.

## 2 . 6 SPECIFICA DI CONTROLLO QUALITÀ

### 2 . 6 . 1 DISPOSIZIONI GENERALI

La seguente specifica di CQ si applica ai vari tipi di rilevato costituenti l'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, terre, calci, cementi, etc) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla D.L., i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio Ufficiale e/o qualificati dalla Direzione Lavori, ivi compresi i laboratori di cantiere.

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

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale.

I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

La frequenza minima delle prove ufficiali sarà quella indicata nella allegata Tabella 2, la frequenza delle prove di cantiere, sarà imposta dalle puntuali verifiche che il programma di impiego dei materiali , approvato preventivamente dalla D.L., vorrà accertare.

I materiali da impiegare a rilevato, sono caratterizzati e classificati secondo le Norme UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018, e riportati nell'allegata Tabella 1.

La normativa di riferimento per esercitare i controlli conseguenti, sono indicati nel seguente prospetto:

CATEGORIE DI LAVORO E MATERIALI	CONTROLLI PREVISTI	NORMATIVA DI RIFERIMENTO
MOVIMENTI DI TERRA		D.M. 14.01.08
PIANI DI POSA DEI RILEVATI	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra	UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018 UNI EN 13286-2:2010 B.U.- C.N.R. n.22 UNI EN 13286-47:2012 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
PIANI DI POSA DELLE FONDAZIONI STRADALI IN TRINCEA	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito	UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018 UNI EN 13286-2:2010

	CBR Prova di carico su piastra	B.U.- C.N.R. n.22 UNI EN 13286-47:2012 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI
FORMAZIONE DEI RILEVATI	Classificazione delle terre  Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR Prova di carico su piastra Impiego della calce	UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018 UNI EN 13286-2:2010 B.U.- C.N.R. n.22 UNI EN 13286-47:2012 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI B.U.- C.N.R. n.36 A VII

2 . 6 . 1 . 1      PROVE DI LABORATORIO

Accertamenti preventivi.

Le caratteristiche e l' idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica ;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua ;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di
- passante al setaccio 0,4 ;
- prova di costipamento con energia AASHO Modificata (CNR 69 -1978) ;
- la caratterizzazione e frequenza delle prove è riportata in Tabella 2.

2 . 6 . 1 . 2      PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, inviando i campioni presso altro Laboratorio Ufficiale e/o qualificato dalla Direzione Lavori, ivi compresi i laboratori di cantiere.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio di Direzione Lavori previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modo più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

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

La frequenza e le modalità delle prove sono riportate nella Tabella 2.

2 . 6 . 1 . 3      PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA

Sul piano di posa del rilevato nonché nei tratti in trincea, si dovrà procedere, prima dell'accettazione, al controllo delle caratteristiche di deformabilità, mediante prova di carico su piastra (CNR 146-1992) e dello stato di addensamento (massa volumica in sito, CNR 22 - 1972). La frequenza delle prove è stabilita in una prova ogni 2000 mq, e comunque almeno una per ogni corpo di rilevato o trincea.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La Direzione Lavori potrà richiedere, in presenza di terreni "instabili", l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione, ecc.).

Il controllo della strato anticapillare sarà effettuato con le stesse frequenze per i singoli strati del rilevato, e dovrà soddisfare alle specifiche riportate al punto 2.4.7.3

---

---



**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 49 di 390

Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI2332												
Limite liquido Indice di plasticità	— ≤ 6	— N.P.	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10max	≤ 40 > 10	> 40 > 10	≤ 40 ≤ 10	> 40 ≤ 10	≤ 40 > 10	> 40 > 10 (IP ≤ IL-30)	> 40 > 10 (IP > LL-30)	
Indice di gruppo	0	0	0	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20				
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grassa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Sabbia fine	Ghiaia o sabbia limosa o argillosa			Limi poco compressibili	Limi poco compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre	
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono					Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo	

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA **50** di **390**

Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve		Media	Molto elevata	Media	Elevata	Media	
Ritiro o rigonfiamento	Nullo		Nulla o lieve	Lieve o medio	Elevato	Elevato	Molto elevato	
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa		Scarsa o nulla			
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabile	Aspri al tatto - Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla	Reagiscono alla prova di scuotimento* - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido	Non reagiscono alla prova di scuotimento* - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido		Fibrosi di color bruno o nero - Facilmente individuabili a vista	
<p>* Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi dalle argille . Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera , che comparirà comprimendo il campione fra le dita.</p>								

**TABELLA 2**Frequenza delle prove (almeno 1 ogni m<sup>3</sup> \_\_\_\_\_)

TIPO DI PROVA	RILEVATI STRADALI				TERRE RINFORZATE	
	<i>Corpo del rilevato</i>		<i>Ultimo strato di cm 30</i>		primi 5000 m <sup>3</sup>	successivi m <sup>3</sup>
	primi 500 0 m <sup>3</sup>	successi vi m <sup>3</sup>	primi 5000 m <sup>3</sup>	successi vi m <sup>3</sup>		
Classificazione CNR-UNI 10006/63	500	10000	500	2500	500	5000
Costipamento AASHO Mod. CNR	500	10000	500	2500	500	5000
Massa volumica in B.U. CNR n.22	250	5000	250	1000	250	1000
Prova di carico su piastra CNR 9 - 67	*	*	500	2000	1000	5000
Controllo umidità	**	**	**	**	**	**
Resistività	*	*	*	*	500	5000
pH	*	*	*	*	500	5000
Solfati e cloruri	*	*	*	*	5000	5000
* Su prescrizione delle Direzione Lavori						
** Frequenti e rapportate alle condizioni meteorologiche locali e alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato						

#### 2.6.2 CONTROLLO DEI MATERIALI IMPIEGATI NEL MIGLIORAMENTO E NELLA STABILIZZAZIONE A CALCE E/O CEMENTO

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

Il trattamento a calce e/o cemento richiede particolare cura nelle varie fasi della lavorazione. In caso contrario gli esiti positivi riscontrati in laboratorio, potrebbero essere decisamente compromessi.

##### 2.6.2.1 PROVE DI LABORATORIO

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:



- analisi granulometrica (una almeno ogni 1.000 m<sup>3</sup> di materiale);
- determinazione del contenuto naturale d'acqua (una ogni giorno);
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di
- passante al setaccio 0,4 (una ogni giorno);
- Sul materiale trattato, verranno effettuate le seguenti prove:
- Polverizzazione del materiale trattato (una ogni 500 m<sup>2</sup>)
- CBR (dopo 7 giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua) (una ogni 500 m<sup>2</sup>)

2 . 6 . 2 . 2 PROVE IN SITO

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare

Sarà effettuata una prova ogni 1000 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera.

2 . 6 . 2 . 3 PROVE DI CONTROLLO SUL PIANO DI POSA

Le prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati, sottoposto a stabilizzazione con calce e cemento, avranno la frequenza di una prova ogni 1000 m<sup>2</sup>.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

**2 . 6 . 3 CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI DA DEMOLIZIONE EDILE**

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

2 . 6 . 3 . 1 PROVE DI LABORATORIO

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali da trattare saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio, eseguite ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69);
- determinazione della percentuale di rigonfiamento secondo le modalità previste per la prova CBR (CNR UNI EN 13286-47:2012);
- verifica della sensibilità al gelo (CNR BU n° 80/80), condotta sulla parte di aggregato passante al setaccio 38.1 e trattenuto al setaccio 9.51 (Los Angeles classe A);
- prova di abrasione Los Angeles; sarà ritenuto idoneo il materiale che subisce perdite inferiori al 40 % in peso;

2 . 6 . 3 . 2 PROVE IN SITO

Le prove in sito saranno effettuate secondo quanto riportato nella Tabella 2.

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
  - Prova di carico con piastra circolare
- 
-

Sarà effettuata una prova ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera.

#### 2.6.4 CONTROLLO DEI MATERIALI RICICLATI DA RIFIUTI SPECIALI INDUSTRIALI – SCORIE

La normativa di riferimento ed i controlli relativi a detti materiali sono fissati nelle specifiche già stabilite per i rilevati, ed alle quali si rimanda.

##### 2.6.4.1 PROVE DI LABORATORIO

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento mediante prova di costipamento con procedimento AASHO modificato (CNR BU n° 69);
- determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità);
- analisi granulometrica ;
- determinazione dell'attività;

La determinazione del contenuto naturale di acqua (umidità) e del tenore di acqua, la granulometria e l'attività verranno determinate ogni 200 t di materiale.

##### 2.6.4.2 PROVE IN SITO

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito;
- Prova di carico con piastra circolare ;

Sarà effettuata una prova ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera.

#### 2.6.5 TELO GEOTESSILE “TESSUTO NON TESSUTO”.

Quando previsto in progetto, lo strato di geotessile da stendere sul piano di posa del rilevato dovrà essere del tipo non tessuto in polipropilene.

Il geotessile dovrà essere del tipo “a filo continuo”, prodotto per estrusione del polimero.

Dovrà essere composto al 100% da polipropilene di prima scelta (con esclusione di fibre riciclate), agglomerato con la metodologia dell'agugliatura meccanica, al fine di evitare la termofusione dei fili costituenti la matrice del geotessile.

Non dovranno essere aggiunte, per la lavorazione, resine o altre sostanze collanti.

Il telo «geotessile» dovrà avere resistenza a trazione longitudinale e trasversale non inferiore a 15KN/m o 6KN/m a seconda delle indicazioni previste dagli elaborati progettuali con funzioni, caratteristiche e metodi di prova da utilizzare secondo quanto previsto dalle norme UNI EN 13249:2016-13251:2016-13256:2016, per le altre caratteristiche fisico-meccaniche si rimanda al p.to 2.4.7.4.

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego, per quanto concerne le modalità di campionatura del geotessile si rimanda a quanto previsto dalla normativa di riferimento.

---

---

I prelievi dei campioni saranno eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori; le prove dovranno essere effettuate presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

La qualificazione del materiale sarà effettuata mediante le prove previste dalle norme UNI EN 13249:2016-13251:2016-13256:2016.

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

#### 2.6.6 CONTROLLO SCAVI

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la DL, in contraddittorio con l'impresa, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

##### A) prove di laboratorio

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

##### Terre:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale di acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 ;
- eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

##### Rocce:

- resistenza a compressione monoassiale;

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

La frequenza delle prove sarà la seguente:

- Rilevati
  - 1 prelievo ogni 100 metri lineari circa di fondo scavo e comunque almeno uno per WBS (nel computo complessivo dei prelievi verranno inclusi anche quelli effettuati in fase di progettazione esecutiva con le relative analisi);
- Gallerie e Trincee

- 1 prelievo ogni 2000 mq di fondo scavo e comunque almeno uno per WBS (nel computo complessivo dei prelievi verranno inclusi anche quelli effettuati in fase di progettazione esecutiva con le relative analisi);

B) Prove in situ

Terre :

si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

Rocce :

si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni.

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

I laboratori presso i quali effettuare le prove saranno quelli qualificati da AS ivi compresi i laboratori di cantiere.

**2 . 6 . 7 CONTROLLO DRENI PREFABBRICATI**

A) Controllo dei materiali

Il produttore alleggerà ad ogni lotto una certificazione del prodotto dove saranno riportate le caratteristiche del materiale conformi a quanto specificato dal presente capitolato.

B) Attrezzature d'infissione

L'impresa dovrà presentare, prima dell'inizio dei lavori e per conoscenza, all DL una relazione tecnica riguardante le metodologie scelte per la realizzazione dei dreni e le caratteristiche delle attrezzature.

Qualora si preveda di impiegare sonde a rotazione o a rotopercolazione, la DL dovrà approvare specificatamente l'impiego di tali attrezzature.

Durante la posa in opera dovrà essere redatta una apposita scheda sulla quale dovrà essere riportata la effettiva lunghezza installata per ciascun dreno.

Si dovrà riportare inoltre la posizione planimetrica rispetto agli elaborati di progetto, e che questa non si discosti più di 10 cm dalla suddetta posizione.

**2 . 6 . 8 CONTROLLO DRENI IN SABBIA**

A) Qualifica dei materiali

---

---

L'Impresa per ogni lotto fornito, e comunque ogni 100 m<sup>3</sup> di sabbia, dovrà effettuare prove granulometriche atte a verificare la conformità della partita alla granulometria specificata negli elaborati progettuali.

In assenza di tali specifiche, si adotterà il fuso riportato nel punto 2.7.8.4. del presente capitolato.

B) Attrezzature d'impiego

Qualora si preveda di impiegare fluidi di perforazione diversi da acqua o additivi di questa, si richiederà l'approvazione specifica della DL.

C) Fase esecutiva

In fase esecutiva per ogni dreno si dovrà compilare una scheda sulla quale verranno riportate:  
discordanza con la posizione di progetto, che comunque non dovrà essere superiore a 10 cm;  
profondità raggiunta dalla perforazione;  
quantitativo complessivo di sabbia immessa;  
caratteristiche della certificazione relativa al lotto di materiale granulare;  
caratteristiche delle attrezzature di perforazione;  
fluido impiegato per la perforazione.

---

---

**SEZ. 04 "DEMOLIZIONI"****1 GENERALITÀ****1.1 MURATURE E FABBRICATI**

Le demolizioni di fabbricati e di murature di qualsiasi genere (armate e non, in precompresso), potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligatoria, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

Verranno impiegati i mezzi previsti dal progetto e/o ritenuti idonei dalla Direzione Lavori:

- scalpellatura a mano o meccanica;
- martello demolitore;
- pinze / Attrezzi idraulici;
- seghe circolari/ fili diamantati;
- agenti demolitori non esplosivi ad azione chimica con espansione lenta e senza propagazione dell'onda d'urto.

Le demolizioni dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da prevenire qualsiasi infortunio al personale addetto, evitando inoltre tassativamente di gettare dall'alto i materiali i quali dovranno invece essere trasportati o guidati in basso. Nel caso di demolizioni parziali, o in qualunque altro caso ritenuto opportuno dalla D.L., potrà essere richiesta l'esecuzione delle demolizioni mediante l'uso di seghe circolari, fili diamantati, pinze idrauliche o qualsiasi altra tecnica o impiego di attrezzature speciali, in modo da realizzare tagli netti e puliti e contestualmente evitare l'insorgere di vibrazioni e conseguenti danni alle strutture eventualmente da conservare. Il tutto senza alcuna maggiorazione del prezzo, in quanto già compreso negli oneri da tenere in considerazione a carico dell'impresa.

Inoltre l'impresa dovrà prevedere, a sua cura e spese, ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture sottostanti e le proprietà di terzi.

L'Impresa sarà pertanto responsabile di tutti i danni che una cattiva conduzione nelle operazioni di demolizioni potessero arrecare alle persone, alle opere e cose, anche di terzi.

Nel caso di demolizioni parziali potrà essere richiesto il trattamento con il getto di vapore a 373 K ed una pressione di 0,7-0,8 MPa per ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati secondo le disposizioni progettuali.

Per le demolizioni da eseguirsi su strade in esercizio, l'impresa dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con l'Ente proprietario, tramite la Direzione Lavori, le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

In particolare, la demolizione delle travi di impalcati di opere d'arte o di impalcati di cavalcavia anche a struttura mista, su autostrade in esercizio, dovrà essere eseguita fuori opera, previa separazione dalle strutture esistenti, sollevamento, rimozione e trasporto di tali porzioni in apposite aree entro le quali potranno avvenire le demolizioni.

I materiali di risulta resteranno di proprietà dell'Impresa esecutrice, in qualità di produttrice del rifiuto. Il materiale recuperato potrà essere reimpiegato soltanto se ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori.

## **1.2 IDRODEMOLIZIONI**

La idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio su strutture di ponti e viadotti dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione modulabile fino a 1500 bar, con portate fino a 300 l/min, regolabili per quanto attiene la velocità operativa.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore alla minima indicata in progetto.

L'Impresa dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e la pulizia della superficie risultante.

Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo a distanza, nonché di idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di traffico.

Dovranno rispondere inoltre alle vigenti norme di Legge in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro ( D.Lgs. 81/08) alle quali l'impresa dovrà uniformarsi in sede operativa.

## **1.3 DEMOLIZIONE DI PAVIMENTAZIONE O MASSICCIA STRADALE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO**

La demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso per l'intero spessore o per parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, con nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Tali attrezzature dovranno essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori relativamente a caratteristiche meccaniche, dimensioni e capacità produttiva; il materiale fresato dovrà risultare idoneo, ad esclusivo giudizio della stessa Direzione Lavori, per il reimpiego nella confezione di conglomerati bituminosi.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori e non saranno pagati maggiori spessori rispetto a quelli previsti o prescritti.

Se la demolizione interessa uno spessore inferiore a 15 cm, potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa; per spessori superiori a 15 cm si dovranno effettuare due passaggi di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare longitudinalmente sui due lati dell'incavo un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm.

Le superfici scarificate dovranno risultare perfettamente regolari in ogni punto, senza discontinuità che potrebbero compromettere l'aderenza dei nuovi strati; i bordi delle superfici scarificate dovranno risultare verticali, rettilinei e privi di sgretolature.

La pulizia del piano di scarifica dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di spazzole rotanti e dispositivo aspiranti in grado di dare il piano depolverizzato.

Nel caso di pavimentazione su impalcati di opere d'arte, la demolizione dovrà eseguirsi con tutte le precauzioni necessarie a garantire la perfetta integrità della sottostante soletta; in questi casi potrà essere richiesta la demolizione con scalpello a mano con l'ausilio del martello demolitore.

Solamente quando previsto in progetto e in casi eccezionali, si potrà eseguire la demolizione della massicciata stradale, con o senza conglomerato bituminoso, anche su opere d'arte, con macchina

---

---

escavatrice od analoga e nel caso in cui il bordo della pavimentazione residua debba avere un profilo regolare, per il taglio perimetrale si dovrà fare uso della sega clipper.

---

---



---

---

**SEZ. 05 "ACCIAIO DA CARPENTERIA"**

---

---

**1 GENERALITÀ**

Le carpenterie metalliche dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto:

1) dalla Legge 5 novembre 1971 n° 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n° 321 del 21-12-1971);

2) dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della D.L.:

A) il progetto esecutivo delle opere e la relazione completa dei calcoli giustificativi di tutti gli elementi della costruzione nonché le luci di influenza delle deformazioni elastiche nei punti della struttura preventivamente concordata con la D.L.

Nel progetto esecutivo dovranno essere completamente definiti tutti i particolari costruttivi elencati nelle norme sopra citate.

Nella relazione di calcolo dovranno essere indicate le modalità di montaggio dell'opera, specificando il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi del montaggio;

B) tutte le indicazioni necessarie all'esecuzione delle opere di fondazione e alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle medesime.

I progetti esecutivi dovranno essere redatti a cura e spese dell'Impresa e dovranno corrispondere a tipi e norme stabiliti dalla D.L. oltre che a tutte le disposizioni di legge e norme ministeriali vigenti in materia.

Sugli elaborati di progetto, firmati dal progettista e dall'Impresa, dovranno essere riportati tipi e qualità degli acciai da impiegare.

Per quanto concerne il progetto della saldatura, è fatto obbligo all'Impresa di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.N.A. (Registra Italiano Navale) con sede a Genova che dovrà redigere apposita relazione da allegare al progetto.

In sede di approvazione dei progetti, la D.L. stabilirà in particolare i tipi e la estensione dei controlli sulle saldature in conformità a quanto stabilito dal D.M. 14.01.08, sopracitato, e tenuto conto di quanto prescritto al riguardo nella relazione.

Dopo l'approvazione del progetto esecutivo da parte della D.L., dovrà presentare a quest'ultima i disegni esecutivi di officina sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura .

L'Impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

---

---

---

---

## 2 COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI

Ogni volta che le partite di materiale metallico destinato alla costruzione delle travi e degli apparecchi di appoggio perverranno agli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Impresa darà comunicazione alla Direzione dei Lavori specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la ferriera di provenienza, la destinazione costruttiva, i risultati dei collaudi interni.

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta ogni volta che lo ritenga opportuno.

Le prove e le modalità di esecuzione saranno quelle prescritte dal D.M. 14.01.08.

---

---

## 3 COLLAUDO DIMENSIONALE E DI LAVORAZIONE

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di chiedere il premontaggio in officina, totale o parziale delle strutture, secondo modalità da concordare di volta in volta con l'Impresa.

Per i manufatti per i quali è prevista una fornitura di oltre 10 esemplari da realizzare in serie, deve prevedersi all'atto del collaudo in officina, il premontaggio totale o parziale, da convenirsi secondo i criteri di cui sopra, di un solo prototipo per ogni tipo.

In tale occasione la Direzione dei Lavori procederà alla accettazione provvisoria dei materiali metallici lavorati.

Analogamente a quanto detto al comma precedente, ogni volta che si rendono pronte per il collaudo le travate, l'Impresa informerà la Direzione dei Lavori indicando tipo e destinazione di ciascuna di esse.

Entro 8 giorni la Direzione dei Lavori darà risposta fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione della travata stessa in cantiere.

Nel caso del collaudo in contraddittorio, gli incaricati della Direzione dei Lavori verificheranno sia per ogni una delle parti componenti le opere appaltate, quanto per l'insieme di esse, la esatta e perfetta lavorazione a regola d'arte ed in osservanza ai patti contrattuali.

I pezzi presentati all'accettazione provvisoria devono essere scevri di qualsiasi verniciatura, fatta eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente fra loro, che debbono essere verniciati in conformità alle prescrizioni della Direzione dei Lavori.

---

---

## 4 MONTAGGIO

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo è previsto nella relazione di calcolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovra sollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfrecchia 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 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. 14.01.08 sopra citato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con un diametro superiore.

Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica purché questa 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'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione dei Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a 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, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

---

## **5 PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO**

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'Impresa, secondo le prescrizioni contenute nel D.M. 14.01.08.

---

**SEZ. 06 "VERNICIATURE OPERE IN ACCIAIO"****1 GENERALITÀ**

Tutte le strutture in acciaio dovranno essere protette contro la corrosione mediante uno dei cicli di pittura definiti nel presente articolo.

I cicli di verniciatura saranno preceduti da spazzolature meccaniche o sabbiature secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione dei Lavori.

I cicli di verniciatura saranno formati da un minimo di tre mani di prodotti verniciati mono o bicomponenti indurenti per filmazione chimica o filmazione fisica.

Le caratteristiche di composizione dei cicli da applicare sono di seguito indicate.

**1.1 CICLO <<A>>**

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

1° strato

Mano di fondo al clorocaucciù pigmentata con minio e cromato di zinco ( $ZnCrO_4$ ), avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante clorocaucciù
- PVC % <sup>(1)</sup>  $\geq 36$  %
- % pigmenti sul totale polveri  $\geq 82$  %
- tipi di pigmento minio- $ZnCrO_4$ .
- legante secco % 25 %
- spessore del film  $80 \div 100 \mu$
- metodo di applicazione pennello

2° strato

Mano intermedia al clorocaucciù pigmentata con rosso ossido, ferro micaceo, alluminio avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante.

Caratteristiche formulative della mano intermedia:

- tipo di legante clorocaucciù
- PVC %  $\geq 41$  %
- % pigmento sul prodotto finito  $\geq 14$  %
- tipi di pigmento rosso ossido, ferro-micaceo, alluminio
- legante secco % 28 %
- spessore del film  $80 \div 100 \mu$
- metodo di applicazione pennello

3° strato

(1) Concentrazione volumetrica del pigmento.

Mano di finitura al cloroaccciù acrilica pigmentata con biossido di titanio, avente una ottima resistenza agli agenti atmosferici e chimici.

Caratteristiche formulative della mano di finitura:

- tipo di legname cloroaccciù acrilica
- PVC %  $\geq 26 \%$
- % pigmento sul prodotto finito  $\geq 26 \%$
- tipo di pigmento biossido di titanio( $TiO_2$ )
- legante secco % 33 %
- spessore del film  $40 \mu$
- metodo di applicazione pennello o rullo

Il tutto come riportato nella tabella che segue.

### Ciclo di verniciatura <<A>>

	1°strato	2°strato	3°strato
Tipo di legante	cloroaccciù	cloroaccciù	cloroaccciù acrilica
PVC..%	$\geq 36\%$	$\geq 41\%$	$\geq 26\%$
% pigmenti sul totale polveri	$\geq 82\%$	--	--
% Pigmenti sul prodotto finito	-	$\geq 14\%$ -	$\geq 26\%$
Tipi di pigmento	minio, cromato di zinco ( $ZnCrO_4$ )	rosso ossido, ferro micaceo, alluminio	biossido titanio ( $TiO_2$ )
Legante secco %	25%	28%	33%
Spessore del film...	$80 \div 100 \mu$	$80 \div 100 \mu$	$40 \mu$
Metodo di applicazione	pennello	pennello	pennello - rullo

### 1 . 2 CICLO <<B>>

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da tre mani di prodotti vernicianti.

Le caratteristiche di composizione degli strati dovranno essere le seguenti:

#### 1° strato

Mano di fondo epossidica pigmentata con  $ZnCrO_4$  (cromato di zinco) avente un ottimo potere bagnante sul supporto.

Caratteristiche formulative della mano di fondo:

- tipo di legante epossidico
- PVC %  $\geq 36 \%$
- % pigmento sul totale polveri  $\geq 25 \%$
- tipo di pigmento cromato di zinco  $ZnCrO_4$

- legante secco % 26 %
- spessore film 30 ÷ 40  $\mu$
- metodo di applicazione pennello

2° strato

Mano intermedia epossidica pigmentata con biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>), avente un ottimo potere di attacco alla mano sottostante:

- tipo di legante epossidico
- PVC %  $\geq 40$  %
- % pigmento sul prodotto finito  $\geq 11$  %
- tipo di pigmento biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>)
- legante secco % 26 %
- spessore del film 80 ÷ 100  $\mu$
- metodo di applicazione pennello

3° strato

Mano di finitura poliuretanica di tipo non ingiallente e non sfarinante.

Il tipo di polisocianato dovrà essere alifatico (né aromatico, né cicloalifatico), con un contenuto di monomeri volatili non superiore allo 0,7% (ASTMD 2615/67T):

- tipo di legante poliuretanico
- PVC %  $\geq 16$  %
- % pigmento sul prodotto finito  $\geq 26$  %
- tipo di pigmento biossido di titanio (TiO<sub>2</sub>)
- legante secco % 39 %
- spessore del film 30 ÷ 40  $\mu$
- metodo di applicazione pennello o rullo

**Ciclo di verniciatura << B >>**

	<b>1° strato</b>	<b>2° strato</b>	<b>3° strato</b>
Tipo di legante	epossidico	Epossidico	poliuretanica
PVC%	$\geq 36\%$	$\geq 40\%$	$\geq 16\%$
% pigmento sul totale polveri	$\geq 25\%$	--	--
% Pigmento sul totale finito		$\geq 11\%$ -	$\geq 26\%$
Tipi di pigmento	cromato di zinco (ZnCrO <sub>4</sub> )	Biossido di titanio (Ti O <sub>2</sub> )	biossido di titanio (Ti O <sub>2</sub> )
Legante secco %	26%	26%	39%
Spessore del film..	30 ÷ 40 $\mu$	80 ÷ 100 $\mu$	30 ÷ 40 $\mu$
Metodo di applicazione	pennello	pennello	pennello - rullo

**1 . 3 CICLO <<C>>**

Il rivestimento dovrà essere formato come minimo da quattro mani di prodotti vernicianti.







<b>Spessore del film secco</b>	35 ÷ 40 $\mu$	35 ÷ 40 $\mu$	35 ÷ 40 $\mu$	35 ÷ 40 $\mu$
<b>Metodo di applicazione</b>	pennello rullo	pennello rullo airless	pennello rullo airless	pennello rullo airless

#### 1.4 PREPARAZIONE DEL SUPPORTO.

La preparazione del supporto metallico dovrà essere eseguita dall'Impresa mediante spazzolatura meccanica o sabbiatura, fino ad eliminazione di tutte le parti ossidate che presentino scarsa coesione e/o aderenza con il supporto.

Il tipo di pulizia: spazzolatura meccanica e sabbiatura, dovrà essere tale da permettere un ottimo attacco della mano di fondo del ciclo di verniciatura e dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori.

Tale approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa relativa al raggiungimento dei requisiti finali del ciclo di verniciature anticorrosive in opera.

#### 1.5 CARATTERISTICHE DI RESISTENZA (CHIMICO-FISICHE) DEL CICLO DI VERNICIATURE ANTICORROSIVE.

Le caratteristiche di resistenza (chimiche-fisiche) si intendono per cicli di verniciatura anticorrosiva applicata su supporti in acciaio tipo UNI EN 10139:2016 sottoposti ad invecchiamento artificiale. Per l'invecchiamento artificiale è previsto un ciclo così composto:

<b>Agente aggressivo</b>	<b>Durata</b>	<b>Temperatura</b>
Radiazione ultravioletta.	6 h	60° C
Corrosione per immersione continua in soluzioni aerate (U.N.I. 4261/66).	12 h	35° C
Corrosione in nebbia salina UNI EN 9227:2017	12 h	35° C
Radiazione ultravioletta.	6 h	60° C
Immersione in soluzione satura di CaCl <sub>2</sub> .	12 h	35° C

Dopo il ciclo di invecchiamento artificiale, verranno eseguiti i controlli riportati di seguito.

2) Ingiallimento: secondo norma DIN 53230.

Il prodotto di finitura deve essere non ingiallente (prova su prodotto non pigmentato).

3) Ruggine e Blistering (ASTM D 714/56) (DIN 53210):

#### Ciclo <<A>>

Blistering: 1° strato = 9F  
2° strato = 9M  
3° strato = 9F

Ruggine: RO (ruggine assente)

**Ciclo <<B>>**

Blistering: 1° strato = 9M  
2° strato = 9M  
3° strato = 9F  
Ruggine: RO (ruggine assente)

**Ciclo <<C>**

Blistering: 1° strato = 9F  
2° strato = 9F  
3° strato = 9M  
4° strato = 9F  
Ruggine: RO (ruggine assente)

## 4) Adesione (DIN 53151):

**Ciclo <<A>>**  $G_{t0} \div G_{t1}$  (stacco nullo al massimo del 5%)

**Ciclo <<B>>**  $G_{t0}$  (stacco nullo)

**Ciclo <<C>>**  $G_{t0} \div G_{t1}$  (stacco nullo al massimo del 5%)

## 5) Spessore films secchi:

**Ciclo <<A>>** 1° strato =  $90\mu$   
2° strato =  $80\mu$   
3° strato =  $40\mu$

**Ciclo <<B>>** 1° strato =  $30\mu$   
2° strato =  $90\mu$   
3° strato =  $35\mu$

**Ciclo <<C>>** 1° strato =  $35\mu$   
2° strato =  $35\mu$   
3° strato =  $35\mu$   
4° strato =  $35\mu$

6) Resistenza all'abrasione: si determina solo su prodotto di finitura mediante Taber Abraser, con mola tipo CS 10, dopo 1.000 giri con carico di 1 Kg.

Il valore espresso come perdita in peso deve essere inferiore a 10 milligrammi.

7) Brillantezza: controllata mediante Glossmetro Gardner con angolo di  $60^\circ$ , deve avere un valore iniziale superiore al 90% e finale non inferiore all'80%.

8) Prova di piegatura a  $180^\circ$  (su lamierino d'acciaio UNI EN 10139:2016) con mandrino  $\varnothing$  4 mm Al termine non dovranno presentarsi screpolature o distacchi..

**1 . 6 PROVE DI ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI.**

L'Impresa dovrà preventivamente inviare presso un Laboratorio ufficialmente riconosciuto quanto segue:

- campioni dei prodotti componenti il ciclo con relativi diluenti in contenitori sigillati del peso di 0,500 Kg e nel numero di tre per ogni prodotto (uno di questi campioni non deve essere pigmentato);
- schede tecniche dei prodotti verniciati compilate in tutte le loro voci e fogli per le:
  - caratteristiche di composizione: foglio A;
  - caratteristiche di applicazione: foglio B.

Il colore di finitura sarà indicato dalla Direzione Lavori; i pigmenti necessari per il raggiungimento del tono di colore richiesto dovranno essere nella scheda riportante le caratteristiche di composizione, sottratti alla quantità percentuale del solvente.

Controllata la rispondenza del rivestimento con le caratteristiche di resistenza richieste, i prodotti componenti il ciclo saranno identificati mediante analisi spettrometrica all'infrarosso. La Direzione dei Lavori potrà far accertare in ogni momento sui prodotti presenti in cantiere la corrispondenza delle caratteristiche di resistenza, di composizione e di applicazione accertate in fase di gara e/o riprodurre gli spettri IR su detti materiali.

Tali spettri dovranno essere uguali a quelli ricavati dai campioni.

**Prove caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)**

N°	Prova (ciclo <<A>>)	Fondo	Intermedia	Finitura
1	Blistering	9F	9M	9F
2	Ruggine		RO	
3	Adesione		$G_{t_0} \div G_{t_1}$	
4	Spessore films secchi.	90 $\mu$	80 $\mu$	40 $\mu$
5	Abrasione			<10 mg
6	Brillantezza iniziale			$\geq 90\%$
7	Brillantezza finale			$\geq 80\%$

**Prove caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 71 di 390 CODICE DOCUMENTO

N°	Prova (ciclo <<B>>)	Fondo	Intermedia	Finitura
1	<b>Blistering</b>	9M	9M	9F
2	<b>Ruggine</b>	RO		
3	<b>Adesione</b>	G <sub>t0</sub>		
4	<b>Spessore films secchi</b>	30μ	90μ	35μ
5	<b>Abrasione</b>			<10 mg
6	<b>Brillantezza iniziale</b>			≥ 90%
7	<b>Brillantezza finale</b>			≥ 80%

**Prove caratteristiche di resistenza (chimico-fisiche)**

N°	Prova (ciclo<<C>>)	Fondo	Intermedia	Intermedia	Finitura
1	<b>Blistering</b>	9F	9F	9M	9F
2	<b>Ruggine</b>	RO			
3	<b>Adesione</b>	G <sub>t0</sub> ÷ G <sub>t1</sub>			
4	<b>Spessore films secchi</b>	35μ	35μ	35μ	35μ
5	<b>Abrasione</b>				< 10μ
6	<b>Brillantezza iniziale</b>				≥ 90%
7	<b>Brillantezza finale</b>				≥ 80%

**SEZ. 07 “CALCESTRUZZO, ACCIAI PER  
C.A./C.A.P. CARPENTERIE E CASSERI”****1      NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche emanate in applicazione all'art. 21 della legge n° 1086 del 05/11/1971 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, inerti, acqua di impasto ed additivi nonché delle relative Norme UNI.

In particolare le verifiche e le elaborazioni di cui sopra saranno condotte osservando tutte le vigenti disposizioni di Legge e le Norme emanate in materia.

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza:

- della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 “ Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica” (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- del D.M. 14 gennaio 2008 “ Norme Tecniche per le Costruzioni”;

Gli elaborati di progetto, dovranno indicare i tipi e le classi di calcestruzzo ed i tipi di acciaio da impiegare.

L'impresa sarà tenuta inoltre a presentare all'esame della Direzione Lavori i progetti delle opere provvisorie (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

In particolare, prima dell'inizio dei getti di ciascuna opera d'arte, l'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile all'esame della Direzione dei Lavori, i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito per

ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura nei calcoli statici delle opere comprese nell'appalto al fine di comprovare che il conglomerato proposto avrà resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

La Direzione dei Lavori autorizzerà l'inizio dei getti dei conglomerati cementizi solo dopo aver avuto dall'Impresa i certificati dello studio preliminare di cui al punto precedente rilasciati da Laboratori Ufficiali ed aver effettuato gli opportuni riscontri, ivi comprese ulteriori prove di laboratorio.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari di qualificazione, non esonerano in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa rimane l'unica e diretta responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

I tipi di conglomerato cementizio ed i loro campi di impiego, in via generale, sono definiti dal Progettista tenendo conto delle indicazioni riportate sul D.M. 14/01/08 e dalle norme UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2016.

---

---

## 2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI

### 2.1 CEMENTO

Per i manufatti in calcestruzzo armato, potranno essere impiegati unicamente cementi secondo quanto definito nel D.M. 14/01/08.

In caso di ambienti aggressivi chimicamente, il progettista dovrà indicare il cemento da utilizzare.

L'Impresa deve avere cura di approvvigionare il cemento presso cementerie che operino con sistemi di qualità certificati.

All'inizio dei lavori essa dovrà presentare alla D.L. un impegno, assunto dalla cementerie prescelte, a fornire cemento per il quantitativo richiesto presso cementerie che operino con sistemi di qualità certificati.

Tale dichiarazione sarà essenziale affinché la D.L. possa dare il benestare per l'approvvigionamento del cemento presso le cementerie prescelte.

Nel caso in cui esso 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.

I silos dovranno garantire la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica, ciascun silo dovrà contenere un cemento di un unico tipo, unica classe ed unico produttore chiaramente identificato da appositi contrassegni.

Se approvvigionato in sacchi, dovrà essere sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto e in ambiente chiuso.

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

### 2.2 INERTI

Gli inerti impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno avere caratteristiche conformi alle Norme UNI EN 12620:2013 e UNI 8520 e dovranno possedere marcatura CE.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche.

Non dovranno contenere i minerali dannosi:

- pirite;
- marcasite;
- pirrotina;
- gesso;
- solfati solubili.

A cura dell'Impresa, sotto il controllo della DL, dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI EN 932-3) presso un laboratorio ufficiale/autorizzato, l'assenza dei minerali indesiderati 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), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali.

Ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione delle prove della Norma UNI 8520 parte 22, punto 3, con la successione e l'interpretazione ivi descritte.

Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla DL e dall'Impresa.

---

---

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 74 di 390 CODICE DOCUMENTO

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI EN 933-3:2012 parte 18, minore di 0,15 (per un diametro massimo  $D_{max}$  fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un diametro massimo  $D_{max}$  fino a 64 mm).

La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà consentire di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, etc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, etc.).

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

Gli inerti dovranno essere suddivisi in almeno tre pezzature, le cui pezzature saranno denominate secondo quanto previsto nella UNI EN 12620:2013.

Le singole pezzature non dovranno contenere frazioni granulometriche appartenenti alle pezzature inferiori, in misura superiore al 15% e frazioni granulometriche, appartenenti alle pezzature superiori, in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

Le prove da effettuarsi per la qualifica degli aggregati e per il mantenimento della certificazione CE, oltre che le relative frequenze di prova sono quelle definite nella norma UNI EN 12620:2013, come da tabella di seguito riportata:

<b>CARATTERISTICHE</b>	<b>PROVE</b>	<b>NORME</b>	<b>TOLLERANZA DI ACCETTABILITA'</b>
Gelività degli aggregati	Determinazione della resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1/07	Perdita di massa $\leq 4\%$ dopo 20 cicli
Resistenza all'abrasione	Los Angeles	UNI EN 1097-2/10	Perdita di massa LA 30%
Compattezza degli aggregati	Degradabilità degli inerti-Prova al solfato di magnesio	UNI EN 1367-2/10	Perdita di massa dopo 5 cicli $\leq 10\%$
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI EN 1744-1/13	$SO_3 \leq 0,05\%$
Presenza di argille	Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8/15	ES $\geq 80$ VB $\leq 0,6 \text{ cm}^3/\text{gr}$ di fini
Presenza di pirite, marcasite e pirrotina	Analisi petrografica	UNI EN 932-3/04	Assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI EN 1744-1/13	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattività dell'aggregato: • metodo chimico Potenziale attività delle miscele cemento aggregati: • metodo del prisma di malta	UNI 8520 (parte 22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UNI 8520 (parte 22 punto 4)</li> <li>• UNI 8520 (parte 22 punto 5)</li> </ul>
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI EN 1744-1/13	Cl $\leq 0,05\%$
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI EN 933-3/04	Cf $\geq 0,15$ ( $D_{max} = 32 \text{ mm}$ ) Cf $\geq 0,12$ ( $D_{max} = 64 \text{ mm}$ )
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dal progettista e/o prescritta dalla D.L. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di		

cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8000 mc di aggregati impiegati.
--------------------------------------------------------------------------

### 2 . 3 ACQUA DI IMPASTO

L'acqua di impasto dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con UNI EN 1008:2003.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti in modo da rispettare il previsto rapporto acqua/cemento.

Se l'acqua proviene da pozzo le suddette analisi dovranno essere effettuate ogni 3 mesi.

### 2 . 4 ADDITIVI E DISARMANTI

Le loro caratteristiche dovranno essere verificate sperimentalmente in sede di qualifica dei conglomerati cementizi, esibendo inoltre, certificati di prova di Laboratorio Ufficiale e/o qualificati dalla Direzione Lavori, ivi compresi i laboratori di cantiere che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi, l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

E' vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esauriti come disarmanti.

Dovranno essere impiegati prodotti specifici, conformi alla norme UNI di riferimento per i quali è stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

---

## 3 QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

L'Impresa è tenuta all'osservanza della Legge 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica, nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta legge (D.M. del 14/01/08).

Lo studio, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura nei calcoli statici delle opere, dovrà essere fornito prima dell'inizio dei getti.

Tale studio dovrà comprovare la conformità del conglomerato cementizio e dei singoli componenti.

In particolare, nella relazione di qualificazione dovrà essere fatto esplicito riferimento a:

- resistenza caratteristica a compressione  $R_{ck}$ ,
- durabilità delle opere ,
- diametro massimo dell'aggregato
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi,
- modulo elastico secante a compressione, ove previsto dal progettista,
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco
- ritiro idraulico, se necessario in funzione della classe di esposizione della miscela
- resistenza ai cicli gelo-disgelo, se necessario in funzione della classe di esposizione della miscela

miscela

- impermeabilità, se necessario in funzione della classe di esposizione della miscela

Inoltre, si dovrà sottoporre all'esame della Direzione Lavori:

a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;

b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;

c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di

---



aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;

**d)** l'impianto di betonaggio dovrà essere dotato di certificazione FPC secondo quanto previsto nel DM 14/01/08

**e)** i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;

**f)** lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente.

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 e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti, di cui alla tabella 3.1.

Le miscele verranno autorizzate qualora 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, soddisfi i criteri di accettazione contenuti nel DM 14/01/08.

Il numero di campioni e le metodologie di prova saranno quelle stabilite dal DM 14/01/08, ferma restando la facoltà della DL di disporre eventuali prove aggiuntive che ritenesse necessarie.

L'esame e la verifica, da parte della DL dei certificati dello studio preliminare, non esonerano in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla DL, essa Impresa rimane l'unica e diretta responsabile delle opere a termine di legge.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera.

Qualora eccezionalmente si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Impresa impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la Norma UNI EN 206-1:2006, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

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 206-1:2006.

---

## **4 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA**

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Impresa dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati, per l'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o all'impianto di confezionamento, ad eccezione delle determinazioni chimiche che dovranno essere eseguite presso un Laboratorio Ufficiale.

### **4 . 1 GRANULOMETRIA DEGLI INERTI**

Gli inerti oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate dovranno appartenere a classi granulometricamente diverse e mescolati nelle percentuali richieste formando miscele

---

granulometricamente costanti tali che l'impasto fresco ed indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, aria inglobata, permeabilità e ritiro.

La curva granulometrica dovrà, in relazione al dosaggio di cemento, garantire la massima compattezza al conglomerato cementizio.

Il diametro massimo dell'inerte dovrà essere scelto in funzione delle dimensioni dei copriferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche dei casseri, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera.

Per quanto riguarda la tipologia di prove e la loro frequenza occorre far riferimento a quanto indicato al paragrafo 2.2 della corrente sezione.

#### **4 . 2 RESISTENZA DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI**

Durante l'esecuzione delle opere cementizie 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, dovranno essere osservate le prescrizioni previste nel DM 14/01/08 cap. 11.2.

Nel caso che il valore della resistenza caratteristica cubica ( $R_{ck}$ ) ottenuta sui provini assoggettati a prove nei laboratori di cantiere risulti essere inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la DL potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera d'arte interessata in attesa dei risultati delle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali/autorizzati.

Qualora anche dalle prove eseguite presso Laboratori ufficiali/autorizzati risultasse un valore della  $R_{ck}$  inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, ovvero una prescrizione del controllo di accettazione non fosse rispettata, occorre procedere, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base della resistenza ridotta del conglomerato, ovvero ad una verifica delle caratteristiche del conglomerato messo in opera mediante prove complementari, o col prelievo di provini di calcestruzzo indurito messo in opera o con l'impiego di altri mezzi di indagine.

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la  $R_{ck}$  è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica trovata.

Nel caso che la  $R_{ck}$  non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Impresa sarà tenuta a sua cura e spese alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa se la  $R_{ck}$  risulterà maggiore a quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Nel caso in cui la DL richieda il prelievo di campioni da strutture già realizzate e stagionate, questo prelievo da eseguire in contraddittorio, potrà avvenire secondo le indicazioni riportate nel DM 14/01/08 al p.to 11.2.6.

#### **4 . 3 CONTROLLO DELLA LAVORABILITÀ**

La lavorabilità del conglomerato cementizio fresco sarà valutata con la misura all'abbassamento al cono di Abrams (slump) in mm secondo la Norma UNI EN 12350:2009, tale prova dovrà essere eseguita in concomitanza a ciascun prelievo di campioni.

La prova è da considerarsi significativa per abbassamenti compresi tra 20 e 240 mm.

Il conglomerato cementizio non dovrà presentarsi segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122:2017, dovrà essere nulla.

In alternativa, per abbassamenti inferiori ai 20 mm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo il metodo DIN 1048, o con l'apparecchio VEBE'.

#### **4 . 4 CONTROLLO DEL RAPPORTO ACQUA/CEMENTO**

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere valutato tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti che di quella assorbita dagli stessi secondo le norme UNI EN 1097-6:2013 (condizione di inerte "saturo a superficie asciutta", per la quale l'aggregato non cede e non assorbe acqua all'impasto) ed UNI 6393.

Il suddetto rapporto, dovrà essere controllato secondo le indicazioni riportate nella Norma UNI 6393 (par.5 e 6), e non dovrà discostarsi di  $\pm 0.02$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

Il rapporto a/c dovrà essere controllato anche in cantiere, almeno una volta alla settimana, tale rapporto non dovrà scostarsi più del  $\pm 0.02$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

#### **4 . 5 CONTROLLO DELL'OMOGENEITÀ DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

L'omogeneità del conglomerato cementizio all'atto del getto, dovrà essere verificata vagliando ad umido due campioni, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadrata da 4 mm.

La percentuale in peso del materiale trattenuto nel vaglio dei due campioni non dovrà differire più del 10%, inoltre lo slump degli stessi prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm. Il controllo dell'omogeneità dovrà essere effettuato in cantiere almeno 1 volta al mese.

#### **4 . 6 CONTROLLO DEL CONTENUTO DI ARIA**

La prova del contenuto di aria dovrà essere effettuata ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante. Essa verrà eseguita con il metodo UNI EN 12350-7:2009.

Tale contenuto dovrà essere determinato con le cadenze previste nella Norma UNI EN 206-1:2006(ogni qualvolta è utilizzato l'aerante: ogni giorno, al 1° impasto)

#### **4 . 7 CONTROLLO DEL CONTENUTO DI CEMENTO**

Tale controllo dovrà essere eseguito su conglomerato cementizio fresco, secondo quanto stabilito dalle Norme UNI EN 12350-6:2009

Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta del luogo di esecuzione, in quanto tale prova deve essere eseguita su conglomerato cementizio fresco, entro 30 minuti dall'impasto.

---

---

---

---

## 5 DURABILITÀ DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

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.

Il progettista, dovrà accertare mediante analisi opportune in accordo con quanto stabilito nel DM 14/1/2008 par. 11.2.11, la presenza e la concentrazione di agenti aggressivi, ed in caso di esito positivo indicare le eventuali prescrizioni che il conglomerato cementizio dovrà soddisfare al fine di evitare la conseguente degradazione.

La D.L. potrà prescrivere l'effettuazione di prove per la determinazione del grado di impermeabilità del calcestruzzo.

In particolare, ai fini di preservare le armature da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, il copriferro minimo da prevedere, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice della barra più vicina, non dovrà essere inferiore a 30 (trenta) mm e comunque come indicato dal progettista.

Tale prescrizione dovrà essere applicata anche a tutte le strutture prefabbricate e/o precomprese.

---

---

## 6 TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE

### 6.1 CONFEZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi e del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia indipendente e di adeguato maggior grado di precisione, dovrà essere controllato il contenuto di umidità degli aggregati.

La dosatura effettiva degli aggregati totali dovrà essere realizzata con precisione del 3%, mentre quella del cemento dovrà essere realizzata con precisione del 2%

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta al mese o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

Il dispositivo di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere del tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

Si dovrà disporre all'impianto, nel caso di guasto dell'apparecchiatura automatica di carico dei componenti, di tabelle riportanti le pesate cumulative dei componenti per tutte le miscele approvate e per le diverse quantità miscelate in funzione della variazione di umidità della sabbia.

Gli inerti dovranno essere tassativamente ed accuratamente lavati in modo tale da eliminare materiali dannosi o polveri aderenti alla superficie.

La percentuale di umidità nelle sabbie non dovrà, di massima, superare l'8% in peso di materiale secco.

---

---

Gli inerti dovranno essere stoccati in quantità sufficiente a completare qualsiasi struttura che debba essere gettata senza interruzioni.

Il luogo di deposito dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire lo stoccaggio senza segregazione delle diverse pezzature che dovranno essere separate da appositi setti.

Gli aggregati verranno prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati.

I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da garantire un impasto omogeneo secondo i requisiti di cui al paragrafo 4.5 della corrente sezione.

Per quanto non specificato, vale la Norma UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2016.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Impresa.

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.

La lavorabilità non potrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del conglomerato cementizio.

L'impiego di fluidificanti, aeranti, plastificanti, potrà essere autorizzato dalla DL, anche se non previsti negli studi preliminari.

In questi casi, l'uso di aeranti e plastificanti sarà effettuato a cura e spese dell'Impresa, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo.

La produzione e il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso in cui la temperatura scenda al di sotto di 5°C, a meno che sia garantita una temperatura dell'impasto appena miscelato non inferiore a +8°C.

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di -10°C.

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

## 6 . 2 TRASPORTO

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

Lo scarico dei componenti nel tamburo delle autobetoniere dovrà avvenire in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga scaricata prima del cemento e degli altri aggregati.

Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare l'eventuale diminuzione di efficacia dovuta sia all'accumulo di conglomerato indurito o legante che per l'usura delle lame.

---

---

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla sulla quale dovranno essere riportati:

- data;
- classe di conglomerato;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;
- dimensione massima dell'aggregato;
- la classe di consistenza;
- i metri cubi trasportati;
- l'ora di partenza dall'impianto di confezionamento;
- la struttura a cui è destinato.
- report di carico

L'Impresa dovrà esibire detta documentazione alla DL.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

L'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico, con la prova indicata in precedenza al punto 4.5.

La lavorabilità dell'impasto sarà controllata, sia all'uscita dell'impianto di betonaggio o dalla bocca della betoniera, sia al termine dello scarico in opera secondo quanto indicato ai paragrafi 4.3 e 4.5 della sezione corrente. La differenza fra i risultati delle due prove non dovrà essere maggiore di 5 cm e comunque non dovrà superare quanto specificato dalla Norma UNI EN 206-1:2006, salvo l'uso di particolari additivi.

Se il conglomerato cementizio viene pompato, il valore dello "slump" dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa.

In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore ai 90 minuti, a meno che si attesti il mantenimento della lavorabilità durante la fase di qualifica delle miscele con effettuazione di prove tecnologiche atte a costruire la curva consistenza/tempo.

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

### **6 . 3 POSA IN OPERA**

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posizionato le armature metalliche.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

---

---

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'impresa provvederà, a sua cura e spese, alla posa di opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

Le modalità di applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

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

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura.

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di piastre vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale, saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori ai 10 mm.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento, immediatamente dopo il disarmo, ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Impresa.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malta fine di cemento;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da 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.

Viene poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri vengano fissati nella esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque 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.

E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore. Durante la posa in opera i vespai di ghiaia, eventualmente formatisi, 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 vibrare efficacemente.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli, preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo Impermeabile (waterstop) , o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di progetto.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione.

La massa volumica del conglomerato cementizio indurito, misurata secondo la Norma UNI EN 12350 su provini prelevati dalla struttura, non dovrà risultare inferiore al 97% della massa volumica della miscela fresca misurata nelle prove di qualificazione e/o di quella dichiarata nel mix design.

#### **6 . 3 . 1 RIPRESE DI GETTO**

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, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive, e senza che l'Impresa non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiore compensi.

Nel caso 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 successivi.

Tra le diverse riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore.

#### **6 . 3 . 2 POSA IN OPERA IN CLIMI FREDDI**

Il clima si definisce freddo quando la temperatura risulta inferiore a 278 K (5 °C).

Valgono le prescrizioni riportate in precedenza nella presente sezione.

Si dovrà controllare comunque che la temperatura del conglomerato cementizio appena miscelato non sia inferiore a +8 °C e che non siano congelate o innevate le superfici di fondo o di contenimento del getto.

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di - 10°C.

#### **6 . 3 . 3 POSA IN OPERA IN CLIMI CALDI**

La temperatura dell'impasto non dovrà superare i 29 °C.

Al fine di abbassare la temperatura del conglomerato cementizio potrà essere usato ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto.

Per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati additivi ritardanti di presa preventivamente autorizzati dalla DL.

E' tassativo l'obbligo di adottare adeguati sistemi di protezione delle superfici esposte.

Per i tempi di rimozione dei casseri si dovrà rispettare quanto previsto nella Norma UNI EN 206.

#### **6 . 4 STAGIONATURA E DISARMO**

---

---



#### 6 . 4 . 1 PREVENZIONE DELLE FESSURE DA RITIRO PLASTICO

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 48 ore, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra.

E' ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro di alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5-1,5 kg/m<sup>3</sup>.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, le stesse non verranno accettate e saranno gestite come Non Conformità.

Di norma viene esclusa la accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera.

In casi particolari la DL potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

#### 6 . 4 . 2 MATURAZIONE ACCELERATA CON TRATTAMENTI TERMICI

La maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento termico che si intende adottare.

In particolare, si dovrà controllare che ad un aumento delle resistenze iniziali non corrisponda una resistenza finale minore di quella che si otterrebbe con maturazione naturale.

Dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 303 K (30 °C);
  - il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15 K/h (°C/h), e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo quarto punto;
  - la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 333 K (60 °C);
  - la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 10 K (10 °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;
- 
-

- la procedura di controllo di cui al punto precedente, dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio dei trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura secondo quanto indicato dalla Norma UNI EN 12390-2:2009.

#### **6 . 4 . 3 DISARMO**

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. La rimozione dell'armatura di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze.

In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto prescritto dal DM 14/01/08. Si dovrà controllare che il disarmante impiegato non manchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione chimica, escludendo i lubrificanti di varia natura.

La DL potrà prescrivere che le murature di calcestruzzo vengano rivestite sulla superficie esterna con paramenti 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 consentirne l'adattamento e l'ammorsamento.

#### **6 . 4 . 4 GIUNTI DI DISCONTINUITÀ ED OPERE ACCESSORIE NELLE STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

E' tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti a faccia vista secondo le linee rette continue o spezzate, e devono seguire le indicazioni di progetto.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, 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 allegato a questo Capitolato, prevederà espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto.

I manufatti, di tenuta o di copertura dei giunti, possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano,

---

---

polioossipropilene, polioossicloropropilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile.

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleoresinose, bituminose silconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primers, 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. E' 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.

Nell'esecuzione dei manufatti contro terra si dovrà prevedere in numero sufficiente ed in posizione opportuna l'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

Per la formazione dei fori l'Impresa avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce dell'Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a regola d'arte.

#### **6 . 4 . 5 SISTEMI PROTETTIVI PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

L'applicazione di sistemi filmogeni è la tecnica che si utilizza per proteggere l'elemento strutturale dall'aggressione di agenti aggressivi esterni quando attraverso le indagini si è accertata una delle seguenti situazioni:

- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, ancorché le indagini abbiano rivelato la presenza di uno spessore di calcestruzzo carbonatato, purché inferiore al copriferro;
- la struttura risulta ancora in buone condizioni e senza degrado superficiale, anche se le indagini hanno rilevato che sono iniziati fenomeni di corrosione nelle armature.

L'applicazione di sistemi protettivi filmogeni viene utilizzata anche quando si realizzano interventi di ripristino localizzati sia per equilibrare i potenziali elettrochimici delle armature, che per migliorare l'aspetto estetico. Si deve infatti evitare che parti di armatura avvolte da conglomerato di qualità diversa da punto a punto, vengano nuovamente a trovarsi in condizioni tali da generare nuove pile e reinnescare il processo di corrosione.

L'applicazione di sistemi protettivi ha scopo di impedire o ritardare l'insorgere dei fenomeni che possono portare alla fessurazione, allo sgretolamento, al dilavamento, al rigonfiamento, alla delaminazione od al distacco di parti di calcestruzzo.

Il sistema protettivo deve essere capace di costituire uno schermo verso l'ambiente impedendo da un lato la penetrazione degli aggressivi, dall'altro quella dell'acqua e dell'ossigeno, che contribuiscono alle reazioni che causano il degrado delle strutture.

La scelta dei sistemi protettivi filmogeni deve essere effettuata in funzione del tipo di struttura, dell'elemento da proteggere ed in funzione del grado di aggressione a cui è sottoposto ed in particolar modo si possono utilizzare sistemi protettivi :

- **Di tipo PP**

---

---

sistema protettivo elastico a base poliuretanica (ciclo alifatico) applicabile a rullo o con airless su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevatissimo grado di protezione. Costituito da un primer epossipoliammidico con spessore di 50 µm e da una finitura a base di elastomeri poliuretanicici alifatici applicata in due differenti spessori in funzione del grado di protezione desiderata.

Con 200 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO<sub>2</sub>, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;

Con 300 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO<sub>2</sub>, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300 µm;

- **Di tipo PA**

sistema protettivo elastico a base acrilica in acqua, applicabile a rullo o con airless su qualsiasi tipo di elemento strutturale dove sia richiesto un elevato grado di protezione ma non indicato su elementi strutturali a contatto permanente con acqua, è particolarmente utilizzato per la protezione di superfici in ambiente chiuso in quanto non contiene solventi mentre è sconsigliata l'applicazione in periodo invernale in quanto le basse temperature ne rallentano l'indurimento. Costituito da un primer acrilico in acqua con spessore di 50 µm e finitura acrilica in acqua applicata in due differenti spessori in funzione del grado di protezione desiderata:

Con 200 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO<sub>2</sub>, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;

Con 300 µm di spessore si ottiene:

- la protezione contro l'ingresso di CO<sub>2</sub>, acqua liquida, cloruri;
- la resistenza ai raggi UV, ai cicli di gelo e disgelo anche in presenza di sali disgelanti;
- una Crack bridging ability relativa a cavillature già presenti sul supporto di apertura < 300µm;

- **Di tipo PM**

protettivo rigido monocomponente a base di metacrilati applicabile a rullo o con airless utilizzabile ove sia richiesto un buon grado di protezione senza alcun performance di Crack bridging ability. Costituito da un primer a base di metacrilati con spessore di 50 µm e finitura a base di metacrilati applicata in spessore di 100 µm;

- **Di tipo PE**

sistema protettivo rigido epossipoliammidico applicabile a rullo o con airless.

Costituito da primer epossipoliammidico con spessore di 50 µm e finitura epossipoliammidica può essere applicato in funzione del grado di protezione richiesto:

- protezione media per canali, tombini ed opere in alveo (pile, fondazioni, muri di sponda, briglie ecc.) su corsi d'acqua caratterizzati da pendenza < 5% e con trasporto solido di diametro < 10 mm è richiesto uno spessore della finitura pari a 400 µm;
- 
-

- protezione elevata per canali, tombini ed opere in alveo ( pile, fondazioni, muri di sponda, briglie ecc. ) su corsi d'acqua caratterizzati da pendenza > 5% e con trasporto solido di diametro > 10 mm è richiesto uno spessore della finitura pari a 600 µm;

#### **6 . 4 . 6 PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE, CAVITÀ, AMMORSATURE, ONERI VARI**

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

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

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

#### **6 . 4 . 7 ARMATURE PER C.A.**

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

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

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p., contenute nelle "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche DM 14/01/08 emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm e comunque come indicato dal progettista.

Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza di acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm e comunque come indicato dal progettista.

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

L'Impresa 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'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

---

---

**6 . 4 . 8 ARMATURA DÌ PRECOMPRESSIONE**

L'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive, ed in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.

Oltre a quanto prescritto delle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di appositi supporti, realizzati per esempio con pettini in tondini di acciaio.

**6 . 4 . 8 . 1 INIEZIONE NEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE*****Boiacche cementizie per le iniezioni nei cavi di precompressione di strutture in c.a.p. nuove***

Nelle strutture in conglomerato cementizio armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con boiaccia di cemento reoplastica, fluida pompabile ed a ritiro compensato (è richiesto un leggero effetto espansivo).

Tale boiaccia preferibilmente pronta all'uso previa aggiunta di acqua, oppure ottenuta da una miscela di cemento speciale, additivo in polvere, dosato in ragione del 5 - 6% sul peso del cemento, ed acqua, non

dovrà contenere cloruri né polvere di alluminio, né coke, né altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas capaci di innescare fenomeni di corrosione.

Tutte le operazioni di cui sopra dovranno essere conformi a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge (Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5.11.1971 n. 1086 con DM 14/01/08).

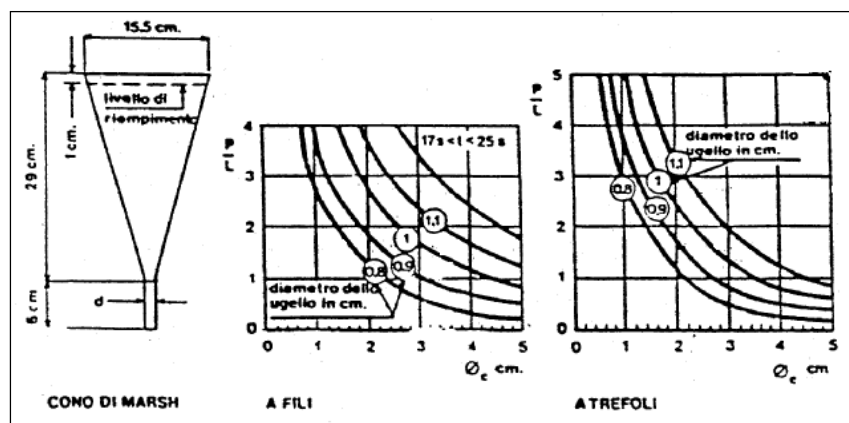
Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge, si precisa quanto segue:

1) la fluidità della malta di iniezione dovrà essere misurata con il cono di Marsh all'entrata ed all'uscita di ogni guaina; l'iniezione continuerà finchè la fluidità della malta in uscita non sarà paragonabile a quella della malta in entrata.

***Misura della fluidità con il cono di Marsh.***

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile ed avere forma e dimensioni come in figura, con ugello intercambiabile di diametro  $d$  variabile da mm 5 a mm 11.

La fluidità della malta sarà determinata misurando i tempi di scolo di  $1000\text{ cm}^3$  di malta (essendo la capacità totale del cono di  $2000\text{ cm}^3$ , il tempo totale di scolo va diviso per due). La fluidità della malta sarà ritenuta idonea quando il tempo di scolo di  $1000\text{ cm}^3$  di malta sarà compreso tra 13 e 25 secondi. La scelta del diametro dell'ugello dovrà essere fatta sulla base degli abachi in figura, rispettivamente per cavi a fili e a trefoli:



Dove:

$P$  = pressione dell'iniezione ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )

$L$  = lunghezza della guaina (cm)

$\varnothing_e = (\varnothing G^2 \cdot n \cdot \varnothing f^2)^{1/2}$

[diametro equivalente in funzione della guaina ( $\varnothing G$ ), del diametro dei fili ( $\varnothing f$ ) e del loro numero (n.)].

#### *Misura della essudazione della malta.*

Si opera con una provetta graduata cilindrica ( $250 \text{ cm}^3$ ,  $\varnothing 6 \text{ cm}$ , riempita con  $1000 \text{ cm}^3$  di boiaccia). La provetta deve essere tenuta in riposo e al riparo dall'aria. La misura si effettua 3 ore dopo il mescolamento, con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata. L'essudazione non dovrà essere superiore al 2% del volume.

Inoltre si precisa che:

- l'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità ( $1500 \div 2000$  giri/min). È proibito l'impasto a mano;
- il tempo di inizio presa non dovrà essere inferiore a 3 ore;
- è prescritta la disposizione di tubi di sfiato in corrispondenza a tutti i punti più elevati di ciascun cavo, comprese le trombette ed i cavi terminali.
- Egualmente dovranno essere disposti tubi di sfiato nei punti più bassi dei cavi lunghi o con forte dislivello.

## **7 MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO, NORMALE O PRECOMPRESSO**

La documentazione da depositarsi ai sensi dei punti a), b), c), d) dell'art.9 della legge 5 novembre 1971 e s.m.i. (vedasi DM 14/01/08) dovrà dimostrare la completa rispondenza dei manufatti prefabbricati alle prescrizioni di cui alle presenti norme.

La relazione dovrà essere firmata da un tecnico a ciò abilitato, il quale assume con ciò le responsabilità stabilite dalla legge per il progettista.

I manufatti prefabbricati dovranno essere costruiti sotto la direzione di un tecnico a ciò abilitato, che per essi assume le responsabilità stabilite dalla legge per il direttore dei lavori.

A cura di detto tecnico dovranno essere eseguiti i prelievi di materiali, le prove ed i controlli di produzione sui manufatti finiti con le modalità e la periodicità previste dalle presenti Norme.

I certificati delle prove saranno conservati dal produttore, che opera con sistemi di qualità certificati.

Ai sensi dell'art. 9 della legge 5 novembre 1971, n° 1086, ogni fornitura di manufatti prefabbricati dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengano esposte le modalità di trasporto e montaggio, nonché le caratteristiche ed i limiti di impiego dei manufatti stessi.

Ogni fornitura di manufatti prefabbricati dovrà inoltre essere accompagnata, anche da un certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal tecnico responsabile della produzione previsto al terzo comma.

Il certificato dovrà garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata al Ministero dei LL.PP., e portare l'indicazione del tecnico che ne risulta, come sopra detto, progettista.

In presenza delle condizioni sopra elencate, i manufatti prefabbricati potranno essere accettati senza ulteriori esami o controlli.

Copia del certificato di origine dovrà essere allegato alla relazione del direttore dei lavori di cui all'art. 6 della legge 5 novembre 1971, n°1086.

Il deposito ha validità triennale.

## **7 . 1 TOMBINI E PONTICELLI AD ELEMENTI PREFABBRICATI IN C.A**

Si prevede l'impiego di elementi scolarari prefabbricati in calcestruzzo di cemento ad alta resistenza ai solfati, vibrocompresso, con armatura idonea e sistema di giunzione con incastro a bicchiere e guarnizione in gomma, i manufatti dovranno essere costruiti in conformità alle Norme vigenti, marcati CE, per carichi stradali di prima categoria. Trattasi di strutture prefabbricate, costituite in officina da telaio chiuso in c.a. con pareti in calcestruzzo di III tipo di resistenza caratteristica non inferiore a 35 N/mm<sup>2</sup>, armato con acciaio B450C.

I punti di giunzione ed eventuali fori predisposti per il calaggio dei manufatti dovranno essere sigillati con apposite malte espansive.

### **7 . 1 . 1 Collaudo in opera**

Il collaudo in opera delle tubazioni a gravità sarà effettuato secondo le disposizioni della Direzione Lavori in base ai metodi indicati nella UNI EN 1610:2005 (ad acqua).

Condizione per l'accettazione sarà il riscontro di valori delle perdite inferiori a quelli ammissibili stabiliti dalla UNI EN 1401-3:2002 per i per i tubi in PVC-U per fognature e della UNI EN 1610:2005 per i tubi strutturati in PVC-U, PP e PE e per i tubi in c.a.

In caso di valori superiori, la Direzione Lavori impartirà le disposizioni del caso per il ripristino della funzionalità della tratta (compreso il suo completo rifacimento) a carico dell'Appaltatore.

Il collaudo dei manufatti di imbocco e sbocco e delle tubazioni dei sifoni sarà eseguito prima del reinterro delle opere.

Si procederà dapprima al riempimento completo del sifone 24 h prima del collaudo, al fine di stabilizzare i manufatti.

In seguito si procederà al reintegro di eventuale acqua fino a raggiungere il livello massimo nel sifone e si eseguirà lettura di tale livello.

Trascorse 8 h si procederà all'eventuale reintegro dell'acqua per ripristinare il livello di inizio prova, la prova si riterrà soddisfacente se il volume d'acqua eventualmente reintegrato non sarà superiore al 1%.

---

---



---

---

In caso di valori superiori, la Direzione Lavori impartirà le disposizioni del caso per il ripristino della funzionalità della tratta (compreso il suo completo rifacimento) a carico dell'Appaltatore.

---

---

## **8 CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO, CENTINATURE E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE**

Per tali opere provvisorie l'Impresa porterà alla preventiva conoscenza della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere 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 adatto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno, delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'impresa è tenuta 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 parte isolare:

- 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 soprasuolo 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.

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

Per i getti di superficie in vista dovranno essere impiegate casseforme speciali atte a garantire rifiniture perfettamente piane, lisce e prive di qualsiasi irregolarità.

La Direzione Lavori si riserva, a suo insindacabile giudizio, di autorizzare l'uso di casseforme in legno; esse dovranno però essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianza sulle facce in vista del getto.

La superficie esterna dei getti in conglomerato cementizio dovrà essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazione di malta fine, macchie od altro che ne pregiudichi l'uniformità e la compattezza e ciò sia ai fini della durabilità dell'opera che dell'aspetto estetico.

Per la ripresa dei getti dovranno essere adottati gli accorgimenti indicati in precedenza.

Le parti componenti i casseri dovranno risultare a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

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

I casseri dovranno essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Si dovrà far uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui che non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

---

---

Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto. Se verranno impiegate casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto e, qualora espressamente previsto nel progetto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata nel qual caso la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto. Qualora sia prevista la realizzazione di conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore.

---

---

## 9 ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n° 1086 ed al DM 14/01/08.

Per gli opportuni controlli da parte della DL, l'Impresa dovrà documentare di ogni partita di acciaio che entra in cantiere la provenienza, la qualità e il peso complessivo di tondini di uno stesso diametro.

Per l'acciaio controllato in stabilimento, l'Impresa dovrà produrre la documentazione prescritta dalle Norme in vigore, che certifichi gli avvenuti controlli e consentire alla DL di accertare la presenza dei contrassegni di riconoscimento.

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate dalla certificazione di cui al DM 14/01/08, riferito al tipo di armatura di cui trattasi, e marchiate secondo quanto previsto nel DM citato.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato DM 14/01/08.

Rimane comunque salva la facoltà del DL di disporre eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Impresa.

L'unità di collaudo per acciai in barre ad aderenza migliorata è costituita dalla partita del peso max di 30 t.

Durante i lavori, per ogni lotto di fornitura, dovranno essere prelevati non meno di tre campioni di 1 metro di lunghezza cadauno ed inviati a Laboratori Ufficiali ai sensi della L. 1086/71 secondo quanto previsto nel DM 14/01/08 .

In caso di risultati sfavorevoli di dette prove, il complesso di barre, al quale si riferisce il campione sarà rifiutato e dovrà essere allontanato dal cantiere.

Per il controllo del peso effettivo da ogni unità di collaudo, dovranno essere prelevate delle barre campione.

Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste dalle norme in vigore, il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse accettabile in base alle tolleranze ed alle normative in vigore, dovranno essere aggiunte, modificando i disegni di progetto e dandone comunicazione alla DL, barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

L'unità di collaudo per acciai per c.a.p. è costituita dal lotto di spedizione del peso max di 30 t spedito in un'unica volta e composta da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

Rimane comunque salva la facoltà della DL di disporre di eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Impresa.

---

---

### **9 . 7 ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA – B450A , B450C - CONTROLLATO IN STABILIMENTO**

I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, ad un Laboratorio Ufficiale.

Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel DM 14/01/08.

Se anche dalla ripetizione delle prove risulteranno non rispettati i limiti richiesti, la Direzione Lavori dichiarerà la partita non idonea e l'impresa dovrà provvedere a sua cura e spese ad allontanarla dal cantiere.

### **9 . 8 ACCIAIO INOSSIDABILE IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA**

Gli acciai inossidabili dovranno rientrare nelle categorie di cui al DM 14/01/08, e dovranno rispettare tutte le caratteristiche fisiche, tecnologiche e meccaniche ivi previste.

Dovranno inoltre essere del tipo austenitico (ivi compresi gli acciai austenitici all'Azoto) o austenitico-ferritico.

Per tali acciai il produttore dovrà fornire l'attestato di deposito rilasciato dal Servizio Tecnico del C.S. LL PP attraverso prove certificate da Laboratori Ufficiali, documentazione comprovante che tali acciai siano del tipo austenitico (ivi compresi gli acciai austenitici all'Azoto) o austenitico-ferritico, e precisato gli specifici provvedimenti di saldatura che dovranno essere utilizzati in cantiere o in officina.

Per i controlli in cantiere o nel luogo di lavorazione delle barre si procederà secondo le indicazioni del DM 14/01/08.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova, nonché l'accettazione della partita, sono analoghe a quelle riportate nella presente sezione.

L'uso di detto acciaio deve essere previsto rigorosamente in progetto, e giustificato alla luce delle situazioni ambientali, nonché concretamente motivato.

### **9 . 9 RETI IN BARRE DI ACCIAIO ELETTROSALDATE**

Le reti saranno in barre del tipo B450C, controllate in stabilimento, di diametro compreso tra 4 e 12 mm, con distanza assiale non superiore a 35 cm.

Dovrà essere verificata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, come indicato nel DM 14/01/08.

Per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura si richiama quanto previsto nel DM 14/01/08.

### **9 . 10 ZINCATURA A CALDO DEGLI ACCIAI**

Quando previsto in progetto gli acciai in barre e le reti in barre di acciaio elettrosaldate dovranno essere zincate a caldo.

#### **9 . 10 . 1 QUALITÀ DEGLI ACCIAI DA ZINCARE A CALDO**

Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03 - 0,04% oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%. Inoltre gli acciai ad aderenza migliorata dovranno avere garanzia di saldabilità e composizione chimica

---

---

conforme ai valori di cui al Prospetto I della Norma UNI EN 10080:2005 per gli acciai di qualità Fe B 400 S e Fe B 500 S.

#### 9 . 1 0 . 2 ZINCATURA A CALDO PER IMMERSIONE

##### 9 . 1 0 . 2 . 1 TRATTAMENTO PRELIMINARE

Comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400 - 430 K.

##### 9 . 1 0 . 2 . 2 IMMERSIONE IN BAGNO DI ZINCO

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI EN 1179:2005, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%.

Il bagno di zinco fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710-723 K; in nessun caso dovrà essere superata la temperatura massima di 730 K.

Il tempo di immersione delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m<sup>2</sup> di superficie effettivamente rivestita, corrispondente ad uno spessore di 85 µm ± 10%.

Seguirà il trattamento di cromatazione, se previsto in progetto, per impedire eventuali reazioni tra le barre e il calcestruzzo fresco.

##### 9 . 1 0 . 2 . 3 FINITURA ED ADERENZA DEL RIVESTIMENTO

Il rivestimento di zinco dovrà presentarsi regolare, uniformemente distribuito, privo di zone scoperte, di bolle, di macchie di flusso, di inclusioni, di scorie, di macchie acide o nere.

Dovrà essere aderente alla barra in modo da non poter venire rimosso da ogni usuale processo di movimentazione, lavorazione e posa in opera.

Barre eventualmente incollate assieme dopo la zincatura e barre che presentano gocce e/o punte aguzze saranno rifiutate.

##### 9 . 1 0 . 2 . 4 VERIFICHE

Le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso massimo di 30 t.

Oltre alle prove previste dai precedenti punti, dirette a verificare la resistenza dei materiali, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni del precedente punto.

In primo luogo la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Impresa ad una accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura.

In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali le partite saranno rifiutate e l'impresa dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese.

Dovrà essere verificato il peso dello strato di zincatura mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo Aupperle) secondo la Norma UNI EN 1460:1997.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a 610 g/m<sup>2</sup> +10% la partita sarà accettata.

---

---

In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se anche per questi ultimi il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a  $610 \text{ g/m}^2 -10\%$  la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La verifica della uniformità dello strato di zincatura sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo Preece).

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: saranno sottoposti a prova 3 campioni.

Se dopo 5 immersioni ed il successivo lavaggio non si avrà nell'acciaio alcun deposito di rame aderente metallico e brillante, la partita sarà accettata. In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni:

- se presenterà depositi di rame uno solo dei campioni prelevati la partita sarà accettata;
- se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà più di 1, ma comunque non superiore a 3 dei 9 prelevati, la partita sarà accettata ma verrà applicata una penale al lotto che non possiede i requisiti richiesti; se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà superiore a 3, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

Tutte le prove e le verifiche dovranno essere effettuate a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i Laboratori indicati dalla medesima.

#### 9 . 1 0 . 2 . 5 CERTIFICAZIONI

Il produttore, oltre ai controlli sistematici, con prove di qualificazione e di verifica della qualità, previste dalle Norme di cui al DM 14/01/08 dovrà presentare per ogni partita la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono.

La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

#### 9 . 1 0 . 2 . 6 LAVORAZIONE

Il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera.

Quando la zincatura viene effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bicomponente dello spessore di 80-100 micron.

### 9 . 1 1 **ACCIAIO PER C.A.P.**

#### 9 . 1 1 . 1 **FILI, BARRE, TREFOLI**

L'acciaio per c.a.p. deve essere controllato in stabilimento per lotti di fabbricazione, secondo le norme di cui al DM 14/01/08.

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate da certificati di laboratori ufficiali e dovranno essere munite di un sigillo sulle legature con il marchio del produttore.

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

I fili di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante e non dovranno essere piegati durante l'allestimento dei cavi.

---

---

Le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo dovranno essere realizzati con nastro adesivo ad intervallo di 70 cm.

Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una spirale costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80-100 cm.

I filetti delle barre e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi.

Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso.

Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea, si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione e difetti superficiali visibili.

E' facoltà della Direzione Lavori sottoporre a controllo in cantiere gli acciai controllati in stabilimento.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, ad un Laboratorio Ufficiale/Autorizzato.

Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera dei lotti di spedizione sottoposti all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel DM 14/01/08.

Se anche dalla ripetizione delle prove risulteranno non rispettati i limiti richiesti, la Direzione Lavori dichiarerà la partita non idonea e l'impresa dovrà provvedere a sua cura e spese ad allontanarla dal cantiere.

#### **9 . 1 1 . 2 CAVO INGUAINATO MONOTREFOLO**

Dovrà essere di tipo compatto, costituito da trefolo in fili di acciaio a sezione poligonale, controllati in stabilimento, rivestito con guaina tubolare in polietilene ad alta densità, intasata internamente con grasso anticorrosivo ad alta viscosità, stabile ed idoneo all'uso specifico.

Le caratteristiche dell'acciaio, i controlli, lo spessore della guaina dovranno essere conformi a quanto previsto nei precedenti punti ed a quanto riportato negli elaborati di progetto.

L'Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori il sistema proposto per l'ingrassaggio, l'infilaggio e l'eventuale sostituzione dei trefoli.

#### **9 . 1 1 . 3 ANCORAGGI DELLA ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE**

Gli ancoraggi terminali dell'armatura di precompressione dovranno essere conformi ai disegni di progetto, composti essenzialmente da piastre di ripartizione e apparecchi di bloccaggio. Per i cavi inguainati monotrefolo le piastre di ripartizione dovranno essere in acciaio zincato, a tenuta stagna; i cappellotti di protezione terminali dovranno essere zincati e provvisti di guarnizione in gomma antiolio, da calzare sui cilindretti e fissare con viti zincate ai terminali riempiti con grasso dopo la tesatura dei trefoli.

---

---

---

---

**SEZ. 08 "DIAFRAMMI E PALANCOLATI"**

---

---

**1 GENERALITA'****1.1 CLASSIFICAZIONE**

Si farà riferimento alla seguenti tipologie di opere:

- Diaframmi in c.a. scavati e gettati in opera;
- Palancolati.

**1.1.1 DIAFRAMMI**

Per diaframma si intende un'opera con funzioni di sostegno delle terre, ma anche di fondazione, difesa di opere preesistenti, etc., realizzato asportando e sostituendo il terreno con un conglomerato cementizio armato.

Lo scavo è eseguito per elementi singoli (pannelli), le cui dimensioni corrispondono alle dimensioni nominali dell'utensile di scavo, o ad un suo multiplo, gettati monoliticamente.

Per pannelli si intendono i singoli elementi costituenti il diaframma. Pannelli isolati possono essere utilizzati per realizzare fondazioni profonde, alle stregua di pali trivellati di grande diametro.

I giunti di un diaframma sono costituiti dalle superfici di contatto tra i singoli pannelli costituenti il diaframma.

**1.1.2 PALANCOLATI**

Un palancolato è un diaframma realizzato mediante infissione nel terreno di profilati metallici, di sezione generalmente a forma di U aperta, i cui bordi laterali, detti gargami, sono sagomati in modo da realizzare una opportuna guida all'infissione del profilato adiacente, disposto in posizione simmetricamente rovesciata.

In genere le palancole metalliche vengono utilizzate per realizzare opere di sostegno provvisorio di scavi di modesta profondità.

In questi casi le palancole vengono recuperate, estraendole mediante impiego di un vibratore.

Meno frequente è l'impiego di palancole per realizzare opere di sostegno o di protezione a carattere definitivo.

In questi casi possono essere talvolta utilizzate delle palancole in cemento armato, eventualmente precompresso con la tecnica dei fili aderenti, prefabbricate in stabilimento.

**1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alla seguente normativa:

- Decreto Ministeriale del 14/01/08 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
  - ASTM DII43-81 "Standard Test Method for piles under static and compressive load"
  - DIN 4150
- 
-

---

---

## 2 DIAFRAMMI IN CEMENTO ARMATO

La tecnica di perforazione sarà di norma basata sull'impiego di fanghi bentonitici.

Nel caso di terreni argillosi da mediamente consistenti a molto consistenti, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, con valori della resistenza al taglio non drenata ( $C_u$ ), che alla generica profondità  $h$  soddisfino alle condizioni:

$$C_u \geq \gamma h / 3$$

Dove:

$\gamma$  = peso di unità di volume totale;

la perforazione potrà essere eseguita a secco, sempre che non vi sia alcun ingresso di acqua nel foro. Durante la perforazione occorrerà tener conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il diaframma.

Dovranno quindi essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi;
- la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza diaframma-terreno da un impiego improprio.

### 2 . 1 PALANCOLATI

L'Impresa dovrà comunicare alla DL le modalità esecutive che intende adottare per le infissioni.

Dovrà inoltre assicurare il rispetto delle Norme DIN 4150, in merito ai limiti delle vibrazioni, comunicando alla DL i provvedimenti che intende adottare nel caso dei superamenti dei limiti stessi.

La DL, a sua discrezione, può richiedere che l'Impresa provveda ad eseguire misure di controllo delle vibrazioni indotte, con oneri e spese relative a carico dell'Impresa stessa.

### 2 . 2 TOLLERANZE GEOMETRICHE

#### 2 . 2 . 1 DIAFRAMMI IN C.A.

La posizione planimetrica dei diaframmi dovrà mantenersi nelle tolleranze indicate nel progetto.

La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%; nel caso di diaframmi a tenuta idraulica dovrà essere garantita una tolleranza di un valore massimo pari a  $S/3 L$  ( $S$  = Spessore;  $L$  = profondità del diaframma).

Le tolleranze  $\Delta S$  sullo spessore, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito, sono le seguenti:

- per ciascun elemento, in base al suo assorbimento globale:
  - $0,01 S < \Delta S \leq 0,1 S$
- per ciascuna sezione degli elementi sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose (dose = autobetoniera):
  - $0,01 S < \Delta S \leq 0,01 S$

La profondità "L", dovrà risultare conforme al progetto  $\pm 20$  cm.

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spesa tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie

---

---



per garantire piena funzionalità al diaframma in caso di esecuzione non conforme alle tolleranze stabilite.

### 2.2.2 PALANCOLATI

Per quanto riguarda i palancolati si prescrive il rispetto delle seguenti tolleranze:

- posizione planimetrica dell'asse mediano del palancolato :  $\pm 3$  cm
- verticalità :  $\pm 2$  %
- quota testa :  $\pm 5$  cm
- profondità :  $\pm 25$  cm

Qualora l'infissione risultasse ostacolata, l'Impresa, previo accordo della Direzione Lavori e previa verifica della congruità progettuale dell'opera, potrà limitare l'infissione a quote superiori, provvedendo al taglio della parte di palancola eccedente rispetto alla quota di testa prevista in progetto.

## 2.3 PREPARAZIONE DEI PIANI DI LAVORO

### 2.3.1 DIAFRAMMI

L'Impresa avrà cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che se incontrati nella perforazione possono recare danno alle maestranze in cantiere o a terzi.

Le attrezzature di perforazione e di servizio dovranno operare da un piano di lavoro preventivamente realizzato, in modo da evitare variazioni di assetto delle attrezzature durante il loro funzionamento.

Gli assi longitudinali dei diaframmi saranno materializzati mediante coppie di cordoli-guida (corree), paralleli e contrapposti ad una distanza netta pari allo spessore nominale del diaframma, aumentato di 10 cm. con riferimento ai capisaldi plano-altimetrici di progetto.

I cordoli saranno realizzati in conglomerato cementizio armato. Le dimensioni minime sono 0.35 x 0.80 m; l'armatura sarà continua ed il getto sarà fatto contro il terreno naturale.

Nella realizzazione dei cordoli si avrà cura di posizionare con precisione le cassetture metalliche, in modo da ottenere che la linea mediana delle corree non si discosti dalla posizione planimetrica del diaframma in misura superiore alla tolleranza ammessa.

I cordoli hanno inoltre la funzione di guidare l'utensile di scavo, sostenere il terreno più superficiale e costituire un'adeguata vasca per le escursioni del livello del fango bentonitico durante l'introduzione dell'utensile di scavo.

Particolare cura dovrà quindi essere posta nella loro esecuzione sia nei riguardi del tracciamento (quota superiore e direzione), sia per la loro verticalità, in quanto essi costituiscono l'elemento fondamentale per ogni riferimento del diaframma (quote ed allineamento).

I cordoli saranno adeguatamente marcati con chiodi e strisce di vernice in corrispondenza degli estremi di ciascun pannello di diaframma da scavare.

### 2.3.2 PALANCOLATI

I piani di lavoro dovranno essere adeguati in relazione alle dimensioni delle attrezzature da utilizzare, la loro quota dovrà consentire di rispettare ovunque le quote di progetto relative alla testa del palancolato

---

---

## 2 . 4 MATERIALI

### 2 . 4 . 1 DIAFRAMMI

La potenza e la capacità operativa delle attrezzature dovranno in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare ed alle dimensioni dei diaframmi da eseguire nei tempi previsti.

Marcature disposte ad intervalli regolari (1m-2m) sugli organi di manovra degli utensili di scavo dovranno consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

Il fango bentonitico dovrà essere preparato, trattato e controllato seguendo le modalità descritte nel punto 2.3.4 della sezione "pali" del presente Capitolato.

Nel caso che la perforazione sarà eseguita mediante benna mordente, il corpo dell'utensile dovrà lasciare uno spazio tra esso e la parete del foro di ampiezza sufficiente ad evitare "effetti pistone" allorché l'utensile viene sollevato.

Gli utensili di perforazione dovranno avere conformazione tale da non lasciare sul fondo del foro detriti smossi o zone di terreno rimaneggiato.

La benna mordente sarà provvista delle aperture per la fuoriuscita del fango all'atto dell'estrazione.

Il livello del fango nel foro dovrà essere in ogni caso più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore a 1,00 m e non dovrà scendere al di sotto di 0,60 m all'atto dell'estrazione dell'utensile dal foro; a tale scopo si potrà disporre di una fossa di piccola capacità accanto al foro, direttamente connessa alla sua sommità con corto canale.

Ciascun tratto di diaframma sarà eseguito in due fasi: si procederà dapprima alla perforazione ed al getto di elementi alterni e si completerà il tratto in seconda fase, con l'esecuzione degli elementi di chiusura ad avvenuta presa del conglomerato cementizio di quelli eseguiti in prima fase.

Le operazioni dovranno essere programmate e condotte in modo da evitare interazioni pregiudizievoli alla buona riuscita del lavoro tra elementi in corso di esecuzione o appena ultimati.

Il materiale di risulta dovrà essere sistematicamente portato alla discarica, previo trattamento dei fanghi bentonitici, secondo la legislazione vigente.

Qualora si accertasse l'impossibilità di fare eseguire immediatamente il getto all'ultimazione della perforazione (per sosta notturna, difficoltà di approvvigionamento del conglomerato cementizio o qualunque altro motivo), si dovrà interrompere la perforazione almeno un metro sopra alla profondità finale prevista e riprenderla successivamente, in modo da ultimarla nell'imminenza del getto.

#### 2.4.1.1 ATTRAVERSAMENTO DI TROVANTI E/O FORMAZIONI ROCCIOSE

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei, non estraibili con i normali metodi di estrazione, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una adeguata immorsatura del diaframma nei substrati rocciosi di base si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello della benna o del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

---

---

#### 2.4.1.2 ARMATURE METALLICHE

Le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità alle indicazioni di progetto e rispondere alle prescrizioni richieste dal presente Capitolato.

Le armature trasversali saranno costituite da riquadri o staffe a più braccia, con ampio spazio libero centrale per il passaggio del tubo di getto; esse saranno di norma esterne alle armature verticali.

Le armature metalliche verticali saranno costituite da barre ad aderenza migliorata B450C; verranno pre-assemblate fuori opera in «gabbie»; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo di 6 cm.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio (diametro 12-15 cm, larghezza > 6 cm) con perno in tondino metallico fissato a due ferri verticali contigui.

Per i distanziatori in plastica al fine di garantire la solidarietà con il 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 periodo e con spaziatura verticale di 3,0-4,0 m.

Non si ammette la distribuzione delle barre verticali su doppio strato; l'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo il perimetro che ne unisce i centri, non dovrà in nessun caso essere inferiori a 7,5 cm con aggregati inferiori ai 2 cm e a 10 cm con aggregati di classe superiore, e comunque con Dmax non superiore ai 40 mm.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera sul fondo del cavo.

#### 2.4.1.3 CALCESTRUZZO

Il conglomerato cementizio sarà confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti.

La dimensione massima degli aggregati dovrà essere inferiore al valore minimo di interspazio tra le armature e comunque non superiore a 40 mm.

Il conglomerato cementizio dovrà avere la resistenza caratteristica cubica di progetto e comunque non dovrà risultare di classe inferiore a 30 MPa.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il valore di 0,50 nella condizione di aggregato saturo a superficie asciutta.

La lavorabilità dovrà essere tale da dare uno «slump» al cono di Abrams nelle classi di consistenza S4 o S5 secondo quanto definito nel Progetto Esecutivo.

Per soddisfare entrambi questi requisiti potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante.

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della Direzione Lavori.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazioni dei componenti.

Il conglomerato cementizio dovrà essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun elemento di diaframma senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun getto dovrà venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 20 m<sup>3</sup>/h.

La centrale di confezionamento dovrà quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quello sopra indicato.

---

---

## 2.4.2 PALANCOLE METALLICHE

Dovranno essere utilizzati profilati (S450) aventi forma, sezione, spessore, lunghezza, conformi a quanto previsto dal progetto o, nel caso di impieghi di carattere provvisorio, comunque sufficienti a resistere alle massime sollecitazioni, sia in esercizio che durante le fasi di infissione ed estrazione. Salvo differenti indicazioni riportate nei disegni di progetto, l'acciaio delle palancole dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura  $f_t = 550 \text{ N/mm}^2$
- limite elastico  $f_y = 390 \text{ N/mm}^2$ .

La superficie delle palancole dovrà essere convenientemente protetta con una pellicola di bitume o altro materiale protettivo. I bordi di guida dovranno essere perfettamente allineati e puliti.

## 2.5 MODALITÀ ESECUTIVE

### 2.5.1 DIAFRAMMI

#### 2.5.1.1 POSA IN OPERA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera impiegando un tubo di convogliamento costituito da elementi non più lunghi di 2,50 m di un tubo in acciaio avente diametro interno di 20-25 cm.

L'interno dei tubi sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Il tubo sarà provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di 0,4-0,6 mc, mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo di convogliamento sarà eseguita una ulteriore misura del fondo cavo.

Per diaframmi eseguiti in presenza di fango bentonitico, il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a 30-60 cm dal fondo della perforazione.

Prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da una palla di malta plastica oppure da uno strato di 30 cm di spessore di vermiculite granulare o di palline di polistirolo galleggianti sul liquido, oppure ancora da un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo getto di almeno 3-4 m di diaframma.

Il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima nel conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0m.

Per diaframmi perforati a secco non occorre alcun tappo alla sommità del tubo-getto.

Nei casi in cui sia richiesta la impermeabilità del diaframma o la collaborazione statica tra gli elementi che lo compongono, i giunti tra gli elementi dovranno essere opportunamente conformati.

A tale scopo prima del getto degli elementi primari, si poseranno ai due estremi del pannello da gettare e per tutta la profondità due casseforme metalliche a sezione circolare (o di diversa sezione opportunamente sagomata ed approvata dalla Direzione Lavori).

A presa iniziata, si provvederà ad estrarre per 2-3 cm le casseforme mediante un'opportuna attrezzatura oleodinamica, ripetendo l'operazione in tempi successivi qualora le dimensioni dell'elemento comportino durate del getto notevoli e quindi tempi di presa scaglionati per le diverse fasce di profondità di ciascun elemento.

A presa ultimata per tutto il pannello si provvederà all'estrazione completa delle casseforme.

La superficie esterna delle casseforme dovrà essere continua, liscia, priva di incrostazioni ed all'occorrenza spalmata di un prodotto disarmante, in modo da permettere l'esecuzione agevole delle operazioni sopra indicate, senza danni per il getto.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei diaframmi sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del diaframma non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del diaframma sino alla quota di sottoplinto o alla quota testa diaframma di progetto.

Nel caso che, durante la eventuale scopertura del paramento in vista del diaframma, si riscontrassero difetti di esecuzione (quali soluzioni di continuità nel conglomerato, non perfetta tenuta dei giunti di collegamento, ecc.), sarà onere dell'Impresa adottare a sua cura e spese i provvedimenti che saranno necessari a giudizio insindacabile della Direzione Lavori.

#### 2.5.2 PALANCOLATI

La realizzazione dei palancolati provvisori e definitivi richiede che vengano adottati tutti i provvedimenti necessari perchè l'opera abbia, senza eccezioni, i requisiti progettuali, in particolare per quanto riguarda la verticalità, la complanarità ed il mutuo incastro degli elementi costitutivi, la capacità di resistere ai carichi laterali.

L'attrezzatura d'infissione e di estrazione avrà caratteristiche conformi a quanto definito dall'Impresa allo scopo di assicurare il raggiungimento della profondità d'infissione richiesta nel contesto stratigrafico locale e la possibilità di estrazione degli elementi non definitivi.

L'infissione sarà realizzata a percussione, utilizzando un battipalo, o tramite vibrazione, con apposito vibratore. L'estrazione sarà preferibilmente eseguita mediante vibrazione.

Il battipalo sarà di tipo scorrevole su una torre con guide fisse e perfetto allineamento verticale, con caratteristiche in accordo alle prescrizioni di progetto, se esistenti.

Si potranno impiegare battipali a vapore o diesel, in ogni caso in grado di fornire l'energia sufficiente all'infissione entro i terreni presenti nel sito, adeguatamente alle condizioni della stratigrafia locale.

La massa battente del battipalo agirà su un cuffia o testa di battuta in grado di proteggere efficacemente la palancola da indesiderate deformazioni o danni.

Per ogni attrezzatura l'Impresa dovrà fornire le seguenti informazioni:

- marca e tipo del battipalo;
- principio di funzionamento;
- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;
- n. di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;
- caratteristiche della cuffia o testa di battuta;
- peso del battipalo.

Il vibratore sarà a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

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

Le palancole saranno di tipo metallico, con caratteristiche geometriche conformi alle prescrizioni di progetto.

Tipo e qualità dei materiali costituenti saranno invece corrispondenti a quanto definito al punto 2.4.1.2 del presente Capitolato.

Le palancole saranno preferibilmente infisse con l'ausilio di uno scavo guida d'invito, di dimensioni adeguate.

L'Impresa dovrà comunicare alla Direzione Lavori il programma cronologico di infissione per tutte le palancole, prima dell'inizio dell'infissione stessa.

---

---

L'infissione per battitura avverrà con l'uso di un battipalo perfettamente efficiente e proseguirà fino al raggiungimento della quota di progetto o fino al raggiungimento del rifiuto, che, se non diversamente indicato, sarà considerato raggiunto quando si misureranno, per 50 colpi di maglio, avanzamenti non superiori a 10 cm.

L'Impresa potrà, informandone la Direzione Lavori, ricorrere a delle iniezioni di acqua in pressione per facilitare il superamento di livelli granulari addensati, procurando la discesa della palancola per peso proprio con l'ausilio di una modesta battitura. Modalità, pressioni e portata del getto devono essere comunicate alla Direzione Lavori.

In caso di qualsiasi anomalia rilevata nel corso dell'infissione e comunque nel caso di mancato raggiungimento della prevista quota finale, sia nel caso di infissione per battitura che per vibrazione, l'Impresa dovrà immediatamente informare la Direzione Lavori.

Le palancole appartenenti ad opere provvisorie saranno estratte associando tiro e vibrazione.

Per la fase di estrazione si compilerà una scheda analoga a quella descritta per l'infissione.

A estrazione avvenuta, la palancola sarà esaminata ed il suo stato brevemente descritto, annotando la presenza di distorsioni, deformazioni o danni.

## 2 . 6 SPECIFICA DI CONTROLLO

La seguente specifica si applica ai diaframmi e palancolati, precedentemente esaminate.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, etc.

Sono altresì comprese tutte le Norme tecniche vigenti in materia.

Le procedure delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione delle difficoltà tecniche e realizzative.

Nel caso di esito negativo delle prove, le stesse dovranno essere incrementate nella misura richiesta dalla DL.

### 2 . 6 . 1 DIAFRAMMI

#### 2.6.6.1 MATERIALI

Per le opere realizzate in conglomerato cementizio, si utilizzeranno le specifiche di controllo riportate della sezione "pali" del presente Capitolato.

In particolare per le armature, si dovrà verificare la loro congruità con i disegni di progetto, e che siano dotati di dei corrispondenti certificati forniti dal produttore, su ogni lotto di fornitura, corrispondenti alle specifiche del presente Capitolato.

In caso di assenza di tali certificazioni, il materiale non potrà essere posto in opera.

#### 2.6.6.2 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA

Durante l'esecuzione di ogni elemento di diaframma, si dovrà registrare su apposita scheda, compilata dall'Impresa in contraddittorio con la DL, per riportare il riscontro delle tolleranze ammissibili e per riportare i seguenti dati:

- identificazione del diaframma;
  - successione stratigrafica dei terreni attraversati;
  - data di inizio perforazione e di fine getto;
  - valore degli "slump" del calcestruzzo, effettuato per ogni betoniera o 10 m<sup>3</sup> di conglomerato cementizio impiegato;
  - profondità prima del getto;
  - il numero di campioni prelevati secondo le modalità e prescrizioni previste;
- 
-

- i controlli su ogni lotto di fango bentonitico impiegato;
- caratteristiche geometriche costruttive degli eventuali giunti;
- le caratteristiche degli additivi utilizzati;
- la quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni elemento di diaframma, con una tecnica analoga a quella descritta nella sezione “pali” del presente Capitolato.

## 2 . 6 . 2 PROVE DI CONTROLLO SUGLI ELEMENTI DI DIAFRAMMA

### 2.6.2.1 PROVE DI CARICO PER I SOLI ELEMENTI DI DIAFRAMMA CON FUNZIONE PORTANTE VERTICALE

Il numero di elementi da sottoporre alla prova di carico deve essere stabilito sulla base di quanto definito nel DM 14/01/08.

La scelta degli elementi di prova è di competenza della Direzione Lavori che tra l'altro dovrà tener presente la necessità di interessare le diverse situazioni del sottosuolo, evitandone la concentrazione.

Il carico di prova sarà in genere pari a 1,5 volte il carico di esercizio.

Al momento della prova il conglomerato cementizio del diaframma dovrà avere almeno ventotto giorni di stagionatura.

Le modalità di applicazione e la durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e di scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori anche in funzione della natura dei terreni di fondazione.

Il carico sarà applicato mediante un martinetto che trova contrasto su un'adeguata zavorra o elementi di diaframma di reazione, il cui manometro (o cella di carico) dovrà essere corredato da un certificato di taratura di data non anteriore a trenta giorni.

Le misure dei cedimenti dovranno essere rilevate mediante 4 micrometri centesimali, interposti tra la testa dell'elemento di diaframma e una struttura porta micrometri solidale al terreno in punti sufficientemente distanti dall'elemento di prova e dal sistema di contrasto, così da evitare l'influenza delle operazioni di carico e scarico.

I supporti di tale struttura devono distare non meno di 3,0 m dall'elemento di diaframma di prova e non meno di 3 volte lo spessore dell'elemento di prova, e non meno di 2,0 m dalla impronta della zavorra o da elementi di diaframma di reazione.

La struttura portamicrometri dovrà essere protetta da vibrazioni e urti accidentali e schermata dai raggi solari per minimizzare le deformazioni di natura termica.

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data e ora di ogni variazione di carico, entità del carico, le letture ai micrometri e il diagramma di carichi-cedimenti.

Al verbale verranno allegati i certificati di taratura del manometro (o cella di carico).

Ove previsto dal progetto esecutivo si dovranno effettuare delle prove di carico limite per accertare i carichi che producono il collasso del complesso pannello - terreno.

Questo tipo di prove dovrà essere effettuato su pannelli opportunamente predisposti, all'esterno del diaframma, ed in una situazione geotecnica analoga.

Il carico massimo da applicare nel corso della prova deve raggiungere il valore di 2,5 – 3 volte il valore del carico di esercizio scelto dal progettista.

Il numero minimo di prove sarà pari a 1 per ogni tipo di diaframma e per una situazione geotecnica equivalente.

### 2.6.2.2 PROVE DI CARICO LATERALE

---

---

Tali tipologie di prove saranno effettuate su quei pannelli indicati dal progettista e/o preventivamente concordati con la DL.

Essa sarà unicamente del tipo non distruttivo, e verranno eseguite con l'ausilio di pannelli di contrasto posti almeno a 3 m di distanza dal pannello di prova.

Per le prove di carico laterale valgono le indicazioni per le prove di carico assiale.

#### 2.6.2.3 CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche degli elementi di diaframma non compromettendone l'integrità strutturale.

A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- prove geofisiche;
- carotaggio continuo meccanico;
- scavi attorno al fusto dell'elemento di diaframma.

Per tutti i controlli non distruttivi l'impresa provvederà a sottoporre alla Direzione Lavori per approvazione il programma e le specifiche tecniche di dettaglio.

#### 2.6.2.4 PROVE GEOFISICHE

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti, attraverso la posa in opera di almeno due tubi di diametro interno non inferiore a 1" ½.

Il numero dei controlli sarà di volta in volta stabilito dalla Direzione Lavori anche in relazione all'importanza dell'opera, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei diaframmi.

Gli elementi di diaframma da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli su almeno il 5% del numero totale degli elementi di diaframma con un numero minimo di due.

Prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la profondità dell'elemento, entro cui possano scorrere le sonde di emissione e ricezione, dovranno essere predisposte per il 15% dello sviluppo totale dei diaframmi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.

Le prove dovranno essere eseguite non prima di 28 giorni dal termine delle operazioni di getto

Le misure dovranno essere eseguite ogni 10 cm di avanzamento della sonda nelle tubazioni predisposte.

L'esito della prova sarà registrato con apparecchiatura digitale.

Nel caso si identifichino 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.

I risultati di tali prove saranno riportati su apposita scheda in cui verrà indicato:

- i dati di identificazione del pannello, rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione della prova;
- le registrazioni effettuate ad ogni avanzamento della sonda e la tipologia della sonda;
- caratteristiche della centralina di registrazione.

#### 2.6.2.5 CAROTAGGIO CONTINUO MECCANICO

---

---



Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo, allo stato indisturbato, del conglomerato e se richiesto del sedime di imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quegli elementi di diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto le presenti norme tecniche di appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

#### 2.6.2.6 SCAVI ATTORNO AL FUSTO DEL DIAFRAMMA

Verranno richiesti dalla Direzione Lavori, ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4,0 - 5,0 metri di diaframma.

Il fusto del diaframma dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, in corrispondenza di quegli elementi del diaframma ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti Norme tecniche di appalto e alle disposizioni della Direzione Lavori.

#### 2.6.2.7 PROVE SU PANNELLI STRUMENTATI

Per tali tipi di pannelli oltre alle prove di carico assiale e laterale, per cui valgono i controlli descritti ai precedenti punti.

Si dovrà procedere ai seguenti controlli:

- Subito dopo il getto del pannello strumentato si dovrà procedere alla verifica della funzionalità della strumentazione installata, al fine di accertarsi che non abbia subito alcun danno.
- Oltre al controllo di funzionalità precedente, si dovranno eseguire degli ulteriori controlli, ma con registrazione dei dati.

Tali controlli verranno effettuati con le seguenti cadenze a partire dalla data del getto:

- 1° controllo: a 7 giorni;
- 2° controllo: a 14 giorni;
- 3° controllo: a 28 giorni;
- 4° controllo: immediatamente prima della prova di carico;

I dati dovranno essere registrati su apposito modulo, riportante oltre all'identificazione del pannello anche la data (giornaliera e progressiva) dei controlli, saranno allegati, insieme alla documentazione della prova di carico. In particolare il controllo n. 4 costituirà la misura origine per le letture successive.

Per quanto riguarda la prova di carico laterale, questa avverrà con l'ausilio del tubo inclinometrico e con gli estensimetri elettrici già predisposti se ciò era già stato concordato con la Direzione Lavori:

---

---

#### 2.6.2.8 CONTROLLO DELLE DEFORMAZIONI

Questo tipo di controllo si eseguirà con l'ausilio di tubi inclinometrici annegati nel getto di calcestruzzo.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro  $\phi$  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 torsioni iniziali del tubo guida.

La frequenza delle misure sarà stabilita volta per volta in accordo con la D.L., in relazione ai programmi di scavo del pannello ed alla messa in trazione degli eventuali tiranti di ancoraggio.

L'esito delle prove sarà registrato in una apposita scheda in cui sarà indicato, per ogni pannello:

- i dati identificativi del pannello rispetto alla planimetria;
- la data di esecuzione delle varie operazioni di prova;
- il tipo di sonda inclinometrica impiegata;
- i dati sulla torsione iniziale dei tubi guida;
- le registrazioni dei dati inclinometrici rilevati

### 2 . 6 . 3 PALANCOLE

#### 2 . 6 . 3 . 1 MATERIALI

Si dovrà verificare che gli acciai impiegati siano conformi alle prescrizioni del presente Capitolato e siano dotati dei relativi certificati per ogni lotto di fornitura.

In assenza di questi non sarà possibile mettere in opera l'elemento.

#### 2 . 6 . 3 . 2 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA

Nel corso della infissione per battitura, verrà conteggiato il numero dei colpi per avanzamenti di 1 m. In corrispondenza degli ultimi metri, 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'Impresa dovrà controllare la posizione plano-altimetrica e l'effettivo incastro laterale reciproco degli elementi.

Per ciascun elemento infisso mediante battitura o vibrazione, l'Impresa oltre al controllo delle tolleranze, dovrà redigere una scheda indicante:

- n. progressivo della palanca, riportato sulla planimetria di progetto
- dati tecnici della attrezzatura
- tempo necessario per l'infissione
- informazioni relative alla locale stratigrafia
- tabella dei colpi per l'avanzamento (ove applicabile)
- note aggiuntive su eventuali anomalie o inconvenienti

In presenza di anomalie o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, di mancato raggiungimento della quota di progetto e qualsiasi altra anomalia, l'Impresa a comunicare ciò alla Direzione Lavori, concordando l'eventuale riesame della progettazione o gli opportuni provvedimenti.

Per la fase di estrazione si compilerà una analoga scheda, a quella descritta precedentemente, dove si verificherà l'integrità della stessa.

---

---

---

---

**SEZ. 09 "PALI"**

---

---

---

---

**1 CLASSIFICAZIONE****1.1 PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO**

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie:

- Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati);
- Pali trivellati;
- Pali trivellati ad elica continui.

**1.2 MICROPALI**

Con tale denominazione devono essere intesi, i pali trivellati aventi diametro  $\leq 250$  mm costituiti da malte o miscele cementizie e da idonee armature d'acciaio.

Dal punto di vista esecutivo, possiamo identificare le seguenti tipologie, a seconda delle modalità di connessione al terreno:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

---

---

**2 DEFINIZIONE****2.1 PALI TRIVELLATI**

Con tale denominazione si vengono ad identificare i pali realizzati per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici o altri fluidi stabilizzanti, ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

**2.2 PALI TRIVELLATI AD ELICA CONTINUA**

Con tale denominazione si vengono ad identificare, i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica avviene contemporaneamente alla immissione del calcestruzzo.

**2.3 MICROPALI**

Con tale denominazione vengono identificati pali trivellati ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro ( $d \leq 250$  mm) con tubi metallici, che possono anche essere dotati di valvole di non ritorno (a secondo delle modalità di solidarizzazione con il terreno), che sono connessi al terreno mediante:

- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

Tali modalità di connessione con il terreno, sono da applicare rispettivamente:

---

---

- per micropali eseguiti in roccia o terreni coesivi molto compatti il cui modulo di deformabilità a breve termine sia superiore ai 200 MPa, utilizzeremo il primo tipo di connessione;
- per micropali eseguiti in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine inferiore a 200 MPa, utilizzeremo il secondo ed il terzo tipo di connessione.

L'armatura metallica può essere costituita da:

- tubo senza saldature, eventualmente dotato di valvole di non ritorno;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armature costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata, e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirali continue in tondo ad aderenza migliorata o liscio.

---

---

### 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- DM 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN, saranno specificate ove pertinenti.

---

---

### 4. PREPARAZIONE DEL PIANO DI LAVORO

L'Impresa dovrà aver cura di accertare che l'area di lavoro non sia attraversata da tubazioni, cavi elettrici o manufatti sotterranei che, se incontrati durante l'esecuzione dei pali, possono recare danno alle maestranze di cantiere o a terzi.

Per la realizzazione dei pali in alveo, in presenza di un battente di acqua fluente, l'Impresa predisporrà la fondazione di un piano di lavoro a quota sufficientemente elevata rispetto a quella dell'acqua per renderlo transitabile ai mezzi semoventi portanti le attrezzature di infissione o di perforazione e relativi accessori e di tutte le altre attrezzature di cantiere.

---

---

### 5. PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

#### 5.1 SOGGEZIONI GEOTECNICHE E AMBIENTALI

##### 5.1.1 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 è ammessa solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata ( $C_u$ ) che alla generica profondità di scavo  $H$  soddisfi la seguente condizione:  $c_u \geq \gamma H/3$

dove:

$\gamma$  = peso di volume totale;

Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso alcuno di acqua nel foro;

- la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ( $D_{10} > 4$  mm).

Durante le operazioni di perforazione si dovrà tenere conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il palo, si dovrà quindi minimizzare e/o evitare:

- rammollimento di strati coesivi, minimizzando e/o annullando l'intervallo di tempo tra la perforazione e il getto del palo;
- la diminuzione di densità relativa ( $D_r$ ) degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci, proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza palo-terreno, a causa dell'uso improprio dei fanghi.

Nel caso di attraversamento di trovanti lapidei, non estraibili con i normali metodi di scavo, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una sufficiente ammorsatura del palo nei substrati rocciosi di base, si farà ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, del peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, potranno essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature dovrà essere frequentemente alternato a quello del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

Sulle attrezzature di manovra degli utensili di scavo, saranno disposte delle marcature regolari (1-2 m) che consentiranno il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide, dovrà essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

#### 5.1.2 PALI TRIVELLATI AD ELICA CONTINUA

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

Nel caso vengono ad interessare terreni compressibili, nelle fasi di getto, dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti a ridurre o evitare sbulbature.

#### 5.1.3 PALI TRIVELLATI TIPO TRELICON

Il palo Trelicon può avere un diametro variabile da 400 a 1.400 mm. L'elica continua che costituisce l'utensile di scavo verrà inserita nel terreno a rotazione con continuità fino a raggiungere la massima profondità richiesta. L'estremità inferiore del nucleo centrale dell'elica sarà munita di puntazza a perdere. Completata la perforazione fino alla quota di progetto il calcestruzzo confezionato con inerte max 15 mm e additivi fluidificanti, verrà pompato attraverso l'elica mediante una pompa collegata con tubi alla testa di alimentazione della rotary. Man mano che il calcestruzzo riempirà lo spazio lasciato dall'elica, quest'ultima verrà estratta lentamente. Per assicurare l'integrità del palo verrà mantenuta costante la pressione del calcestruzzo pompato e la velocità di sollevamento dell'elica. La pressione di pompaggio verrà rilevata tramite un trasduttore di pressione montato sulla curva della testina di alimentazione; tale dispositivo sarà connesso ad un indicatore (digitale o analogico) sistemato nella cabina della perforatrice e controllato costantemente dall'operatore. A getto ultimato fino alla quota piano di lavoro verrà posta in opera l'armatura metallica della lunghezza massima m 33,00 impiegando qualora necessario vibratorii idraulici che ne facilitino la discesa

## 5.2 MATERIALI

Le prescrizioni che seguono sono da intendersi integrative di quelle riguardanti le Opere in Conglomerato Cementizio, e che si intendono integralmente applicabili.

### 5.2.1 ARMATURE METALLICHE

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

Le armature saranno preassemblate fuori opera in gabbie; i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro o con punti di saldatura elettrica.

I pali costruiti in zona sismica dovranno essere armati in funzione dei valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale e all'uso cui essa è destinata così come previsto dal DM 14/01/2008.

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.

L'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7.5 cm con aggregati di diametro minimo non superiore ai 2 cm, e 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura saranno dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo di 5 cm.

Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

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

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro, ove fosse necessario, è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri.

La posa della gabbia all'interno del tubo forma, per i pali battuti, potrà aver luogo solo dopo aver accertato l'assenza di acqua e/o terreno all'interno dello stesso.

Qualora all'interno del tubo forma si dovesse riscontrare la presenza di terreno soffice o di infiltrazione di acqua, la costruzione del palo dovrà essere interrotta, previo riempimento con conglomerato cementizio magro.

Tale palo sarà successivamente sostituito, a cura e spese dell'Impresa, da uno o due pali supplementari, sentito il progettista.

L'Impresa esecutrice dovrà inoltre adottare gli opportuni provvedimenti atti a ridurre la deformazione della gabbia durante l'esecuzione del fusto.

A getto terminato, si dovrà comunque registrare la variazione della quota della testa dei ferri d'armatura.

Al fine di irrigidire le gabbie di armatura potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre d'armatura.

Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali, orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà prevedersi un cerchiate ogni 2.5 – 3 m.

Per i pali trivellati, al fine di eseguire le prove geofisiche l'Impresa dovrà fornire e porre in opera, a sua cura e spese, nel 5% del numero totale dei pali trivellati con un diametro  $d \geq 700$  mm, con un

numero minimo di 2 pali, due o tre tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, solidarizzati alla gabbia di armatura.

#### **5.2.2 RIVESTIMENTI METALLICI**

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

Nel caso di pali battuti questi saranno in acciaio, di qualità, forma e spessori tali da sopportare tutte le sollecitazioni durante il trasporto, il sollevamento e l'infissione e senza che subiscano distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno od all'infissione dei pali vicini.

Il dimensionamento dei tubi di rivestimento, per pali battuti senza asportazione di terreno, potrà essere effettuato mediante 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.

Questa sarà realizzata mediante una piastra di spessore non inferiore ai 3 mm, saldata per l'intera circonferenza del tubo di rivestimento. Dovrà essere priva di sporgenze rispetto al rivestimento, la saldatura dovrà impedire l'ingresso di acqua all'interno del tubo per l'intera durata della battitura ed oltre.

La piastra dovrà essere tale da resistere alle sollecitazioni di battitura e ribattitura.

I rivestimenti possono essere realizzati anche a sezione variabile, con l'impiego di raccordi flangiati.

Nel caso di pali battuti con rivestimento definitivo, da realizzare in ambienti aggressivi la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati, da concordare con la Direzione Lavori.

Nel caso di pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile, l'espulsione del fondello, occludente l'estremità inferiore del tubo-forma, può essere eseguito con un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

Può essere impiegato, tubo-forma dotato di fondello incernierato recuperabile.

Nel caso dei pali trivellati, con tubazioni di rivestimento, questa dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi 2.0 – 2.5 m connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta, imprimendole un movimento rototraslatorio mediante morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza (essenzialmente in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi).

In questo secondo caso, la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni più lunghi di 2.50 m o anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo.

E' ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

#### **5.2.3 CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Sarà conforme a ciò che è prescritto nei disegni di progetto e nelle sezione "calcestruzzi" del presente Capitolato.

Il conglomerato sarà confezionato in apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti. Le classi di aggregato da impiegare dovranno essere tali da soddisfare il criterio della massima densità (curva di Fuller) per la loro granulometria.

---

---

La dimensione massima degli inerti deve essere tale che  $D_{max}/2.5 \geq i_{min}$  dove  $i_{min}$  è il valore minimo del passo fra le barre longitudinali, e comunque non superiore ai 40 mm.

Il cemento da impiegare dovrà soddisfare i requisiti richiesti dalla vigente Legislazione, e dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

Il conglomerato cementizio dovrà avere una resistenza caratteristica cubica ( $R_{ck}$ ) così come indicato in progetto.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà superare il limite di 0.6, nella condizione di aggregato saturo e superficie asciutta.

La lavorabilità in fase di getto, il calcestruzzo dovrà essere tale da dare uno "slump" al cono di Abrams nelle classi S4 o S5.

Per soddisfare entrambi questi requisiti, potrà essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante.

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della DL.

I mezzi di trasporto dovranno essere tali da evitare segregazione dei componenti.

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, e comunque non inferiore a 15 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d < 800$  mm e di 20 m<sup>3</sup>/ora per pali di diametro  $d \geq 800$  mm.

L'Impresa dovrà garantire la disponibilità del calcestruzzo necessario per soddisfare la produzione giornaliera di pali in accordo al programma di costruzione.

#### 5.2.4 FANGHI BENTONITICI

I fanghi bentonitici da impiegare nella esecuzione di prefori per l'esecuzione di pali trivellati, saranno ottenuti miscelando fino ad avere una soluzione finemente dispersa, i seguenti componenti:

- acqua (chiara di cantiere);
- bentonite in polvere;
- eventuali additivi (disperdenti, sali tampone, etc.)

##### 5.2.4.1 BENTONITE IN POLVERE

La bentonite che verrà impiegata per la realizzazione di fanghi dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

residui al setaccio 38 della serie UNI n° 2331-2332	< 1%
Tenore di umidità	< 15%
Limite di liquidità	> 400
Viscosità 1500-1000 Marsh della sospensione al 6% di acqua distillata	> 40 s
Decantazione della sospensione al 6% in 24 ore	< 2%
Acqua "libera" separata per pressofiltrazione di 450 cm <sup>3</sup> della sospensione al 6% in 30 min alla pressione di 0.7 MPa	< 18 cm <sup>3</sup>
PH dell'acqua filtrata	7 < pH < 9



Spessore del pannello di fango "cake" sul filtro della filtro-pressa	2,5 mm
----------------------------------------------------------------------	--------

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

#### 5.2.4.2 PREPARAZIONE FANGHI BENTONITICI

Il dosaggio di bentonite, espresso come percentuale in peso rispetto all'acqua, dovrà risultare di norma compreso fra il 4,5 ed il 9%, salva la facoltà della DL di ordinare dosaggi diversi in sede esecutiva, in relazione ad eventuali problematiche di confezionamento o di appesantimento durante la perforazione.

Gli additivi dovranno essere prescelti tenendo conto della natura e dell'entità degli elettroliti presenti nell'acqua di falda in modo da evitare che essa provochi la flocculazione del fango.

La miscelazione sarà eseguita in impianti automatici con pompe laminatrici o mescolatori ad alta turbolenza accoppiati a cicloni ed operanti a circuito chiuso e con dosatura a peso dei componenti.

In ogni caso dovranno essere installate apposite vasche di adeguata capacità (>20m<sup>3</sup>) per la "maturazione" del fango, nelle quali esso dovrà rimanere per almeno 24 ore dopo la preparazione, prima di essere impiegato.

Le caratteristiche del fango pronto per l'impiego dovranno essere comprese entro i limiti seguenti:

- peso specifico : non superiore a 1.08 t/m<sup>3</sup>
- viscosità Marsh : compresa fra 38" e 55"

L'Impresa dovrà predisporre e mantenere operanti idonee apparecchiature di depurazione del fango che consentano di contenere entro limiti ristretti la quantità di materiale trattenuto in sospensione.

Tali apparecchiature devono essere tali da mantenere le caratteristiche del fango presente nel foro entro i seguenti limiti:

- peso di volume nel corso dello scavo  $\leq 12.5 \text{ kN/m}^3$ ;
- contenuto percentuale volumetrico in sabbia del fango, prima dell'inizio delle operazioni di getto: < 6%

La determinazione dei valori sopraindicati saranno condotte su campioni di fango prelevati a mezzo di campionatore per fluidi in prossimità del fondo dello scavo.

Per riportare il fango entro i limiti indicati esso deve essere fatto circolare per il tempo necessario, attraverso separatori a ciclone (o di pari efficacia), con una condotta dal fondo dello scavo, prima di reimmetterlo all'interno del cavo.

In alternativa, il fango nel cavo dovrà essere sostituito in tutto o in parte con fango fresco.

Il fango estratto sarà in tal caso depurato in un secondo tempo, oppure convogliato a rifiuto presso discariche autorizzate, nel rispetto delle vigenti Norme di Legge.

#### 5.2.5 **FANGHI BIODEGRADABILI**

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.

##### 5.2.5.1 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 preventivamente 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 idrolizzanti.

---

---

## **6 TIPOLOGIE ESECUTIVE**

### **6 . 1 PALI TRIVELLATI**

Si tratta di pali ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

Nel caso si vengono a riscontrare nel terreno trovanti lapidei o strati rocciosi, nonché per l'ammorsamento in strati di roccia dura, si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia a percussione, con opportune strumentazioni per la guida dell'utensile.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio spinto sino al tetto della formazione lapidea, questo per evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

Possono essere usati sempre per tale scopo altri utensili adatti (eliche per roccia, etc.).

#### **6 . 1 . 1 TOLLERANZE GEOMETRICHE**

La posizione planimetrica dei pali non dovrà discostarsi da quella di progetto più del 5% del diametro nominale del palo salvo diversa indicazione della Direzione Lavori.

La verticalità dovrà essere assicurata con tolleranza del 2%.

Le tolleranze sul diametro nominale D, verificate in base ai volumi di conglomerato cementizio assorbito rilevate con la frequenza riportata al punto 5.3.1, sono le seguenti:

- per ciascun palo, in base all'assorbimento complessivo, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra “- 0,01 D” e “+ 0,1 D”;
- per ciascuna sezione dei pali sottoposti a misure dell'assorbimento dose per dose, si ammette uno scostamento dal diametro nominale compreso tra “- 0,01 D” e “+ 0,1 D”;
- lunghezza:     pali aventi diametro D < 600 mm ± 15 cm;  
                                    pali aventi diametro D ≥ 600 mm ± 25 cm;
- quota testa palo:                                                 ± 5 cm;

L'Impresa è tenuta ad eseguire a suo esclusivo onere e spese tutte le opere sostitutive e/o complementari che a giudizio della Direzione Lavori, sentito il Progettista, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi ed opere di collegamento.

#### **6 . 1 . 2 TRACCIAMENTO**

Prima di iniziare la perforazione, a cura e spese dell'impresa si dovrà indicare sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo quale risulta dalla pianta della palificata.

---

---

Tale pianta, redatta e presentata alla Direzione Lavori dall'impresa, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, inclusi quelli di prova contrassegnati con numero progressivo.

Se considerato necessario dalla Direzione Lavori, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione planoaltimetrica della sommità del palo e di difesa dall'erosione del terreno ad opera del liquido eventualmente presente nel foro.

Esternamente all'avampozzo saranno installati riferimenti atti a permettere il controllo della sua posizione planimetrica durante la perforazione.

#### **6 . 1 . 3 PALI TRIVELLATI CON FANGHI BENTONITICI**

La perforazione sarà eseguita mediante l'impiego dell'utensile di scavo ritenuto più idoneo allo scopo, e con le attrezzature della potenza adeguata, in relazione alle condizioni ambientali, litologiche ed idrogeologiche dei terreni da attraversare nonché alle dimensioni dei pali da eseguire.

Il fango bentonitico impiegato nella perforazione, dovrà avere le caratteristiche riportate nel punto 5.3.4.

Il livello del fango nel foro dovrà in ogni caso essere più alto della massima quota piezometrica delle falde presenti nel terreno lungo la perforazione.

Il franco dovrà risultare di norma non inferiore ad 1.0 m, e non dovrà scendere al di sotto di 0,60 m all'atto dell'estrazione dell'utensile nel foro.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue in corso appena ultimate o in corso di getto, dovrà essere tale da impedire pericolosi fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 3 diametri.

Se nella fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del conglomerato cementizio, etc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima ed ultimarla solo nell'imminenza del getto.

Completata la perforazione, si procederà alla sostituzione del fango sino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, ed alla pulizia del fondo foro.

#### **6 . 1 . 3 . 1 FORMAZIONE DEL FUSTO DEL PALO**

Al termine della perforazione, verrà calata all'interno del foro la gabbia di armatura.

In seguito si procederà al getto del conglomerato cementizio, mediante tubo di convogliamento.

In presenza di acqua di falda, potrà essere prevista la posa in opera di idonea contro camicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto.

Il tubo di convogliamento sarà costituito da un tubo di acciaio di 20 – 25 cm di diametro interno, e da spezzoni non più lunghi di 2,5 m.

L'interno del tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature, ed all'estremità superiore essere provvisto di tramoggia di capacità 0,4 – 0,6 m<sup>3</sup>.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando la sua estremità inferiore a 30 – 60 cm dal fondo del foro.

Prima di installare tale tubo, è opportuna una nuova verifica della profondità del fondo foro e si dovrà accertare che lo spessore del deposito non superi i 20 cm, altrimenti si dovrà procedere alla pulizia previo sollevamento dell'armatura.

Le giunzioni dovranno essere del tipo filettato, senza manicotto, o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm, sono escluse le giunzioni a flangia.

Per la presenza di fango bentonitico (ma anche nel caso in cui fosse presente acqua di falda), in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, prima di iniziare il getto si predisporrà un tappo

---

---

formato con una palla di malta plastica, oppure con uno strato di vermiculite di 30 cm di spessore o con palline di polistirolo galleggianti sul liquido o con un pallone di plastica.

All'inizio del getto si dovrà predisporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di 3.0 – 4.0 m di palo.

Il tubo di convogliamento per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima di conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere prolungato per almeno 0,5 – 1 m al di sopra della quota di progetto della testa del palo, per consentire di eliminare la parte superiore (scapitozzatura).

Tale operazione di scapitozzatura, si ritiene da eseguire sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'Impresa procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

#### **6 . 1 . 4 PALI TRIVELLATI CON FANGHI BIODEGRADABILI**

Valgono le indicazioni già riportate nel caso dei pali trivellati con fanghi bentonitici.

Il fango biodegradabile dovrà soddisfare le indicazioni riportate al punto 5.3.5.

#### **6 . 1 . 5 PALI TRIVELLATI CON RIVESTIMENTO PROVVISORIO**

Per quanto riguarda le attrezzature di perforazione, queste dovranno soddisfare i requisiti riportati al punto 6.1.

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

In presenza di falda il foro dovrà essere tenuto costantemente pieno di acqua (o eventualmente di fango bentonitico), con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

L'infissione sottoscarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti da fondo foro.

La tubazione è 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 opportuna attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici, oppure in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non-coesivi, applicando in sommità un vibratore di idonea potenza.

In quest'ultimo 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.

#### **6 . 1 . 6 PALI TRIVELLATI AD ELICA CONTINUA ARMATI DOPO IL GETTO**

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.

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 avvitemento. 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'Impresa, con l'accordo della Direzione Lavori potrà:

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

#### 6 . 1 . 6 . 1 FORMAZIONE DEL FUSTO DEL PALO

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione.

La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato.

Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto.

In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50÷150 kPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

La gabbia, 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 adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione.

L'operazione di infissione deve essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

#### 6 . 1 . 7 **PALI TRIVELLATI AD ELICA CONTINUA ARMATI PRIMA DEL GETTO**

Valgono le prescrizioni di cui al punto 6.1.6

#### 6 . 1 . 7 . 1 FORMAZIONE DEL FUSTO DEL PALO

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 riportate al punto 5.3.1.

Per il getto del calcestruzzo valgono le specifiche riportate nel punto 5.3.3 .

#### 6 . 1 . 8 **PALI TIPO FDP ARMATI DOPO IL GETTO**

Trattasi di palo eseguito mediante la tecnica della rotoinfissione di apposito strumento di perforazione ("displacement body") costituito da corpo metallico a forma di vite, avente la funzione di penetrare nel terreno generandone uno spostamento, durante la sua discesa.

Raggiunta la profondità richiesta avviene l'iniezione del calcestruzzo e la conseguente risalita del "displacement body". Questo ruotando genera il fusto del palo.

---

---

---

---

L'interno di tale tubo dovrà essere pulito, privo di irregolarità e strozzature.

6 . 1 . 8 . 1 FORMAZIONE DEL FUSTO DEL PALO

Vale quanto indicato al punto 6.1.6.1

**6 . 2 MICROPALI**

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi, nel caso di situazioni stratigrafiche particolari o per l'importanza dell'opera, dovranno essere messi a punto a cura e spese dell'Impresa, anche mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla DL prima dell'inizio della costruzione dei micropali.

Dovranno essere adottate durante la perforazione tutte le tecniche per evitare il franamento del foro, la contaminazione delle armature, l'interruzione e/o l'inglobamento di terreno nella guaina cementizia che solidarizza l'armatura al terreno circostante.

Le perforazioni dovranno quindi essere eseguite con rivestimento, ed i detriti allontanati mediante opportuni fluidi di perforazione.

Questo potrà consistere in:

- acqua;
- fanghi bentonitici;
- schiuma
- aria, nel caso di perforazione a rotopercolazione con martello a fondo foro, o in altri casi approvati dalla DL.

E' di facoltà della DL far adottare la perforazione senza rivestimento, impiegando solamente fanghi bentonitici.

La perforazione "a secco" senza rivestimento potrà essere adottata, previa comunicazione alla DL, solo in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza, esenti da intercalazioni incoerenti e non interessati da falde che possono causare ingresso di acqua nel foro, caratterizzati da valori della resistenza al taglio non drenata ( $C_u$ ) che alla generica profondità di scavo  $H$  soddisfi la seguente condizione:

$$c_u \geq \gamma H/3$$

dove:

$\gamma$  = peso di volume totale;

Inoltre, la perforazione "a secco" è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso alcuno di acqua nel foro, ed è raccomandata nei terreni argillosi sovraconsolidati.

**6 . 2 . 1 TOLLERANZE GEOMETRICHE**

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- la posizione planimetrica non dovrà discostarsi da quella di progetto più di 5 cm, salvo diverse indicazioni della DL;
  - la deviazione dell'asse del micropalo rispetto all'asse di progetto non dovrà essere maggiore del 2%;
  - la sezione dell'armatura metallica non dovrà risultare inferiore a quella di progetto;
  - il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di perforazione di progetto;
  - quota testa micropalo:  $\pm 5$  cm;
- 
-

- lunghezza:  $\pm 15$  cm.

#### 6 . 2 . 2 TRACCIAMENTO

Prima di iniziare la perforazione l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla DL dall'Impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

#### 6 . 2 . 3 ARMATURA

Le armature metalliche dovranno soddisfare le prescrizioni di cui al presente articolo e saranno in ogni caso estese a tutta la lunghezza del micropalo.

##### 6 . 2 . 3 . 1 ARMATURA CON BARRE DI ACCIAIO PER C.A.

Si useranno barre longitudinali B450 C ad aderenza migliorata con spirale, aventi le caratteristiche di cui al punto 5.3.1.

Saranno pre-assemblate in gabbie da calare nel foro al termine della perforazione, la giunzione tra i vari elementi della gabbia sarà ottenuta mediante doppia legatura, tra una gabbia e la successiva (in caso di pali di profondità eccedente le lunghezze commerciali delle barre) la giunzione avverrà per saldatura delle barre longitudinali corrispondenti.

Quando previsto dal progetto si potranno adottare micropali armati con un'unica barra senza spirale. In ogni caso le armature saranno corredate da distanziatori non metallici (blocchetti di malta o elementi di materia plastica) idonei ad assicurare un copriferro minimo di 3 cm disposti a intervalli longitudinali non superiore a 2,5 m.

##### 6 . 2 . 3 . 2 ARMATURE TUBOLARI

Si useranno tubi di acciaio S275 - S355, senza saldatura longitudinale del tipo per costruzioni meccaniche.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati.

Tali giunzioni dovranno consentire una trazione pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta (fori  $d = 8$  mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo  $s = 3.5$  mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 3 cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione.

##### 6 . 2 . 3 . 3 ARMATURE CON PROFILATI IN ACCIAIO

Le caratteristiche geometriche e meccaniche dei profilati, dovranno essere conformi a quelle prescritte in progetto.

Di norma i profilati dovranno essere costituiti da elementi unici.

---

---

Saranno ammesse giunzioni saldate, realizzate con l'impiego di adeguati fazzoletti laterali, nel caso di lunghezze superiori ai valori degli standard commerciali (12 – 14 m).

Le saldature saranno dimensionate ed eseguite in conformità alle Norme vigenti.

#### 6 . 2 . 3 . 4 MALTE E MISCELE CEMENTIZIE

Il cemento da impiegare dovrà essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali, prendendo in considerazione in particolare l'aggressività dell'ambiente esterno.

Gli inerti saranno di norma utilizzati solo per il confezionamento di malte da utilizzare per il getto dei micropali a semplice cementazione.

In relazione alle prescrizioni di progetto l'inerte sarà costituito da sabbie fini, polveri di quarzo, polveri di calcare, o ceneri volanti.

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

E' ammesso l'impiego di additivi fluidificanti non aeranti. L'impiego di acceleranti potrà essere consentito solo in situazioni particolari. Schede tecniche di prodotti commerciali che l'Impresa si propone di usare dovranno essere inviate preventivamente alla Direzione Lavori per informazione.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie queste di norma dovranno presentare resistenza cubica pari a :

$$R_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$$

A questo scopo si prescrive che il dosaggio in peso dei componenti sia tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento:

$$a/c \leq 0.5$$

La composizione della miscela cementizia dovrà essere conforme con quanto indicato dal progettista negli elaborati progettuali.

#### 6 . 2 . 4 MICROPALI A INIEZIONI RIPETUTE AD ALTA PRESSIONE

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o rotopercolazione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate.

#### 6 . 2 . 4 . 1 FORMAZIONE DEL FUSTO DEL MICROPALO

Completata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti presenti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Si provvederà quindi ad inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto.

Sono preferibili i centratori non metallici. Il tubo dovrà essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Di norma si procederà immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina); la messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, sarà eseguita successivamente all'iniezione.

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato. Si utilizzerà una miscela cementizia conforme a quanto richiesto nel punto 5.3.3.

Non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare.



Contemporaneamente si procederà alla estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia.

Completata l'iniezione di guaina si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura.

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione.

La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata.

Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto.

Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

I volumi di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore.

Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

#### **6 . 2 . 5 MICROPALI CON RIEMPIMENTO A GRAVITÀ O A BASSA PRESSIONE**

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni di cui al punto 6.2.4.

##### **6 . 2 . 5 . 1 FORMAZIONE DEL FUSTO DEL MICROPALO**

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni cui al punto 6.2.4.1, si provvederà ad inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

La cementazione potrà avvenire con riempimento a gravità o con riempimento a bassa pressione.

Nel primo caso il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori.

Nel caso si adotti una miscela contenente inerti sabbiosi, ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sarà dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico; si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno  $\geq 80$  mm.

Nel caso di malta con inerti fini o di miscela cementizia pura, senza inerti, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se di diametro interno inferiore a 50 mm; in caso diverso si dovrà ricorrere ad un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati.

Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento.

Nel secondo caso, il foro dovrà essere interamente rivestito; la posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento come descritto al paragrafo precedente.

Successivamente si applicherà al rivestimento una idonea testa a tenuta alla quale si invierà aria in pressione (0.5÷0.6 MPa) mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di

pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta.

Si procederà analogamente per le sezioni successive fino a completare l'estrazione del rivestimento. In relazione alla natura del terreno potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fratturazione idraulica degli strati superficiali.

---

---

## 7 PROVE DI CARICO

### 7.1 GENERALITÀ

In seguito vengono fornite le indicazioni tecniche generali per l'esecuzione di prove di carico su pali.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Si definiscono:

- prove di collaudo le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a 1.5 volte il carico di progetto utilizzato per le verifiche agli SLE;
- prove a carico limite le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essa; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova ( $P_{max}$ ) è in generale pari a  $2.5 \div 3$  volte il carico di esercizio ( $P_{es}$ );

Il numero dei pali e micropali da sottoporre a prova di carico verranno stabiliti sulla base di quanto definito al DM 14/01/2008 Cap. 6 .

### 7.2 PROVE SUI PALI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO

#### 7.2.1 PROVE DI CARICO ASSIALE

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:

- $P_{prova} = 1.5 P_{di\ progetto\ SLE}$  per pali non strumentati e  $P_{prova} = 1,2 P_{esercizio}$  per pali strumentati secondo quanto definito nel DM 14/01/08.
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell'insieme palo-terreno.

##### 7.2.1.1 ATTREZZATURA E DISPOSITIVI DI PROVA

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa  $\geq 200$  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 ( $\approx 3$  mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa  $M$  dovrà essere non inferiore a 1.2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M \geq 1.2 \cdot P_{\text{prova}} / g = 0.12 P_{\text{prova}}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di cls o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione;
- 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 3 diametri).

L'Impresa, 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 di opportuno fondo scala.

Nel caso in cui, in ragione delle esigenze di cantiere, l'installazione di celle di carico risulti di difficile attuazione, il carico imposto al palo verrà controllato 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.

Per la misura dei cedimenti, saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a  $\approx 120^\circ$  intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

#### 7.2.1.2 PREPARAZIONE DELLA PROVA

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del cls e messa a nudo del fusto per un tratto di  $\approx 50$  cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ( $h$  min. = 1.5 m).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

#### 7.2.1.3 PROGRAMMA DI CARICO

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova, dal Progettista della stessa.

#### **Risultati della prova**

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; (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere, "verbale").
- 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.

#### **7 . 2 . 2 PROVE DI CARICO SU PALI STRUMENTATI**

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. I pali strumentati verranno individuati dal Progettista nel Progetto Esecutivo o dalla DL e per le modalità di esecuzione della prova si fa riferimento alle specifiche del DM 14/01/2008 .

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto, verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

##### 7 . 2 . 2 . 1 ATTREZZATURE E DISPOSITIVI DI PROVA

Lungo il fusto del palo saranno predisposte delle sezioni strumentate il cui numero e la cui ubicazione 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.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata alla distanza di circa 1 diametro dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

---

---

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto.

Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.

In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0.2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

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 e protezione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori.

#### 7 . 2 . 2 . 2 PREPARAZIONE ED ESECUZIONE DELLA PROVA

Si applicano integralmente le specifiche di cui al punto 7.2.1.2 e seguenti.

#### **7 . 2 . 3 PROVE DI CARICO LATERALE**

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui ai pali di fondazione sia affidato il compito di trasmettere al terreno carichi orizzontali di rilevante entità.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale (vedi punto 7.2.1), salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, il progettista indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro d 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 torsioni 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.

## 7 . 3 PROVE DI CARICO SU MICROPALI

### 7 . 3 . 1 PROVE DI CARICO ASSIALE

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:

$$P_{prova} = 1.5 P_{PROGETTO SLE}$$

$$P_{prova} = P_{lim}$$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell'insieme micropalo-terreno.

#### 7 . 3 . 1 . 1 ATTREZZATURE E DISPOSITIVI DI PROVA

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche di cui al punto 7.2.2.1.

E' ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi a norma di quanto definito nel punto 7.2.1.3.

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di  $\approx 20$  cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti.

Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

#### 7 . 3 . 1 . 2 PROGRAMMA DI CARICO

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova, dal Progettista della stessa.

7.3.1.3 RISULTATI DELLE PROVE

Le misure dei cedimenti saranno registrate con le stesse modalità indicate al punto 7.2.1.3.

**7.4 PROVE NON DISTRUTTIVE**

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche dei pali, non compromettendone l'integrità strutturale. A tale scopo potrà essere richiesta l'esecuzione di:

- A) prove geofisiche;
  - B) carotaggio continuo meccanico;
- scavi attorno al fusto del palo.

Per tutti i controlli non distruttivi l'impresa provvederà a sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori le specifiche tecniche di dettaglio.

**7.4.1 PROVE GEOFISICHE**

Possono essere eseguite mediante emissione di impulsi direttamente alla testa del palo o lungo il fusto entro fori precedentemente predisposti.

Il primo tipo di controllo potrà essere eseguito per qualsiasi tipo di palo; il secondo sarà applicato ai soli pali trivellati di diametro  $> 800$  mm.

Il numero dei controlli sarà quello stabilito dalla normativa vigente e potrà essere modificato dal anche in relazione alla importanza dell'opera, al tipo di palo, alle caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni di fondazione e alle anomalie riscontrate durante l'esecuzione dei pali.

I pali da sottoporre a controllo mediante prove geofisiche saranno prescelti dalla Direzione Lavori.

Con riferimento ai soli pali trivellati, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura, sotto il controllo della Direzione Lavori, all'esecuzione di controlli eseguiti entro fori precedentemente predisposti, sul 5%- del numero totale dei pali con un minimo di due.

Sui pali prescelti per tali prove, lungo il fusto dovrà essere predisposta, prima delle operazioni di getto, l'installazione di tubi estesi a tutta la lunghezza del palo, entro cui possono scorrere le sondine di emissione e ricezione degli impulsi.

I tubi saranno solidarizzati alla gabbia di armatura, resi paralleli tra loro e protetti dall'ingresso di materiali.

Gli stessi saranno almeno due per pali aventi diametro  $d \leq 1200$  mm ed almeno tre per diametri superiori.

Le prove dovranno essere eseguite alternando entro i fori le posizioni delle sonde trasmittente e ricevente.

**7.4.2 CAROTAGGIO CONTINUO MECCANICO**

Il carotaggio dovrà essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e se richiesto del sedime d'imposta.

Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

---

---



Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa: dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà a cura dell'Impresa, quando ordinato della Direzione Lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della medesima.

#### **7 . 5 SCAVI ATTORNO AL FUSTO DEL PALO**

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4.0 – 5.0 m di palo.

Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'Impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente Capitolato e alle disposizioni della Direzione Lavori.

---

---

### **8 SPECIFICA DI CONTROLLO**

#### **8 . 1 GENERALITÀ**

La seguente specifica si applica alle varie tipologie di pali di fondazione precedentemente descritte. La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, etc..

Sono altresì comprese tutte le Norme tecniche vigenti in materia.

Le procedure delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere incrementata in ragione delle difficoltà tecniche e realizzative.

L'Impresa dovrà attrezzare con le predisposizioni necessarie per l'effettuazione di controlli non distruttivi di tipo sonico (per pali di medio e grande diametro) il numero di pali previsto dal DM 14.1.2008.

Questi infatti, sono prove da eseguirsi su pali prescelti prima della loro esecuzione, in quanto devono essere attrezzati con tubazioni (uno o più) da annegare nel getto di calcestruzzo, aventi diametro interno non inferiore a 1'' ½.

Dovrà inoltre prevedersi di assoggettare a prove di carotaggio continuo, in asse palo, con prelievo di carote, sull'1% del totale dei pali eseguiti.

Nel caso di esito negativo delle prove, le stesse dovranno essere incrementate nella misura richiesta dalla DL.

#### **8 . 2 PALI TRIVELLATI**

Per i pali trivellati, si dovrà verificare che ogni lotto di armatura posto in opera, sia accompagnato dai relativi certificati del fornitore, e comunque essere conforme alle prescrizioni previste per tale materiale.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda il calcestruzzo, questo potrà provenire già confezionato da appositi fornitori, oppure essere prodotto in cantiere con opportune centrali di betonaggio.

---

---

In entrambi i casi il calcestruzzo dovrà soddisfare alle indicazioni previste in progetto e del punto 5.3.3 del presente Capitolato.

La DL avrà la facoltà di fare eseguire prove per la verifica delle caratteristiche dei materiali.

Nel caso si venga ad impiegare un rivestimento di acciaio si dovrà verificare che questo presenti le caratteristiche così come indicato in progetto e nel presente Capitolato (punti 5.3.2).

Durante le operazioni di getto si dovrà verificare che queste vengano effettuate secondo le modalità riportate al punto 6.1.3.1.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze (punto 6.2.1), ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- eventuali impieghi dello scalpello o altri utensili per il superamento di zone cementate o rocciose e corrispondente profondità di inizio e fine tratta;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione, e la stessa prima di calare il tubo getto;
- risultati dei controlli eseguiti sull'eventuale fango di perforazione e della presenza dell'eventuale controcamicia;
- additivi usati per il fango;
- caratteristiche dell'eventuale rivestimento metallico;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo. Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di calcestruzzo e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, sarà fatto impiegando uno scandaglio a base piatta, su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi. In base a questo rilievo potrà essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto);
- misura dello "slump" (per ogni betoniera o per ogni 10 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso;
- i risultati dell'operazione di scapitozzatura e dell'eventuale ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

### 8 . 3 CONTROLLO DEL FANGO BENTONITICO

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- a) peso di volume;
- b) viscosità MARSH;
- c) contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate.

- Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche a e b):
  - prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

- Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica A):
  - prelievo entro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di 50 cm quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi o al termine delle operazioni di scavo.
- Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche a e c):
  - prelievo mediante campionatore, alla profondità di 80 cm sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera. La Direzione lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua libera e dello spessore del "cake".

Per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n. 38 della serie UNI n. 2331 – 2332;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;
- decantazione della sospensione al 6%

si ricorrerà a cura e spese dell'Impresa a Laboratorio Ufficiale/autorizzato.

### 8.3.1 PROVE DI CONTROLLO

Caratteristiche e modalità d'uso delle apparecchiature che dovranno essere a disposizione in cantiere.

#### 8.3.1.1 MISURE DEL PESO SPECIFICO O DI VOLUME

Si userà di regola una bilancia che consiste in un'asta graduata in g/l impernata al basamento e munita ad un estremo di contrappeso ed all'altro di un contenitore per il fango.

Quest'ultimo una volta riempito di fango sarà chiuso con un coperchio forato.

Si garantirà il completo riempimento del contenitore facendo in modo che del fango fuoriesca dal foro.

Successivamente si avrà cura di pulire l'esterno del contenitore e del coperchio.

Si sposterà il cursore posto sull'asta finché questa assumerà una posizione orizzontale, individuata dalla bolla della livella montata sull'asta.

In tale posizione si leggerà direttamente sull'asta il peso di volume del fango racchiuso nel contenitore.

Per la taratura si riempirà il contenitore di acqua distillata controllando che il peso di volume indicato dal cursore corrisponda a 1000 g/l; in caso contrario si toglieranno o aggiungeranno dei pallini di piombo nel corpo del contrappeso.

L'approssimazione delle misure dovrà essere di  $\pm 5$  g/l.

#### 8.3.1.2 MISURA DELLA VISCOSITÀ

Si userà di regola l'imbuto di Marsh che consiste in un recipiente tronco - conico, avente la forma e le dimensioni seguenti: diametro della base superiore 152 mm (611), altezza del tronco di cono 305 mm (1211); base inferiore costituita da ugello cilindrico di diametro interno 4,76 mm (3/1611) e altezza 50,8 mm (211). Si riempirà l'imbuto tenendo manualmente otturato il tubicino.

Durante il riempimento si avrà cura di fare passare il fango attraverso la reticella che è posta sulla bocca del recipiente permettendo così il filtraggio delle eventuali impurità.

La viscosità del fango sarà determinata misurando il tempo di deflusso del contenuto del cono compreso tra il livello corrispondente ad un riempimento di 1500 cm<sup>3</sup> e il livello corrispondente 500 cm<sup>3</sup>.

#### 8.3.1.3 MISURA DEL PH

Questa misura si effettuerà usando delle speciali cartine reagenti dotate della capacità di assumere per ogni valore del pH un particolare colore.

Dopo avere immerso la cartina nel fango, si confronterà il colore che la cartina ha assunto con quelli di riscontro: il corrispondente colore indicherà il valore del pH del fango.

Si avrà cura di non toccare con le mani la cartina reagente per non falsare la misura.

#### 8.3.1.4 MISURA DEL CONTENUTO IN SABBIA

Si userà di regola un sabbimetro costituito da: una provetta conica graduata, un imbuto ed un filtro con rete a 200 MESH.

Si riempirà di fango la provetta fino al primo livello; poi si aggiungerà acqua fino al secondo livello indicato sulla provetta stessa.

Si otturerà con il pollice la bocca della provetta e si agiterà energicamente in modo da diluire il fango con l'acqua.

Si verserà il contenuto della provetta attraverso il filtro avendo cura di sciacquare la provetta con acqua pulita.

Si porrà quindi l'imbuto sulla provetta lavata e su di esso si disporrà il filtro rovesciato in modo che tutte le parti sabbiose trattenuti cadano nella provetta.

Lavando il filtro con acqua pulita si farà scendere tutta la sabbia nella provetta e la si farà decantare.

Si leggerà direttamente sulla graduazione della provetta il contenuto percentuale volumetrico in sabbia del fango esaminato.

#### 8.3.1.5 MISURA DELL'ACQUA LIBERA E DELLO SPESSORE DEL "CAKE"

Si userà una filtropressa che è di regola costituita da un telaio sul quale viene alloggiato un contenitore cilindrico munito superiormente di una apposita vite di blocco ed inferiormente di un tubicino che lo collega ad un cilindretto graduato.

Il contenitore a sua volta è composto, dal basso verso l'alto, dai seguenti elementi: un basamento, nel quale è inserito il tubicino; una guarnizione di gomma; una reticella; un disco di carta filtro; un'altra guarnizione di gomma; una cella; una terza guarnizione di gomma; un coperchio (predisposto per essere collegato ad una bomboletta di CO<sub>2</sub>).

Per l'uso si assemblerà la cella con il basamento avendo cura di usare ogni volta un disco di carta da filtro nuovo. Quindi si riempirà la cella con fango fino a 6 mm dal bordo superiore della cella. Poi si monterà il coperchio e si alloggerà la cella nel telaio bloccandola permanente con la vite di pressione. Poi si monterà la bomboletta di CO<sub>2</sub> e si darà pressione alla cella controllando che la pressione della cella sia di 7 bar. Nello stesso momento in cui si darà pressione si farà scattare il cronometro e si misurerà l'acqua che esce dal tubicino posto al fondo della base della cella.

L'acqua sarà raccolta nel cilindretto graduato. Le misure in cm<sup>3</sup> verranno effettuate dopo 30 minuti primi ed indicheranno il valore di acqua libera del fango esaminato.

---

---

---

---

Finita la prova si estrarrà la carta da filtro e si misurerà lo spessore in millimetri del pannello di fango (cake) formatosi sul filtro

#### 8.3.1.6 CONTROLLO DEL FANGO BIODEGRADABILE

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, si eseguiranno determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- densità del fango biodegradabile fresco;
- densità del fango biodegradabile e viscosità del fango pronto per l'impiego;
- prova di decadimento.

I suddetti controlli verranno effettuati con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi, tranne che la prova di decadimento, che dovrà essere eseguita con frequenza settimanale, presso il laboratorio di cantiere.

La formula prevista e studiata dall'Impresa, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla Direzione Lavori.

#### 8.3.1.7 PALI TRIVELLATI ADELICA

Per i materiali impiegati valgono le indicazioni riportate al punto 5.3.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove dovranno essere riportati i controlli delle tolleranze (punto 6.2.1) ed inoltre dovranno essere riportati i risultati dei seguenti controlli:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- data di inizio e fine perforazione, nonché di inizio e fine getto;
- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- il rilievo della quantità di calcestruzzo impiegato per ogni palo;
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;
- spinta del mandrino, misurata durante l'estrazione della trivella;
- risultati delle eventuali prove effettuate e richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso si vengano a riscontrare delle 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'Impresa dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali provvedimenti (modifica del numero e profondità dei pali, esecuzione dei prefori, etc.) che dovranno essere concordati con la Direzione Lavori.

#### 8.3.1.8 MICROPALI

Per i micropali, si dovrà verificare che per ogni lotto posto in opera di armature metalliche, nonché di tubi e di profilati di acciaio, dovrà essere accompagnato dai relativi certificati del fornitore ed essere conforme alle indicazioni di progetto.

In caso contrario il materiale non dovrà essere posto in opera.

Per quanto riguarda le malte e le miscele cementizie, possono provenire da impianti di preconfezionamento, oppure essere prodotte in cantiere da apposite centrali di betonaggio.

---

---

In entrambi i casi è possibile realizzare gli stessi controlli riportati per le miscele di iniezione degli ancoraggi.

Nel caso si impieghino come fluidi di perforazione dei fanghi bentonitici, questi dovranno essere assoggettati ai medesimi controlli riportati al punto 5.3.4 e seguenti.

Nel caso di impiego di schiume queste dovranno essere accompagnate dai relativi certificati forniti dai produttori, per ogni lotto impiegato.

Le modalità di preparazione ed uso, dovranno essere preventivamente approvate dalla Direzione Lavori.

Il controllo della profondità dei prefori, rispetto alla quota di sottoplinto, verrà effettuato in doppio modo:

- in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- in base alla lunghezza dell'armatura.

L'accettazione delle armature verrà effettuata:

- nel caso di armature in barre longitudinali ad aderenza migliorata, in base alla rispondenze al progetto dei vari diametri nominali e delle lunghezze;
- nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alle lunghezze, al diametro e allo spessore dei tubi previsti in progetto.

In corso di iniezione si preleverà un campione di miscela per ogni giornata di getto, sul quale si determinerà il peso specifico (vedi punto 6.3.4) e la decantazione (bleeding) mediante buretta graduata.

Il peso specifico dovrà risultare pari almeno al 90% del peso specifico teorico, calcolato assumendo  $3 \text{ g/cm}^3$  il peso specifico assoluto del cemento  $2.65 \text{ g/cm}^3$  quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga inclusa aria.

Nelle prove di decantazione, l'acqua separata non dovrà superare il 2% in volume.

Con il campione di miscela dovranno essere altresì confezionati dei provini da sottoporre a prove di compressione monoassiale, nella misura di almeno una prova a micropalo.

L'esecuzione del singolo micropalo sarà documentata mediante la compilazione da parte dell'Impresa in contraddittorio con la Direzione Lavori di una apposita scheda sulla quale si registreranno i controlli delle tolleranze e i dati seguenti:

- rilievi stratigrafici del terreno;
- identificazione del micropalo;
- dati tecnici dell'attrezzatura di perforazione;
- data di inizio perforazione e termine getto (o iniezione);
- fluido di perforazione impiegato;
- profondità di progetto;
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa in opera dell'armatura;
- geometria e tipologia dell'armatura;
- volumi di miscele per la formazione della guaina (per micropali ad iniezioni multiple selettive);
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;
- risultati delle prove di controllo sulla miscela di iniezione (peso di volume, essudazione, etc.), numero di campioni prelevati e loro resistenza a compressione monoassiale.
- risultati di ulteriori prove condotte o ordinate dalla Direzione Lavori.

## SEZ. 10 “PONTI – VIADOTTI - SOTTOVIA”

### 1 GENERALITÀ

L'oggetto della presente sezione riguarda le diverse tipologie strutturali di realizzazione dei ponti, dei viadotti e dei sottovia, e l'insieme degli elementi costruttivi che li compongono.

L'argomento della sezione viene suddiviso, nel seguito, nelle sottoelencate voci:

- ponti e viadotti in conglomerato cementizio
- ponti e viadotti in ferro
- sottovia.

Sarà cura dell'Impresa procedere, in fase di progetto, allo studio del piano di sollevamento/varo delle strutture costituenti ponti e viadotti.

### 2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

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'Impresa, dovrà essere preventivamente trasmesso alla Direzione Lavori.

Tutti i macchinari, le attrezzature e le procedure lavorative dovranno rispondere alle prescrizioni indicate dalla vigente normativa in materia di prevenzione infortuni ed igiene del lavoro.

Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali, dai documenti di progetto ed eventualmente richieste dalla Direzione Lavori in base a motivate esigenze tecniche, così come quelle previste dalle leggi vigenti, saranno eseguite a cura e spese dell'Impresa.

Nella esecuzione dei lavori l'Impresa 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'Impresa eseguire o far eseguire tutte le prove ed i controlli previsti, così come quelli aggiuntivi che la Direzione Lavori 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'Impresa dovrà provvedere alla installazione in cantiere di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste.

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 dovranno essere effettuate presso laboratori ufficiali/autorizzati.

Nel caso di lavori da eseguire in presenza d'acqua sarà cura dell'Impresa provvedere con i mezzi più adeguati all'aggettamento ed al contenimento della stessa o, in alternativa, sarà sua cura adottare gli accorgimenti necessari, previa informazione alla Direzione Lavori, per l'esecuzione dei lavori in presenza d'acqua.

I materiali costituenti le opere in ferro dovranno avere caratteristiche non inferiori a quelle previste dalle Specifiche di Approvvigionamento e dovranno essere sottoposti ai controlli di qualità previsti dalle Specifiche.

Il materiale dovrà pervenire in cantiere corredato dalla certificazione di qualifica richiesta. Le strutture, sia in calcestruzzo che in carpenteria metallica, prefabbricate in stabilimenti esterni, prima dell'inoltro in cantiere dovranno essere sottoposte alle prove di controllo qualità e, ove richiesto, alle prove di preassemblaggio.

---

---

### **3 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**

#### **3 . 1 PONTI VIADOTTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

##### **3 . 1 . 1 INTONACI ESEGUITI A MANO**

Le opere in conglomerato cementizio armato dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" ed alle prescrizioni di cui alle sezioni "calcestruzzi" ed "acciaio" del presente Capitolato.

##### **3 . 1 . 2 POSA IN OPERA MANUFATTI PREFABBRICATI**

###### **a) Posa in opera travi d'impalcato**

Le travi in c.a.p. saranno varate nella loro posizione definitiva mediante sollevamento longitudinale o trasversale a mezzo di carroponte, carrelli, gru, derrick, blondin, ecc. o con combinazioni varie di questi sistemi e mezzi.

Il piano di sollevamento/varo, definito ed approvato in sede di progetto dell'impalcato, ferma restando l'esclusiva e totale responsabilità dell'Impresa, dovrà essere trasmesso al Coordinatore per l'Esecuzione ed alla Direzione Lavori con congruo anticipo sull'attività di montaggio.

Il piano dovrà essere corredato con l'elenco e le caratteristiche delle attrezzature e dei mezzi d'opera che l'Impresa prevede di utilizzare.

L'eventuale impiego di elementi strutturali metallici o in conglomerato cementizio, semplice od armato, normale o precompresso, con funzione di cassaforma persa per il getto delle solette, sbalzi e traversi di impalcato, dovrà essere previsto in sede di progetto costruttivo, in assenza di quanto sopra sarà cura dell'Impresa fare eseguire, al progettista, le opportune verifiche dandone evidenza alla Direzione Lavori.

###### **b) Iniezione guaine per cavi scorrevoli**

Per quanto riguarda gli accorgimenti da adottare ai fini di una corretta esecuzione della iniezione dei cavi, si rimanda alle prescrizioni di cui al relativo paragrafo della Sezione "Calcestruzzi".

#### **3 . 2 PONTI E VIADOTTI IN FERRO**

###### **a) Strutture portanti in acciaio**

Il funzionamento statico o le sollecitazioni agenti sulle singole strutture in dipendenza delle modalità e delle diverse fasi di montaggio dovranno essere state considerate dall'Impresa all'atto della progettazione dell'opera.

Nella relazione di calcolo dovranno quindi essere indicate le modalità di montaggio ed il funzionamento statico nelle diverse condizioni.

###### **b) Approvvigionamento materiali**

I materiali impiegati per la costruzione delle strutture dovranno rispondere alle prescrizioni contenute nella sezione "Acciaio" del presente Capitolato.

In ogni caso i materiali dovranno, come minimo, corrispondere ed essere qualificati e/o controllati in conformità alle disposizioni di cui alle "Norme Tecniche per le costruzioni" (D.M. 14/01/2008).

###### **c) Saldature, bullonature, chiodature**

---

---



Per quanto concerne le differenti tipologie di giunzioni, dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

#### **Saldatura**

Le specifiche dei procedimenti di saldatura dovranno essere preparate dall'Impresa sottoposte all'approvazione e qualifica da parte di un Istituto specializzato (quali ad es. Istituto Italiano della Saldatura, R.I.NA.) .

Congiuntamente alla Specifica sarà sottoposta all'approvazione del predetto Istituto il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire.

Ovviamente le modalità di saldatura e l'estensione dei controlli dovranno comunque soddisfare le prescrizioni della normativa vigente.

#### **Bullonatura**

L'accoppiamento foro-bullone dovrà essere di precisione.

Il massimo gioco complessivo tra foro e diametro del bullone sarà pari a 0,3 mm, per bulloni aventi diametro massimo 20 mm, e pari a 0,5 mm, per bulloni aventi diametro maggiore di 20 mm.

Il serraggio dei bulloni dovrà essere eseguito rispettando i valori della coppia di serraggio indicati nel DM 14/1/2008.

La forza di trazione (Ns) nel gambo della vite dovrà essere pari a:

$Ns = 0.8 \cdot f_{kn} \cdot A_{res}$  (per bulloni non soggetti a taglio)

$Ns = 0.7 \cdot f_{kn} \cdot A_{res}$  (i bulloni soggetti a taglio) dove  $A_{res}$  è l'area della sezione resistente della vite ed  $f_{kn}$  la tensione di snervamento su provetta.

I bulloni dovranno essere montati in opera con una rosetta posta sotto la testa della vite (smusso verso testa) e una rosetta posta sotto il dado (smusso verso il dado).

Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi dinamometriche a mano o chiavi, pneumatiche, ambedue i dispositivi dovranno possedere un meccanismo limitatore della coppia applicata.

Tali meccanismi dovranno garantire una precisione non minore del  $\pm 5\%$ .

I giunti da serrare dovranno essere montati nella posizione definitiva mediante un numero opportuno di "spine" in grado di irrigidire convenientemente il giunto e consentire la perfetta corrispondenza dei fori.

Si procederà quindi a serrare i bulloni di un estremo dell'elemento da collegare, con una coppia pari a circa il 60% di quella prescritta, il serraggio dovrà iniziare dal centro del giunto procedendo gradualmente verso l'esterno.

Si provvederà quindi al serraggio dell'altra estremità dell'elemento con modalità analoghe a quelle su esposte. Si provvederà infine al serraggio di tutti i bulloni con una coppia pari al 100% di quella prevista.

#### **Chiodatura**

Dovrà essere realizzata in conformità alle prescrizioni del D.M. 14/01/2008.

#### **d) Montaggio**

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo e nel piano di montaggio che, ferma restando la totale ed esclusiva responsabilità dell'Impresa, con congruo anticipo sull'inizio dei montaggi, dovrà essere trasmesso alla Direzione Lavori.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto. In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfrecchia 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, ove necessario, si potrà procedere alla alesatura (assolutamente vietato l'uso della fiamma) 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, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco (delle superfici di contatto) non più di due ore prima dell'unione.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta 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 e sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

#### e) Verniciature e/o Impermeabilizzazione

Tutte le strutture in acciaio dovranno essere protette contro la corrosione in accordo alle prescrizioni e specifiche di cui alla Sezione "Verniciature" del presente Capitolato.

Nel caso di impiego di acciaio autopassivante per la costruzione di cassoni di impalcato, si dovranno eseguire dei fori per lo scarico delle acque di infiltrazione.

Le modalità di controllo (delle vernici e della loro applicazione) saranno le medesime di quelle riportate nel punto precedentemente richiamato.

Il colore di finitura sarà definito dai documenti di progetto, in mancanza di indicazioni specifiche l'Impresa dovrà chiedere istruzioni alla Direzione Lavori.

Per l'impermeabilizzazione vale quanto riportato nella Sezione "Impermeabilizzazione di manufatti in cls" del presente Capitolato.

---

## **4 APPARECCHI D'APPOGGIO**

### **4 . 1 GENERALITÀ**

Gli apparecchi d'appoggio possono essere del tipo fisso o mobile, per la realizzazione, rispettivamente, dei vincoli di "cerniera" e di "carrello – cerniera" o a "pendolo" e dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile all'approvazione della Direzione dei Lavori il progetto esecutivo degli apparecchi di appoggio corrispondente ai tipi stabiliti dalla Direzione dei Lavori.

Il progetto esecutivo dovrà contenere:

- a) il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento. Dovranno essere esposti separatamente i contributi dovuti ai carichi permanenti ed accidentali, alle variazioni termiche, delle deformazioni viscoso ed al ritiro del calcestruzzo;
  - b) l'indicazione delle caratteristiche di mobilità richieste per gli apparecchi, in funzione dei dati di cui al punto a) e di un congruo franco di sicurezza, che dovrà essere espressamente indicato;
-

- c) l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità ed il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- d) l'indicazione della preregolazione da effettuare sugli apparecchi al momento del montaggio, in funzione della temperatura ambiente e della stagionatura del calcestruzzo al momento della posa;
- e) la verifica statica dei singoli elementi componenti l'apparecchio e la determinazione della pressione di contatto;
- f) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile, alle norme UNI;
- g) l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento, ove possibile alle norme UNI;
- h) l'indicazione delle modalità di collegamento dell'apparecchio al pulvino ed alla struttura d'impalcato e degli eventuali accorgimenti da adottare per il montaggio provvisorio.

In ogni caso l'Impresa dovrà presentare un apposito certificato, rilasciato da un Laboratorio Ufficiale, comprovante le caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati.

Prima della posa in opera degli apparecchi d'appoggio l'Impresa dovrà provvedere per ogni singolo apparecchio al tracciamento degli assi di riferimento ed alla livellazione dei piani di appoggio, i quali dovranno essere rettificati con malta di cemento additivata con resina epossidica.

Procederà, successivamente, al posizionamento dell'apparecchio ed al suo collegamento alle strutture secondo le prescrizioni di progetto.

In questa fase ciascun apparecchio dovrà essere preregolato sempre secondo le prescrizioni di progetto.

Inoltre dovranno risultare agevoli: la periodica ispezione, la manutenzione e l'eventuale sostituzione.

#### **4 . 2 PRINCIPI GENERALI**

Gli appoggi, accoppiati o meno con elementi scorrevoli, sono dispositivi che consentono la rotazione tra due membri di una struttura, impedendo gli spostamenti e di conseguenza trasmettendo le forze nelle tre direzioni (appoggi fissi), consentendo lo spostamento in una direzione del piano orizzontale (appoggi unidirezionali) o in ogni direzione del piano orizzontale (appoggi multidirezionali). Caso particolare è costituito dagli apparecchi elastomerici che permettono limitati spostamenti in ogni direzione del piano orizzontale, generando forze proporzionali alle corrispondenti traslazioni.

Gli appoggi devono essere disposti in modo che sia possibile, in caso di necessità, effettuare ispezioni, operazioni di manutenzione e sostituzione degli stessi o di parti di questi, allo scopo di garantirne la funzionalità per l'intera durata prevista della struttura.

Gli appoggi devono essere realizzati in modo da permettere il movimento specificato con la minor forza di reazione possibile.

Se possibile, si deve evitare la preregolazione. Se necessaria, la preregolazione richiesta deve essere eseguita presso l'impianto di fabbricazione. Se non è possibile evitare una nuova regolazione in sito, questa deve essere eseguita solo dal fabbricante dell'appoggio o sotto la sua supervisione.

---

---

---

---

Tutti gli appoggi devono essere marcati con il nome del fabbricante e il luogo di fabbricazione, l'anno di fabbricazione e un numero di serie che deve essere un numero individuale e univoco per ogni tipo di appoggio. Inoltre tutti gli appoggi diversi dagli appoggi elastomerici devono essere marcati con le informazioni seguenti:

- tipo di appoggio;
- numero d'ordine del fabbricante;
- carichi nominali massimi per forze verticali e orizzontali;
- spostamenti nominali massimi;
- posizione nella struttura;
- direzione di installazione.

Con l'eccezione delle ultime due voci, queste marcature devono essere visibili e comprensibili per tutta la vita utile dell'appoggio.

### 4 . 3 ELEMENTI DI SCORRIMENTO

#### 4 . 3 . 1 GENERALITÀ

Gli elementi di scorrimento e le guide sono dispositivi composti da piastre di supporto con finitura curva o piana e superfici di scorrimento a bassissimo coefficiente di attrito che, in combinazione con gli appoggi strutturali fissi descritti nel presente articolo, consentono e regolano i movimenti nel piano orizzontale.

La deformazione dei materiali di scorrimento non va presa in conto per ottenere rotazioni.

#### 4 . 3 . 2 REQUISITI FUNZIONALI

I requisiti funzionali, espressi in termini di massimi coefficienti di attrito a breve e lungo termine delle superfici di contatto, in funzione della composizione delle superfici stesse, sono riportati dalle Tabelle 1-2-3-4 della UNI EN 1337-2:2004

#### 4 . 3 . 3 PROPRIETÀ DEI MATERIALI

In assenza di standard specifici, le prove sui materiali saranno conformi alle procedure indicate nelle Appendici D-E-F-G-H della UNI EN 1337-2:2004

**Superfici di scorrimento di PTFE** : il politetrafluoroetilene è un materiale termoplastico che presenta, a contatto con una superficie metallica lucidata, un coefficiente d'attrito molto basso, tendente a diminuire con l'aumento della pressione di contatto e con la diminuzione della velocità di scorrimento. Il materiale grezzo dei fogli di PTFE costituenti le superfici di scorrimento su cui si esercitano reazioni di lunga durata è politetrafluoroetilene vergine, senza aggiunta di materiali rigeneranti o di cariche, in conformità alle caratteristiche meccaniche, fisiche e geometriche del Paragrafo 5.2 della UNI EN 1337-2:2004. I fogli di PTFE per superfici di scorrimento piane o curve su cui si esercitano reazioni di lunga durata (sono escluse le superfici delle guide) saranno dotati di tasche di lubrificazione ('PTFE puntinato' – 'dimpled PTFE').

**Materiali compositi (CM1 e CM2)** : per le superfici di scorrimento impegnate da reazioni di breve durata, come ad esempio le superfici delle guide, è ammesso l'impiego di materiali compositi di due tipi: il primo (CM1) formato da una lastra di supporto e uno strato intermedio di bronzo con uno strato superficiale costituito da una miscela di PTFE e piombo, il secondo (CM2) formato da una matrice metallica flessibile sinterizzata in un composto di PTFE (PTFE + filler). Le caratteristiche

---

---

meccaniche e fisiche dei materiali compositi costituenti le superfici di scorrimento sono riportate della Tabella 6 e 7 della UNI EN 1337-2:2004.

**Superfici di scorrimento di acciaio austenitico** : lamiere di acciaio austenitico possono essere utilizzate per la realizzazione di superfici di scorrimento piane o curve. Le superfici a contatto con il PTFE saranno lucidate. Materiale e caratteristiche superficiali saranno conformi ai Par. 5.4.1 e 5.4.2 della UNI EN 1337-2:2004.

**Superfici laminate in cromo** : per superfici di scorrimento curve possono essere usate superfici cromate. La laminazione dovrà interessare l'intera superficie curva della piastra di supporto; il processo di laminazione, le specifiche dei materiali e le caratteristiche superficiali saranno conformi al Par. 5 della UNI EN 1337-2:2004

**Materiali per piastre di supporto** : i materiali previsti per la realizzazione delle piastre di supporto sono metalli a base ferrosa, in particolare ghisa, acciaio fuso e acciaio inossidabile; l'elemento convesso di superfici sferiche o cilindriche può essere costituito da lega d'alluminio. Materiali e trattamenti superficiali saranno conformi ai Par. 5.5.6 e 5.5.7 della UNI EN 1337-2:2004.

**Lubrificanti** : Le superfici di scorrimento dovranno essere lubrificate per ridurre la resistenza d'attrito e l'usura delle superfici di PTFE. Il lubrificante, in conformità alle caratteristiche fisico-chimiche della Tabella 8 della UNI EN 1337-2:2004, dovrà mantenere le sue proprietà nel 'range' di temperatura specificato e non dovrà resinificare, né risultare aggressivo per i materiali a contatto.

#### 4.4 REQUISITI DI PROGETTO

##### 4.4.1 COMBINAZIONI DI MATERIALI PER SUPERFICI DI SCORRIMENTO

I materiali per le superfici di scorrimento saranno accoppiati come definito nella Tabella 1. Solo una combinazione potrà essere usata nella stessa superficie di scorrimento

Tabella 1 – Combinazioni materiali per superfici di scorrimento

Superfici piane		Superfici curve		Guide	
PTFE puntinato	Acciaio austenitico	PTFE puntinato	Acciaio austenitico	PTFE semplice	Acciaio austenitico
			cromo	CM1	
			alluminio	CM2	

##### 4.4.2 FOGLI DI PTFE

I fogli di PTFE saranno disposti in uno specifico alloggiamento, ricavato nella piastra di supporto. Dopo l'installazione il foglio di PTFE dovrà sporgere dall'estradosso dell'alloggiamento di una quantità  $h$ , per facilitare le misurazioni di controllo.

Lo spessore dei fogli di PTFE  $t_p$  e della sporgenza  $h$ , in assenza di carico e in presenza della protezione anticorrosiva, dovrà rispettare i seguenti limiti:

$$h = 1.75 + L/200 \text{ (mm)} \quad \text{e comunque } \geq 2.2 \text{ mm}$$

$$2.2 h < t_p < 8.0 \text{ mm}$$

dove  $L$  è il diametro del foglio circolare o la lunghezza del foglio rettangolare di FPTE, come definiti nelle fig. 3-4-5 della UNI EN 1337-2:2004.

I fogli di PTFE piani per superfici di scorrimento planari saranno circolari o rettangolari e potranno essere suddivisi in un massimo di quattro parti uguali, la cui dimensione minima non potrà essere

inferiore a 50 mm e la cui distanza reciproca non potrà superare il doppio dello spessore della piastra di supporto o del foglio di PTFE (quale sia il minore).

I fogli di PTFE curvi per superfici di scorrimento cilindriche saranno rettangolari e potranno essere suddivisi in un massimo di due parti uguali.

I fogli di PTFE curvi per superfici di scorrimento sferiche saranno circolari e potranno essere suddivisi in un disco interno e un anello esterno concentrici, suddivisi da un anello della piastra di supporto, la cui larghezza non supererà 10 mm.

I fogli di PTFE per guide avranno uno spessore minimo di 5.5 mm e una sporgenza di 2.3 mm +/- 0.2 mm

#### 4.4.3 MATERIALI COMPOSITI

I materiali compositi saranno usati solo quando è possibile un auto-allineamento tra le parti accoppiate dell'appoggio. La dimensione minima 'a' della lamina deve essere maggiore o uguale a 10 mm.

#### 4.4.4 GUIDE

Le guide possono essere usate per sopportare azioni laterali dovute a carichi permanenti e variabili. Le guide possono essere disposte centralmente o esternamente alla superficie di scorrimento. I materiali di scorrimento saranno disposti sulle pareti contigue delle guide; il gioco c tra i componenti scorrevoli in condizioni di riposo deve essere:

$$c \leq 1.0 \text{ mm} + L(\text{mm})/1000$$

con L definito ai punti precedenti.

#### 4.4.5 LAMIERE DI ACCIAIO AUSTENITICO

Le lamiere di acciaio austenitico devono essere dimensionate in modo tale da ricoprire completamente i fogli di PTFE o di materiale composito sotto il massimo spostamento di progetto. Il loro spessore, in funzione del metodo di collegamento alla piastra di supporto, sarà in accordo alla Tabella 13 della UNI EN 1337-2:2004.

#### 4.4.6 RESISTENZE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DI SCORRIMENTO

Le resistenze caratteristiche a compressione dei materiali di scorrimento sono riportate nella Tabella 2. I valori dati sono validi per temperature effettive inferiori a 30°. Per temperature comprese tra i 30° e i 48°, i valori riportati saranno ridotti del 2% per grado al di sopra dei 30°, allo scopo di ridurre gli effetti viscosi del PTFE.

Tabella 2 – Resistenze car. a compressione dei materiali di scorrimento

Materiale	Azione	f <sub>k</sub> (MPa)
PTFE (sup.principali)	Carichi permanenti e variabili	90
PTFE (guide)	Carichi variabili	90
	Temperatura, ritiro e viscosità	30
	Carichi permanenti	10
CM1	Carichi permanenti e variabili orizzontali	200
CM2	Carichi permanenti e variabili orizzontali	120

#### 4.4.7 COEFFICIENTI DI ATTRITO

I coefficienti di attrito da utilizzare per verificare l'apparecchio di appoggio e la struttura a cui esso è collegata sono riportati nella Tabella 3. Tali valori non saranno applicati in presenza di

consistenti azioni dinamiche, come sono ad esempio le azioni sismiche. I valori riportati sono validi solo per PTFE puntinato e lubrificato.

Tabella 3 – Coefficienti di attrito  $\mu_{\max}$

Pressione di contatto $\sigma_p$ (MPa)	$\leq 5$	10	20	$\geq 30$
PTFE – Acciaio austenitico o cromo	0.08	0.06	0.04	0.030 (0.025)*
PTFE - alluminio	0.12	0.09	0.06	0.045 (0.038)*

\* per superfici di scorrimento curve

Per le guide, i valori del coefficiente di attrito, considerati indipendenti dalla pressione di contatto, sono i seguenti:

PTFE :  $\mu_{\max} = 0.08$

Materiali compositi :  $\mu_{\max} = 0.20$

#### 4 . 5 VERIFICHE LOCALI DELLE SUPERFICI DI SCORRIMENTO

##### 4 . 5 . 1 GENERALITÀ

Le superfici di scorrimento saranno dimensionate e verificate tenendo conto di tutte le azioni attive trasmesse dalla struttura e di quelle antagoniste generate in corrispondenza delle libertà consentite.

##### 4 . 5 . 2 SEPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI SCORRIMENTO

La separazione delle superfici di scorrimento può condurre alla perdita di lubrificante, all'usura da contaminazione e all'incremento di deformazione dovuto alla mancanza di confinamento del PTFE. Per questo motivo si richiede che la tensione normale minima di contatto  $\sigma_p$  sia al più nulla, condizione considerata come stato limite di servizio.

##### 4 . 5 . 3 VERIFICHE A COMPRESSIONE

Pressioni eccessive possono causare perdita di efficienza dello scorrimento. Si richiede pertanto la verifica a compressione allo stato limite ultimo delle superfici a contatto in conformità al Par. 6.8.3 della UNI EN 1337-2:2004

##### 4 . 5 . 4 VERIFICHE LOCALI DELLE PIASTRE DI SUPPORTO

##### 4 . 5 . 5 GENERALITÀ

Il PTFE e i materiali di scorrimento ad esso accoppiati devono essere sostenuti da piastre metalliche (piastre di supporto) con superfici piane o curve. Il progetto di queste deve tener conto del controllo delle deformazioni, della esatta valutazione delle sezioni resistenti, della adeguata rigidità per il trasporto e l'installazione secondo il Par. 6.9.3 della UNI EN 1337-2:2004 e della distribuzione dei carichi alle strutture adiacenti secondo il Par. 6.9.4 della UNI EN 1337-2:2004.

##### 4 . 5 . 6 VERIFICA DELLA DEFORMAZIONE

Una deformazione eccessiva delle piastre di supporto comporterebbe usura elevata del PTFE e decadimento a lungo termine delle caratteristiche del dispositivo di scorrimento. Si richiede per questo la verifica della deformazione secondo il Par. 6.9.2 della UNI EN 1337-2:2004.

#### 4 . 6 MANIFATTURA, ASSEMBLAGGIO E TOLLERANZE

##### 4 . 6 . 1 PIASTRA DI SUPPORTO

I bordi dell'incasso destinato a contenere i fogli di PTFE devono essere a spigolo vivo e retto per limitare il rifluimento del PTFE. Il raggio alla base dell'incasso non deve superare 1 mm.

In linea teorica, il PTFE deve aderire all'incasso senza giochi. Tolleranze discontinue saranno ammesse in conformità alla Tabella 12 della UNI EN 1337-2:2004.

I requisiti di planarità delle superfici saranno in accordo ai Par. 7.1.2 e 7.1.3 della UNI EN 1337-2:2004

#### 4 . 6 . 2 COLLEGAMENTO DEI MATERIALI DI SCORRIMENTO

**Lamiera di acciaio austenitico :** le lamiere devono essere collegate alle relative piastre di supporto mediante una delle modalità riportate dalla Tabella 13 della UNI EN 1337-2:2004.

**Fogli di PTFE :** nel caso di piastre di supporto piane i fogli vanno confinati negli appositi alloggiamenti secondo le prescrizioni viste al punto precedente. I fogli di PTFE usati per le guide saranno incollati allo scopo di facilitare le operazioni di assemblaggio.

**Materiali compositi :** I materiali compositi saranno collegati mediante incollaggio, accompagnato da un collegamento meccanico da realizzare al di fuori della superficie di scorrimento.

#### 4 . 6 . 3 PROTEZIONE CONTRO LA CONTAMINAZIONE E LA CORROSIONE

Prima delle operazioni di assemblaggio, tutte le superfici di scorrimento devono essere pulite. Durante l'assemblaggio, saranno prese precauzioni per impedire la contaminazione delle superfici lubrificate. Devono essere previsti dispositivi specifici per prevenire la contaminazione degli elementi di scorrimento; tali dispositivi devono essere rimovibili per facilitare l'ispezione.

I requisiti generali relativi alla protezione contro la corrosione sono dati nella EN 1337-9. Ulteriori requisiti relativi al caso particolare delle superfici di scorrimento sono forniti nel Par. 7.3 della UNI EN 1337-2:2004

#### 4 . 6 . 4 LUBRIFICAZIONE

Dopo la pulitura e prima dell'assemblaggio, i fogli di PTFE dotati di tasche di lubrificazione devono essere lubrificati in modo che tutte le tasche risultino colme. Le superfici di scorrimento delle guide saranno trattate stendendo un sottile strato di lubrificante sulla superficie e rimuovendo le eccedenze.

#### 4 . 6 . 5 SUPERFICI DI RIFERIMENTO PER L'INSTALLAZIONE

Allo scopo di assicurare l'allineamento dell'appoggio in accordo alla UNI EN 1337-11:1999, deve essere prevista sull'elemento scorrevole una superficie di riferimento o un opportuno dispositivo avente la stessa funzione.

#### 4 . 6 . 6 VALUTAZIONE DI CONFORMITÀ

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-2:2004; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice K della UNI EN 1337-2:2004.

Il controllo delle materie prime e dei componenti degli elementi di scorrimento sarà conforme alla Tabella 16 della UNI EN 1337-2:2004.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo ed eventuali 'audit testing', sarà conforme alla Tabella 15 della UNI EN 1337-2:2004.



#### 4.6.7 INSTALLAZIONE

Dopo l'installazione e il completamento della sovrastruttura, la deviazione dell'elemento di scorrimento dalla configurazione specificata non dovrà eccedere il 3%.

#### 4.6.8 CRITERI PER ISPEZIONI IN SERVIZIO

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10:2004, sarà controllato in particolare il valore della sporgenza  $h$ , come definita in precedenza, verificando che risulti:

$h > 1 \text{ mm}$

Se risulta  $0 < h < 1 \text{ mm}$ , l'elemento di scorrimento è considerato ancora idoneo, ma sono richieste ispezioni più frequenti. Se risulta  $h = 0$  l'elemento di scorrimento non sarà più considerato idoneo.

### 4.7 APPOGGI ELASTOMERICI

#### 4.7.1 GENERALITÀ

Gli appoggi elastomerici (armati) sono elementi di forma rettangolare o circolare, costituiti da strati di gomma combinati con lamierini d'acciaio vulcanizzati alla gomma. La vulcanizzazione ha il duplice scopo di proteggere l'acciaio dalla corrosione e di trasmettere le azioni tangenziali dalla gomma al lamierino. Tali appoggi devono essere ottenuti mediante lavorazione in appositi stampi a pianta circolare o rettangolare previa approvazione della Direzione Lavori; non sono ammessi appoggi ricavati per taglio d'elementi di dimensioni superiori.

Non sono ammessi appoggi elastomerici non armati.

Non sono ammessi appoggi elastomerici con elementi di PTFE vulcanizzati direttamente alla gomma, disposti superiormente od inferiormente.

Gli appoggi elastomerici possono essere combinati con dispositivi che possono estenderne il campo di utilizzo, come dispositivi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2:2004, sia temporanei che permanenti, o sistemi di vincolo in qualsiasi direzione.

Il presente documento, in riferimento alla UNI EN 1337-3:2005, tratta appoggi elastomerici con dimensioni massime in pianta pari a 1200x1200 mm, destinati all'utilizzo con temperature operative comprese tra  $-25^\circ$  e  $+50^\circ$  ( $+70^\circ$  per brevi periodi). In caso di temperature operative molto basse ( $-40^\circ$ ) sono richiesti requisiti particolari del modulo di taglio della gomma.

#### 4.7.2 CARATTERISTICHE E REQUISITI FUNZIONALI

##### 4.7.2.1 PREMESSA

Gli appoggi elastomerici consentono traslazioni in una qualsiasi direzione e rotazioni attorno a un qualsiasi asse per mezzo di deformazioni elastiche. In tal modo è possibile sia trasmettere le sollecitazioni sia consentire gli spostamenti, in accordo alle risultanze progettuali.

Benché gli appoggi elastomerici siano progettati per assorbire il taglio, essi non saranno impiegati per opporre resistenza a una azione esterna di taglio applicata permanentemente.

Nei punti successivi sono definite le caratteristiche quantificabili degli appoggi elastomerici riferite al prodotto finito, determinabili attraverso specifiche prove.

---

---

---

---

#### 4 . 7 . 2 . 2 MODULO DI ELASTICITÀ TANGENZIALE $G_g$

Il modulo di elasticità tangenziale  $G_g$  è determinato sulla base di prove a diverse temperature o dopo invecchiamento, in accordo alle procedure specificate dall'Appendice F della UNI EN 1337-3:2005.

**Modulo di elasticità tangenziale a temperatura ordinaria:** il modulo  $G_g$  a temperatura nominale ( $23^{\circ}\pm 2^{\circ}$ ) dell'appoggio dovrà essere conforme ai valori seguenti:

$$G_g = 0.9 \text{ MPa}$$

$$G_g = 0.7 \text{ MPa} *$$

$$G_g = 1.15 \text{ MPa} *$$

I valori ottenuti dai test dovranno essere conformi alle tolleranze seguenti

$$G_g = 0.9 \text{ MPa} \pm 0.15 \text{ MPa}$$

$$G_g = 0.7 \text{ MPa} \pm 0.10 \text{ MPa} *$$

$$G_g = 1.15 \text{ MPa} \pm 0.20 \text{ MPa} *$$

(\*) solo se espressamente richiesto dal progettista

**Modulo di elasticità tangenziale a basse e bassissime temperature:** il modulo di taglio dovrà essere conforme ai Par.4.3.1.2 e 4.3.1.3 della UNI EN 1337-3:2005.

**Modulo di elasticità tangenziale dopo invecchiamento:** il modulo di taglio ad invecchiamento indotto (3 giorni a  $70^{\circ}$ ) dovrà essere conforme al Par.4.3.1.4 della UNI EN 1337-3:2005.

#### 4 . 7 . 2 . 3 RESISTENZA DI ADESIONE

Scopo del test è il controllo della adesione tra la gomma e i lamierini d'acciaio interposti. La resistenza di adesione tra gomma e lamiera d'acciaio è determinata in accordo al Par. 4.3.2 e alle procedure specificate dall'Appendice G della UNI EN 1337-3:2005.

#### 4 . 7 . 2 . 4 MODULO DI ELASTICITÀ A COMPRESSIONE

Il modulo di elasticità a compressione è determinato in accordo al Par. 4.3.3 e alle procedure specificate dall'Appendice H della UNI EN 1337-3:2005.

#### 4 . 7 . 2 . 5 RESISTENZA A CARICO RIPETUTO DI COMPRESSIONE

La resistenza a carico ripetuto di compressione è determinata in accordo al Par. 4.3.4 e alle procedure specificate dall'Appendice I della UNI EN 1337-3:2005.

#### 4 . 7 . 2 . 6 CAPACITÀ DI ROTAZIONE STATICA

Scopo del test è la determinazione del comportamento dell'appoggio in condizioni di rotazione da carico statico nei casi in cui la prestazione richiesta in termini di rotazione sia critica. Si possono determinare due grandezze relative alla capacità rotazionale dell'appoggio, il massimo angolo di rotazione e il momento antagonista trasmesso dall'appoggio alla struttura. La capacità di rotazione statica è determinata in accordo al Par. 4.3.5 e alle procedure specificate dalle Appendici J e K della UNI EN 1337-3:2005.

#### 4 . 7 . 2 . 7 RESISTENZA ALL'OZONO

La resistenza all'ozono è determinata in accordo al Par. 4.3.6 e alle procedure specificate dall'Appendice L della UNI EN 1337-3:2005.

---

---

#### **4 . 7 . 3 PROPRIETÀ DEI MATERIALI**

##### **4 . 7 . 3 . 1 ELASTOMERO**

L'elastomero utilizzato come materiale grezzo negli apparecchi elastomerici è costituito da gomma naturale (NR – natural rubber) o gomma al cloroprene (CR – chloroprene rubber). Si ammette la miscelazione con altro polimero come coadiuvante di processo fino a percentuali pari al 5%.

Le proprietà fisiche e meccaniche dell'elastomero saranno conformi alla Tabella 1 della UNI EN 1337-3:2005.

##### **4 . 7 . 3 . 2 LAMIERINI D'ACCIAIO**

I lamierini interni ed esterni saranno in acciaio di grado S235 secondo la EN 10025 o in acciaio con equivalente allungamento a rottura. Gli spessori minimi saranno in accordo al Par. 4.4.3 della UNI EN 1337-3:2005

##### **4 . 7 . 3 . 3 SUPERFICI DI SCORRIMENTO**

Elementi di scorrimento in PTFE, accoppiati a lamine in acciaio austenitico, possono essere inseriti in una piastra metallica vulcanizzata all'elastomero, secondo quanto specificato al Par. 4.4.3 della UNI EN 1337-3:2005

#### **4 . 7 . 4 REGOLE DI PROGETTO**

Per le regole di progetto si rimanda integralmente al Par. 5 della UNI EN 1337-3:2005

#### **4 . 7 . 5 TOLLERANZE DI MANIFATTURA**

Le tolleranze relative alle dimensioni in pianta e agli spessori degli strati di elastomero interni ed esterni, dei lamierini d'acciaio e degli spessori totali dell'appoggio saranno in accordo al Par. 6 della UNI EN 1337-3:2005

#### **4 . 7 . 6 VALUTAZIONE DI CONFORMITÀ**

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-3:2005; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice N della UNI EN 1337-3:2005.

Il controllo delle materie prime degli appoggi elastomerici sarà conforme alla Tabella 8 della UNI EN 1337-3:2005.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo, test di routine ed eventuali 'audit testing', sarà conforme alle Tabelle 6-7-8 della UNI EN 1337-3:2005.

#### **4 . 7 . 7 INSTALLAZIONE**

Gli appoggi elastomerici andranno alloggiati preferibilmente su baggioli, le cui superfici di posa devono essere asciutte, pulite e integre. Tali superfici saranno piane e orizzontali, ammettendo una tolleranza massima di planarità pari a:

0.3% per appoggi di strutture in c.a. prefabbricate o metalliche

1% per appoggi di strutture in c.a. gettate in opera

Se l'impalcato è costruito in opera direttamente sugli apparecchi d'appoggio, è opportuno interporre tra appoggio e struttura delle coppelle prefabbricate in c.a., immorsate nel getto della sovrastruttura.

---

---

È inoltre conveniente posizionare gli eventuali appoggi rettangolari con il lato minore parallelo all'asse della trave in modo da permettere una maggiore rotazione.

Non è consentito l'incollaggio degli appoggi elastomerici alle strutture.

#### **4.7.8 CRITERI PER ISPEZIONI IN SERVIZIO**

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10:2004, sarà controllato in particolare quanto segue.

Le superfici superiore ed inferiore dell'appoggio saranno in contatto integrale con le parti strutturali collegate.

Si effettuerà una ispezione visiva delle facce accessibili dell'appoggio per l'individuazione di eventuali fessure, distacchi, rigonfiamenti e irregolarità dell'appoggio stesso.

Si effettuerà una ispezione visiva delle parti strutturali a contatto dell'appoggio per l'individuazione di eventuali scostamenti dell'appoggio dalla sua posizione originale.

### **4.8 APPOGGI A RULLO**

#### **4.8.1 GENERALITÀ**

Gli appoggi a rullo hanno un funzionamento basato sul rotolamento di due piastre metalliche, una superiore ed una inferiore, su uno o più componenti, dotati di superfici cilindriche ed interposti tra le piastre stesse. Allo scopo di consentire spostamenti paralleli all'asse di rotazione gli apparecchi a rullo possono essere accoppiati con elementi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2:2004.

#### **4.8.2 CARATTERISTICHE E REQUISITI FUNZIONALI**

Gli appoggi a rullo trasmettono forze normali al piano di appoggio, consentendo traslazioni ortogonali all'asse di rotolamento e rotazioni attorno a tale asse (gli apparecchi a rullo singolo permettono rotazioni attorno alla linea di contatto, gli apparecchi a rullo multiplo necessitano di un elemento addizionale a bilanciere per consentire la rotazione). La capacità di rotazione dell'appoggio a rullo è una caratteristica intrinseca del sistema, basata sulla sua geometria, e deve essere dichiarata dal produttore. Il valore massimo di tale rotazione è fissato a 0.05 rad.

Le superfici a contatto avranno la stessa resistenza e durezza; le superfici curve dell'apparecchio saranno di forma cilindrica.

Il rullo avrà una lunghezza compresa tra il doppio e sei volte il suo diametro.

Sarà previsto un sistema di guida per impedire disassamenti del rullo in esercizio.

I componenti dell'appoggio saranno dimensionati in modo da distribuire correttamente il carico agli elementi contigui. L'angolo massimo di diffusione del carico sarà assunto pari a 45° (angoli maggiori potranno essere giustificati da un calcolo specifico); in nessun caso sarà assunto un angolo di diffusione, misurato a partire dall'asse verticale, superiore a 60°.

#### **4.8.3 MATERIALI**

Gli appoggi a rullo saranno realizzati in materiali ferrosi, in conformità a quanto specificato al Par. 5 e nell'Appendice A della UNI EN 1337-4:2004.

I componenti degli appoggi (rulli e piastre di contatto) saranno sottoposti a prove (rilievo di eventuali cricche, determinazione di durezza e resilienza) secondo i metodi esposti al Par. 5.1 della UNI EN 1337-4:2004.

---

---

#### **4 . 8 . 4 REGOLE DI PROGETTO**

Per le regole di progetto si rimanda integralmente al Par. 6 della UNI EN 1337-4:2004.

#### **4 . 8 . 5 TOLLERANZE**

Le tolleranze relative a planarità delle piastre, profilo e parallelismo delle superfici, rugosità superficiale, diametro dei rulli multipli, saranno in accordo al Par. 7 della UNI EN 1337-4:2004.

#### **4 . 8 . 6 VALUTAZIONE DI CONFORMITÀ**

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-4:2004; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice B della UNI EN 1337-4:2004.

Il controllo delle materie prime degli appoggi a rullo sarà conforme alla Tabella 5 della UNI EN 1337-4:2004.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo, test di routine ed eventuali 'audit testing', sarà conforme alla Tabella 4 della UNI EN 1337-4:2004.

#### **4 . 8 . 7 INSTALLAZIONE**

Gli appoggi a rullo saranno installati con una tolleranza massima di +/- 0.003 rad rispetto alla inclinazione di progetto delle superfici di contatto.

#### **4 . 8 . 8 CRITERI PER ISPEZIONI IN SERVIZIO**

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10:2004, saranno verificati in particolare l'assenza di cricche nei componenti dell'appoggio, il corretto allineamento dei rulli, la presenza di contatto continuo tra piastra e rullo.

### **4 . 9 APPOGGI A DISCO ELASTOMERICO CONFINATO**

#### **4 . 9 . 1 GENERALITÀ**

Gli appoggi a disco elastomerico confinato sono costituiti da un disco di gomma non armata confinato entro un basamento inferiore e un pistone superiore, entrambi metallici. L'apparecchio è completato da una guarnizione interna disposta sul bordo superiore della superficie di gomma per impedire la fuoriuscita di materiale elastomerico e da una guarnizione esterna disposta tra basamento e pistone, per proteggere il corpo interno da umidità e detriti.

Per ridurre l'attrito tra cuscinetto e componenti metallici, e di conseguenza limitare l'usura e l'entità del momento parassita alla rotazione, è previsto l'uso di un lubrificante.

Allo scopo di consentire traslazioni nel piano orizzontale, gli appoggi a disco elastomerico possono essere accoppiati con elementi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2:2004.

#### **4 . 9 . 2 CARATTERISTICHE E REQUISITI FUNZIONALI**

Gli appoggi a disco elastomerico trasmettono forze verticali e orizzontali, consentendo, grazie alla deformazione del cuscinetto di gomma, rotazioni attorno a un asse qualsiasi (cerniera sferica).

#### **4 . 9 . 3 MATERIALI**

Il basamento e il pistone saranno realizzati in materiali ferrosi; il materiale elastomerico usato per il cuscinetto deve essere gomma naturale o policloroprene. Il lubrificante non deve essere dannoso

---

---

per l'elastomero e gli altri componenti dell'appoggio e non deve causare rigonfiamenti eccessivi dell'elastomero (variazioni di peso > 8%). Tutti i materiali saranno conformi a quanto specificato al Par. 5 e nell'Appendice A (guarnizioni interne) della UNI EN 1337-5:2005.

#### **4.9.4 REGOLE DI PROGETTO**

Per le regole di progetto si rimanda integralmente al Par. 6 della UNI EN 1337-5:2005.

#### **4.9.5 TOLLERANZE**

Le tolleranze relative a spessore del cuscinetto, parallelismo delle superfici esterne, accoppiamento dei componenti e rugosità superficiale, saranno in accordo al Par. 7 della UNI EN 1337-5:2005.

#### **4.9.6 VALUTAZIONE DI CONFORMITÀ**

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-5:2005; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice C della UNI EN 1337-5:2005.

Il controllo delle materie prime degli appoggi a disco elastomerico sarà conforme al Prospetto 1 della UNI EN 1337-5:2005.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo, test di routine ed eventuali 'audit testing', sarà conforme Prospetto 2 della UNI EN 1337-5:2005.

#### **4.9.7 INSTALLAZIONE**

Gli appoggi a disco elastomerico saranno installati con una tolleranza massima di +/- 0.003 rad rispetto alla inclinazione di progetto delle superfici di contatto.

#### **4.9.8 CRITERI PER ISPEZIONI IN SERVIZIO**

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10:2004, saranno verificati in particolare aspetti quali l'eventuale estrusione dell'elastomero, la presenza di detriti da usura, la posizione anomala del pistone di chiusura.

### **4.10 APPOGGI A CONTATTO LINEARE O PUNTUALE**

#### **4.10.1 GENERALITÀ**

Gli appoggi a contatto lineare o puntuale sono costituiti da due piastre metalliche variamente sagomate a contatto e libere di ruotare reciprocamente. Se una delle piastre è sagomata a calotta cilindrica e l'altra è piana, il contatto e la rotazione avvengono lungo una generatrice del cilindro (contatto lineare); se una delle superfici è sagomata a calotta sferica (concava) o è piana e l'altra è sagomata a calotta sferica (convessa) di raggio inferiore alla prima, il contatto e la rotazione avvengono in un punto (contatto puntuale). Allo scopo di consentire traslazioni nel piano orizzontale, gli appoggi a contatto possono essere accoppiati con elementi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2:2004.

#### **4.10.2 CARATTERISTICHE E REQUISITI FUNZIONALI**

Gli appoggi a contatto lineare permettono rotazioni attorno alla linea di contatto, realizzando una cerniera cilindrica, gli appoggi a contatto puntuale rotazioni attorno a un asse qualsiasi, realizzando una cerniera sferica. Gli appoggi a contatto trasmettono forze verticali e orizzontali; per la trasmissione delle forze orizzontali gli apparecchi a contatto lineare sono dotati di perni sollecitati a

---

---

taglio, calettati su una delle due piastre, mentre, nel caso di apparecchi a contatto lineare, le azioni orizzontali sono trasmesse generalmente per contatto tra le due piastre.

La capacità di rotazione dell'appoggio a contatto è una caratteristica intrinseca del sistema, basata sulla sua geometria, e deve essere dichiarata dal produttore. Il valore massimo di tale rotazione è fissato a 0.05 rad.

Le superfici a contatto avranno la stessa resistenza e durezza; le superfici curve dell'apparecchio saranno di forma cilindrica (contatto lineare) o sferica (contatto puntuale).

Saranno previsti dispositivi meccanici per impedire lo scivolamento reciproco delle superfici a contatto.

I componenti dell'appoggio saranno dimensionati in modo da distribuire correttamente il carico agli elementi contigui. L'angolo massimo di diffusione del carico sarà assunto pari a 45° (angoli maggiori potranno essere giustificati da un calcolo specifico); in nessun caso sarà assunto un angolo di diffusione, misurato a partire dall'asse verticale, superiore a 60°.

#### **4 . 10 . 3 MATERIALI**

Gli appoggi a contatto saranno realizzati in materiali ferrosi, in conformità a quanto specificato al Par. 5 e nell'Appendice A della UNI EN 1337-6:2004.

I componenti degli appoggi (piastre di contatto) saranno sottoposti a prove (rilievo di eventuali cricche, determinazione di durezza e resilienza) secondo i metodi esposti al Par. 5.1 della UNI EN 1337-6.

#### **4 . 10 . 4 REGOLE DI PROGETTO**

Per le regole di progetto si rimanda integralmente al Par. 6 della UNI EN 1337-6:2004.

#### **4 . 10 . 5 TOLLERANZE**

Le tolleranze relative a planarità delle piastre, profilo e parallelismo delle superfici, rugosità superficiale, saranno in accordo al Par. 7 della UNI EN 1337-6:2004.

#### **4 . 10 . 6 VALUTAZIONE DI CONFORMITÀ**

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-4:2004; le procedure di controllo di produzione saranno conformi all'Appendice B della UNI EN 1337-6:2004.

Il controllo delle materie prime degli appoggi a rullo sarà conforme alla Tabella 5 della UNI EN 1337-6.

Il controllo del prodotto finito, comprendente test iniziali di tipo, test di routine ed eventuali 'audit testing', sarà conforme alla Tabella 4 della UNI EN 1337-6:2004.

#### **4 . 10 . 7 INSTALLAZIONE**

Gli appoggi a contatto saranno installati con una tolleranza massima di +/- 0.003 rad rispetto alla inclinazione di progetto delle superfici di contatto.

---

---

#### **4 . 10 . 8 CRITERI PER ISPEZIONI IN SERVIZIO**

Durante le ispezioni di servizio, da condurre in accordo alla UNI EN 1337-10:2004, saranno verificati in particolare l'assenza di cricche nei componenti dell'appoggio, il corretto allineamento delle piastre a contatto, la verifica del contatto previsto tra le piastre.

#### **4 . 11 APPOGGI SFERICI E CILINDRICI CON PTFE**

##### **4 . 11 . 1 GENERALITÀ**

Gli apparecchi d'appoggio sferici e cilindrici aventi superfici di scorrimento in politetrafluoroetilene (PTFE) hanno un funzionamento basato sullo strisciamento di una superficie di PTFE ed una di metallo, l'una concava e l'altra convessa, disposte su opportune piastre di supporto. Le superfici di scorrimento possono essere cilindriche o sferiche.

Allo scopo di consentire traslazioni nel piano orizzontale, gli appoggi a contatto possono essere accoppiati con elementi di scorrimento in accordo alla UNI EN 1337-2:2004.

##### **4 . 11 . 2 CARATTERISTICHE E REQUISITI FUNZIONALI**

Gli apparecchi d'appoggio con superfici di scorrimento in PTFE cilindrici permettono rotazioni attorno a un asse, realizzando una cerniera cilindrica, gli appoggi sferici rotazioni attorno a un asse qualsiasi, realizzando una cerniera sferica. Gli appoggi con superfici di scorrimento in PTFE trasmettono forze verticali e orizzontali; le azioni orizzontali sono trasmesse per contatto tra le superfici di scorrimento, dimensionandone adeguatamente la curvatura, oppure prevedendo opportuni dispositivi meccanici.

La superficie metallica a contatto con il PTFE deve essere dimensionata in modo tale da coprire completamente, anche sotto carico, il foglio di PTFE. Non deve inoltre esserci alcun contatto tra gli elementi metallici di supporto superiori ed inferiori.

##### **4 . 11 . 3 MATERIALI**

I materiali e gli accoppiamenti di materiali relativi alle superfici di scorrimento, essendo gli stessi i principi di funzionamento, sono quelli specificati nel Par.5 della UNI EN 1337-2:2004 (Superfici di scorrimento).

##### **4 . 11 . 4 REGOLE DI PROGETTO**

Per le regole di progetto si rimanda integralmente al Par. 6 della UNI EN 1337-7:2004.

##### **4 . 11 . 5 MANIFATTURA, ASSEMBLAGGIO E TOLLERANZE**

Valgono le considerazioni svolte al Par. 7 della UNI EN 1337-7:2004.

##### **4 . 11 . 6 VALUTAZIONE DI CONFORMITÀ**

La valutazione di conformità del prodotto e della sua manifattura alla Normativa Europea, comprendente controllo di materiali e lavorazioni, esecuzione di prove e ispezioni con eventuali 'audit-testing' effettuati da parti terze, redazione di documentazione e certificati attestanti la qualità dei materiali costituenti e del prodotto finale, etc., sarà in accordo al Par. 8 della UNI EN 1337-7:2004.

---

---



---

---

## 4 . 1 2 PROTEZIONE

### 4 . 1 2 . 1 GENERALITÀ

Devono essere adottate misure di protezione degli appoggi strutturali dagli effetti degli agenti aggressivi dell'ambiente e di altre cause esterne che potrebbero ridurne la vita utile prevista. I riferimenti normativi in merito sono contenuti nel Par. 2 della UNI EN 1337-9:1999.

Andranno raccolte informazioni sulle caratteristiche dell'ambiente di destinazione, in particolar modo se atteso più aggressivo dell'ambiente marino, per poter attuare interventi protettivi adeguati. In linea generale, le misure di protezione contro la corrosione si attuano o selezionando materiali per i quali l'ambiente a cui sono destinati non risulti aggressivo o dotando le parti esposte dell'apparecchio di un rivestimento protettivo o mediante altre soluzioni (es. bagno d'olio) per isolare l'appoggio dall'ambiente circostante.

Misure protettive speciali possono essere richieste in particolari circostanze (ad es. dove siano previste infiltrazioni di polvere e sabbia, nidificazioni di animali, etc.)

La vigente normativa europea EN 1337-1:2001 richiede che la struttura e gli appoggi siano progettati in modo tale da permetterne la manutenzione. Alla luce di questo, va sottolineato che, qualora si rendessero necessarie misure protettive speciali, queste devono essere rimovibili o comunque non costituire ostacolo alle operazioni di ispezione e manutenzione dell'appoggio.

### 4 . 1 2 . 2 REQUISITI

#### 4 . 1 2 . 2 . 1 PROTEZIONE CONTRO GLI EFFETTI AMBIENTALI

Le parti metalliche degli appoggi strutturali devono essere protette contro la corrosione. Sono escluse le superfici soggette a scorrimento, rotazione, aderenza per attrito o carico concentrato.

Il sistema di protezione anticorrosiva, qualificato secondo la EN 1337-9, deve garantire che per un periodo di dieci anni dopo la consegna, gli appoggi siano conformi ai requisiti dettagliati di seguito.

- Densità di bolle non superiore al grado 1 della ISO 4628-2;
- Ossidazione non superiore al grado Ri: 1 della ISO 4628-3;
- Distacco del rivestimento non superiore alla classe 1 della ISO 4628-4;
- Desquamazione non superiore alla classe 1 della ISO 4628-5.

Se l'appoggio deve essere installato in un ambiente più aggressivo di quello marino, si devono concordare requisiti particolari della protezione anticorrosiva.

Per definire il sistema di protezione anticorrosiva, si deve fornire la documentazione seguente:

- Procedura seguita per la protezione anticorrosiva degli appoggi;
- Specifiche dei fornitori del materiale;
- Prove.

Quanto sopra deve includere come minimo quanto segue:

- Grado di preparazione della superficie (per esempio Sa 21/2 secondo ISO 8501 Sa);
  - Tipo di rivestimento protettivo (per esempio zincatura a spruzzo, due strati di vernice epossiacrilica);
  - Numero degli strati;
- 
-

Per i sistemi di verniciatura:

- Numero dell'articolo e colore;
- Marchio di fabbrica e numero di riferimento del produttore;
- Numero della scheda tecnica;
- Luogo di applicazione;
- Modo di applicazione;
- Spessore minimo della pellicola secca;

Spessore locale massimo della pellicola secca;

Procedure per il trattamento di danni locali ai rivestimenti protettivi;

Risultati delle prove come da prospetto 1.

Prospetto 1

Prova	Norma	Criteri di accettazione
Nebbia salina	ISO 7253	Dopo: 720 h;
		Bolle non superiori al grado 1 della ISO 4628-2;
		Ossidazione non superiore al grado Ri: 1 della ISO 4628-3;
		Distacco non superiore alla classe 1 della ISO 4628-4;
		Designazione non superiore alla classe 1 della ISO 4628-5.
Spessore minimo della pellicola secca	ISO 2808	Come specificato dal produttore della vernice.
Adesione dopo quadrettatura	ISO 2409	0 o 1.
Caduta di una massa	ISO 6272	Nessun danno visibile con peso di 1 kg e un'altezza di caduta di 10 cm.

Queste prove devono essere ripetute ogni cinque anni o quando è apportato un cambiamento al sistema di protezione anticorrosiva.

#### 4 . 1 2 . 2 . 2 CORROSIONE ELETTROLITICA

Qualora nello stesso apparecchio siano usati metalli diversi, occorre prevedere misure atte ad evitare la corrosione elettrolitica.

#### 4 . 1 3 **MANUTENZIONE**

Tenendo conto che gli appoggi strutturali hanno generalmente una vita utile inferiore a quella delle strutture servite, è necessario effettuare controlli e garantire una costante manutenzione degli apparecchi durante la fase di esercizio.

Le operazioni di ispezione, controllo e manutenzione, che non sono oggetto specifico del presente documento, andranno condotte in accordo alla UNI EN 1337-10:2004.

Ogni apparecchio d'appoggio o, se sufficiente, ogni famiglia di appoggi, dovrà essere dotato di un manuale di manutenzione, controfirmato dal Fornitore, in cui il Costruttore indicherà modalità,

tempistica e frequenza degli interventi di controllo e manutenzione (ordinaria e straordinaria). Tale documentazione andrà allegata a partire dalla fase di presentazione del progetto dell'appoggio.

#### **4 . 1 4 TRASPORTO,IMMAGAZZINAMENTO E INSTALLAZIONE**

##### **4 . 1 4 . 1 GENERALITÀ**

Le operazioni di trasporto, immagazzinamento e installazione degli apparecchi d'appoggio strutturali saranno in accordo alla UNI EN 1337-11:1999.

L'imballaggio degli appoggi deve essere accurato, in modo tale da evitare qualsiasi danno durante il trasporto. La movimentazione e l'installazione degli appoggi devono essere eseguite solo da personale qualificato, le cui competenze e qualifiche devono essere documentate.

Gli appoggi devono essere movimentati con cura e protetti da danni e contaminazioni. Se non è possibile movimentarli a mano, si provvederanno attacchi permanenti o temporanei che facilitino il sollevamento con mezzi meccanici.

Se gli appoggi non sono installati nella struttura subito dopo la consegna, devono essere immagazzinati dall'utilizzatore su un apposito supporto, per esempio su assi, coperti da un telo protettivo e ventilati dal basso. L'immagazzinamento temporaneo deve garantire la protezione degli appoggi da inquinamento, da agenti atmosferici avversi (calore, pioggia, neve o grandine) e da contaminazioni o altri effetti negativi dovuti alle lavorazioni e al traffico di cantiere.

##### **4 . 1 4 . 2 DISEGNI DI INSTALLAZIONE**

La posa in opera degli apparecchi d'appoggio deve essere effettuata sulla base di disegni di installazione redatti dall'Impresa. Tali elaborati, da sottoporre alla approvazione della Direzione Lavori almeno un mese prima delle operazioni di posa, dovranno riportare tutti i dati richiesti per l'installazione (dimensioni, quote, inclinazioni, posizionamento planimetrico, tolleranze, qualità del materiale di sigillatura, eventuale prerogative dell'appoggio in funzione della temperatura della struttura).

Gli elaborati dovranno anche riportare le tolleranze di fabbricazione e di montaggio, che dovranno in ogni caso comprendere le informazioni seguenti

Planarità dei piani di posa;

Parallelismo dei piani di interfaccia

Dimensioni delle sedi e predisposizioni

Posizione degli ancoraggi

##### **4 . 1 4 . 3 ISPEZIONE DOPO LA CONSEGNA**

In cantiere, dopo la consegna e prima della posa, occorre controllare e registrare la condizione degli appoggi. Particolare attenzione deve essere data ai punti seguenti:

a) danni visibili, con particolare riferimento alla protezione anticorrosiva.

b) pulizia;

c) sicurezza dei dispositivi di bloccaggio temporanei;

d) conformità ai disegni costruttivi e di installazione;

---

---

- e) marcature sulla superficie superiore dell'appoggio, marcatura degli assi x e y e, se necessario, marcatura della preregolazione sui lati delle piastre superiore ed inferiore dell'appoggio, inoltre identificazione dei punti di misurazione della rotazione e dello scorrimento;
- f) posizione di tutti i dispositivi che servono ad assicurare l'esatto posizionamento ed installazione degli appoggi, se richiesti;
- g) indicatori di spostamento per gli appoggi mobili in direzione longitudinale, se richiesti;
- h) entità e direzione della preregolazione, se richiesta;
- i) possibilità di aggiustamento della preregolazione, se prevista;
- j) immagazzinamento temporaneo in cantiere.

#### 4 . 1 4 . 4    **INSTALLAZIONE**

##### 4 . 1 4 . 4 . 1    GENERALITÀ

Gli appoggi devono essere installati in conformità a tutti i dettagli riportati sui disegni d'installazione e in accordo con le marcature sulla loro superficie superiore (tipo, assi e direzioni dei movimenti consentiti, etc.).

Non è consentito l'uso degli appoggi definitivi per operazioni (movimenti, trasmissione di forze, ecc.) anche se transitorie, legate alla tecnologia di realizzazione dell'opera, salvo specifica procedura approvata dal Progettista, da eseguire sotto la supervisione del Fornitore.

Le superfici sulle quali devono essere posizionati gli apparecchi di appoggio devono essere piane e parallele.

Gli apparecchi di appoggio devono essere posti in opera tra due superfici orizzontali anche in presenza di impalcati in pendenza. È consentita la ripresa di tale pendenza da parte degli appoggi mediante idonea lavorazione di piastre a contatto con l'impalcato.

Gli appoggi devono avere punti di riferimento per consentire la misurazione dei movimenti orizzontali (appoggi mobili) e della rotazione. Gli indicatori di movimento devono avere i limiti estremi di movimento marcati.

All'atto della posa in opera, la corsa disponibile degli appoggi mobili può essere preregolata rispetto alla temperatura media di posa in opera, in modo che l'asse di appoggio risulti, a deformazioni lente esaurite, centrato in condizione di temperatura media. La temperatura approssimativa prevalente nella struttura e, in casi particolari, le variazioni di temperatura in punti diversi nella struttura stessa, sono valutate in accordo alla Appendice A della UNI EN 1337-11:1999.

##### 4 . 1 4 . 4 . 2    POSIZIONAMENTO DEGLI APPOGGI

Di regola, gli appoggi sono installati su uno strato intermedio di malta di sigillatura. Solo gli appoggi di gomma senza piastre d'acciaio esterne possono essere posati direttamente sulla superficie di appoggio che deve essere pulita, asciutta, liscia e piana.

L'ancoraggio può essere affidato, superiormente e inferiormente, a dispositivi di tipo meccanico, in funzione della entità delle forze orizzontali da trasmettere.

Se specificato, devono essere usate viti di regolazione per regolare il posizionamento dell'appoggio. In alternativa possono essere usati cunei o altri strumenti adatti.

In nessun caso si inseriranno elementi rigidi sotto l'appoggio. Ciò può essere evitato togliendo i supporti temporanei quando la malta ha raggiunto la resistenza richiesta.

---

---

L'appoggio può:

- a) essere posato su uno strato bombato di malta plastica consistente in modo tale che l'eccesso di malta possa essere premuto fuori da tutti i lati; oppure
- b) essere sigillato mediante colata o iniezione di malta fluida, assicurando un'adeguata ventilazione. Gli appoggi ancorati con pioli sono generalmente installati con tecniche di colata o iniezione; oppure
- c) essere posato costipando la malta al di sotto di esso. Questo metodo è raccomandato solo quando la lunghezza del lato più corto è minore di 500 mm.

La malta deve essere del tipo a basso ritiro. Se si usano altri materiali, la loro idoneità deve essere provata. Per i tirafondi e la bulloneria di ancoraggio sarà impiegato acciaio ad alta resistenza.

Indipendentemente dal metodo usato, l'appoggio deve poggiare su tutta la sua superficie.

#### 4 . 1 4 . 4 . 3 MONTAGGIO DELLA SOVRASTRUTTURA SULL'APPOGGIO

I componenti strutturali gettati in opera sono generalmente gettati direttamente sugli appoggi successivamente alla loro installazione. Si deve fare attenzione che l'appoggio sia pulito, che siano evitati danni provocati dal calcestruzzo umido e che l'appoggio possa essere sostituito senza difficoltà.

Nel caso di elementi di calcestruzzo prefabbricato o di acciaio si prenderanno opportune misure per assicurarne il contatto uniforme con l'appoggio.

Le dimensioni in pianta delle eventuali contropiastre devono essere maggiori o uguali a quelle dell'elemento a contatto. Nel caso di strutture in c.a. ordinario, realizzate in opera, dopo il posizionamento degli appoggi, è ammesso omettere le contropiastre predisponendo opportuni tirafondi e garantendo, comunque, la sostituibilità degli appoggi.

La solidarizzazione alle strutture metalliche deve avvenire di regola esclusivamente mediante unioni di tipo meccanico.

Il fissaggio mediante saldatura è permesso solo in casi eccezionali e deve essere eseguito solo da personale qualificato. Devono essere prese misure per evitare danni provocati dal calore alle parti sensibili, come quelle di plastica.

Il sistema di protezione anticorrosiva deve essere ripristinato dopo la saldatura, se necessario.

#### 4 . 1 4 . 4 . 4 CORREZIONE DELLA QUOTA

Nel caso in cui occorra correggere la quota, l'operazione deve essere effettuata tramite colata o riempimento con malta fine o materiale simile.

La correzione di quota con l'aiuto di piastre metalliche aggiuntive è permessa solo se le superfici metalliche a contatto sono lavorate meccanicamente e se c'è garanzia che esse rimangano piane fino al completamento dell'installazione. La protezione anticorrosiva va estesa a tali piastre.

La correzione della quota deve essere eseguita solamente da personale qualificato.

#### 4 . 1 4 . 4 . 5 TOLLERANZE DI INSTALLAZIONE

Se una qualsiasi tolleranza d'installazione data nelle varie parti della UNI EN 1337 non è rispettata, occorre valutarne le implicazioni strutturali e concordare adeguati provvedimenti.

---

---

4 . 1 4 . 4 . 6 MALTA DI SIGILLATURA

Lo spessore della malta di sigillatura non armata tra l'appoggio e l'infrastruttura non supererà il minore dei seguenti valori:

50 mm oppure

$0.1 \times \text{area superficie di contatto} / \text{perimetro superficie di contatto} + 1.5 \text{ mm}$

Inoltre lo spessore non deve essere minore di tre volte la dimensione massima dell'inerte.

L'idoneità della malta usata e il metodo di posa devono essere verificati con prove secondo le specifiche di riferimento.

Nel caso di malta cementizia, la superficie di calcestruzzo dell'infrastruttura deve essere saturata con acqua prima dell'installazione per prevenire la disidratazione. Immediatamente prima di colare la malta, qualsiasi residuo di acqua sulla superficie deve essere eliminato.

Quando si usa la malta di resina, le caratteristiche chimiche della resina e il rapporto resina inerti assicurerà una consistenza soddisfacente e un tempo di lavorabilità tale da consentire una corretta installazione con le condizioni del cantiere. Deve essere tenuta in considerazione la durabilità del prodotto in termini di resistenza, indurimento finale e forma.

Se la malta di resina è a diretto contatto con le superfici dell'appoggio, la compatibilità chimica ed il coefficiente di attrito devono essere verificati con prove a meno che non si possano dimostrare precedenti utilizzazioni soddisfacenti in condizioni simili.

4 . 1 4 . 4 . 7 CASSERI PER MALTA DI SIGILLATURA

I casseri non devono essere rimossi fino a che la malta non si sia sufficientemente indurita, ma devono essere rimossi completamente prima che l'appoggio diventi operativo. Non è permessa la rimozione tramite combustione.

4 . 1 4 . 4 . 8 BLOCCAGGI TEMPORANEI

Deve essere assicurato che al momento del collegamento alle strutture, gli appoggi abbiano la configurazione geometrica prevista in progetto. Ogni appoggio che non sia intrinsecamente idoneo a mantenere la configurazione prevista deve essere dotato di un adeguato sistema di bloccaggio temporaneo. Questi sistemi non possono essere utilizzati per la trasmissione di sollecitazioni legate a fenomeni transitori dovuti alla tecnologia utilizzata per la realizzazione dell'opera.

I sistemi di bloccaggio temporaneo devono essere posizionati in modo che sia possibile identificarli e rimuoverli facilmente al termine della loro funzione. Pertanto, tutti gli elementi che li compongono devono essere chiaramente identificabili e distinguibili dall'appoggio e devono essere colorati in modo diverso. I bloccaggi temporanei devono garantire il mantenimento della eventuale prerogativa del dispositivo.

4 . 1 4 . 4 . 9 BLOCCAGGI DI FORZA

Quando sia richiesto dal progetto dell'opera, possono essere utilizzati sistemi di bloccaggio provvisorio di forza allo scopo di assicurare un collegamento di tipo rigido durante la fase di costruzione dell'opera stessa.

Di norma questi sistemi devono essere distinti dall'apparecchio d'appoggio e progettati in base ai dati indicati dal Progettista dell'opera. Nel caso essi debbano essere montati sull'appoggio, solo al momento della rimozione di detti accessori lo stesso acquisterà la sua piena funzionalità.

I bloccaggi di forza devono essere realizzati in modo che possano essere facilmente rimossi o disattivati quando l'appoggio cui sono applicati è posto in opera. A tal fine, tutti gli elementi che li

---

---

compongono devono essere chiaramente identificabili e distinguibili dall'appoggio e devono essere colorati in modo diverso.

In considerazione del previsto comportamento globale dell'opera durante il periodo di utilizzazione dei bloccaggi provvisori di forza, possono essere richiesti a quest'ultimo requisiti prestazionali particolari, quali per esempio:

- possibilità di essere disattivati sotto carico;
- possibilità di essere installati in stato di presollecitazione.

4 . 1 4 . 4 . 1 0 RILASCIO DELLA STRUTTURA SUGLI APPOGGI

Il rilascio della struttura sugli appoggi deve essere fatto conformemente al progetto.

Le travi dovranno essere varate su calaggi e su idonei dispositivi che evitino il contatto accidentale con gli apparecchi d'appoggio e ne permettano un graduale abbassamento.

Qualsiasi vite di regolazione rimarrà in opera fino a che la malta di qualsiasi strato intermedio sia sufficientemente indurita. Successivamente tutti i sostegni provvisori rigidi, i dispositivi di regolazione e di bloccaggio devono essere rimossi prima che l'appoggio diventi pienamente operativo, a meno che le viti di livellamento siano progettate per risultare inattive quando il carico finale viene applicato.

4 . 1 4 . 4 . 1 1 REGISTRAZIONI

Devono essere fatte le registrazioni delle ispezioni eseguite in accordo con il Par. 7 della UNI EN 1337-11:1999 e dei risultati delle stesse sulla traccia del modulo campione riportato nell'Appendice B della UNI EN 1337-11:1999. Deve essere redatta documentazione specifica sugli esiti delle ispezioni effettuate.

Se non concordato altrimenti, si deve tenere una registrazione di:

- a) data e ora dell'installazione;
- b) temperatura della struttura;
- c) regolazione dell'appoggio;
- d) posizione dell'appoggio relativa alla sovrastruttura, infrastruttura ed assi;
- e) condizioni dell'appoggio, inclusa la protezione anticorrosiva;
- f) qualsiasi modifica fatta alla regolazione;
- g) stato dei dispositivi di bloccaggio provvisori;
- h) condizione del piano di appoggio;
- i) prova di idoneità della malta di sigillatura.

La data e l'ora del rilascio della struttura sull'appoggio devono essere registrate e deve essere confermato che le viti dei dispositivi di bloccaggio provvisori sono state allentate o rimosse.

Ad avvenuto indurimento della malta di sigillatura si controllerà che l'appoggio sia nella posizione di progetto, che i dispositivi di bloccaggio provvisorio siano stati rimossi e che i valori dei franchi di scorrimento e di rotazione siano corretti.

---

---

Se appoggi mobili sono stati installati inizialmente come appoggi fissi (punti fissi provvisori), devono essere fatte e registrate ulteriori misure, dopo che i dispositivi di fissaggio sono stati rimossi.

#### 4 . 1 4 . 4 . 1 2 RIFINITURA FINALE

L'appoggio non deve essere ostacolato nel suo funzionamento da qualsiasi rifinitura da effettuarsi in relazione alla protezione anticorrosiva. Esempi da evitare includono la sabbiatura delle superfici scorrevoli esposte e l'inceppamento delle parti mobili per eccesso di vernice.

---

## 5 GIUNTI DI DILATAZIONE

A seconda della luce degli elementi strutturali soggetti a dilatazione, verranno impiegati particolari dispositivi intesi ad assicurare la protezione dei giunti all'uopo predisposti e tali da garantire la perfetta impermeabilità della struttura ed impedire il passaggio delle acque al di sotto della soletta. E' prevista la possibilità di utilizzo di giunti modulari a lamelle o del tipo a binario.

L'Impresa sarà tenuta a fornire, insieme col progetto esecutivo dell'opera d'arte all'esame della Direzione Lavori, i dati tecnici occorrenti per determinare le caratteristiche del giunto.

Tali dati dovranno risultare tenendo conto del calcolo delle deformazioni previste per la struttura ,delle deformazioni viscosi, del ritiro dei calcestruzzi, delle variazioni termiche, dei carichi accidentali, ecc.

I giunti dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 14 gennaio 2008.

Restano a carico dell'Impresa gli oneri di assistenza alla posa in opera, tra i quali in particolare vengono espressamente indicati le seguenti operazioni:

- magazzinaggio e guardiania degli apparecchi fino al loro fissaggio definitivo;
- trasporto in cantiere fino alla posizione di montaggio;
- tutte le predisposizioni necessarie per consentire il collegamento fra gli apparecchi di giunto e le strutture, quali in particolare:
  - l'adattamento dei casseri;
  - le cavità da predisporre nelle strutture per l'ancoraggio di zanche e tirafondi, anche con la predisposizione di armature in attesa;
  - la posa in opera di profilati metallici ed altri manufatti annegati nel calcestruzzo, con le relative zanche di ancoraggio;

qualora la Direzione dei Lavori ritenga, a suo insindacabile giudizio, di consentire il traffico di cantiere o di esercizio, sugli impalcati prima del completamento dei giunti, l'Impresa dovrà provvedere alla sistemazione provvisoria degli stessi, con getti di malta bastarda, con piastre di protezione e quant'altro ordinato dalla Direzione Lavori.

Tutte le suddette predisposizioni dovranno essere verificate dalla Direzione dei Lavori, che avrà facoltà di prescrivere la rettifica e l'adattamento.

L'Impresa dovrà tener conto, nei propri programmi di lavori, dei tempi necessari per le operazioni di fornitura e montaggio degli apparecchi di giunto oltre che per tutte le predisposizioni sopraindicate.

---



---

---

## **6 DISPOSITIVI PER LO SMALTIMENTO DELLE ACQUE DAGLI IMPALCATI DELLE OPERE D'ARTE**

Tali dispositivi verranno eseguiti dall'Impresa in conformità alle indicazioni di progetto esecutivo ed alle disposizioni della Direzione Lavori.

Detti dispositivi dovranno rispondere a quanto prescritto dal D.M. del Ministero dei LL.PP. in data 14 gennaio 2008.

---

---

## **7 SOTTOVIA**

I sottovia da realizzare al di sotto del tracciato stradale in progetto dovranno essere realizzati in c.a. e come tali rispondere ai requisiti già esposti nella Sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

---

---

## **8 SPECIFICA DI CONTROLLO**

### **8 . 1 DISPOSIZIONI GENERALI**

La seguente specifica si applica ai vari tipi di ponti viadotti e sottovia ricadenti all'interno dell'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

- Le opere in oggetto sono costituite da:
  - manufatti realizzati in conglomerato cementizio, posti in opera in particolari condizioni e con accorgimenti peculiari;
  - opere finite accessorie (pali, pozzi di fondazione; etc.);
- manufatti realizzati in strutture metalliche particolare e/o specifici di questo tipo di realizzazioni.

Per i controlli di alcune classi di lavoro, si farà riferimento alle corrispondenti sezioni del presente Capitolato, per le lavorazioni, i materiali, le parti d'impianto, la posa in opera, non compresi nelle specifiche di cui sopra si farà riferimento ad integrazione delle citate specifiche, alle prescrizioni contenute nei successivi paragrafi.

---

---

## **9 SPALLE, PILE, IMPALCATI.**

Per quanto riguarda i controlli per la loro realizzazione, in opera e fuori opera si dovrà fare riferimento alla specifica "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

---

---

---

---

## 1 0 IMPALCATI E OPERE ACCESSORIE E COMPLEMENTARI IN ACCIAIO

Questa tipologia di opere comprende sia le strutture portanti che i bulloni e i chiodi necessari per l'accoppiamento delle varie parti.

---

---

## 1 1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le opere in oggetto si utilizzeranno tutti i materiali Indicati nelle specifiche di progetto, e nel Capitolato di Costruzione.

Questi materiali debbono soddisfare i requisiti richiesti nella "Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 14/01/08, nonché quanto indicato nei corrispondenti punti della presente sezione.

L'Impresa deve quindi provvedere all'approvvigionamento dei suddetti materiali presso fornitori qualificati ed in grado di fornire gli stessi in accordo alle norme e specifiche sopra citate.

I materiali forniti debbono essere corredati dalla apposita certificazione richiesta nelle norme citate, o da certificati di prove di laboratorio sui lotti di materiale fornito, in alternativa ai precedenti, come di seguito dettagliato.

---

---

## 1 2 CONTROLLI SUI MATERIALI

Il controllo della rispondenza dei materiali alle prescrizioni del contratto è demandato al fornitore.

All'atto della ricezione dei materiali in cantiere, si dovrà verificare che siano corredati di tutta la certificazione richiesta dal presente Capitolato e dalla normativa di legge.

I materiali debbono infatti pervenire dal fornitore accompagnati dalla loro certificazione di qualità in accordo alle prescrizioni del D.M. 14/01/08 ed alle norme UNI qui di seguito citate:

a) profilati, piatti, larghi piatti e lamiere: per questi materiali, destinati alla costruzione di pezzi saldati, ogni lotto di fornitura deve essere corredato da certificazione della composizione chimica e delle prove meccaniche richieste nel Capitolato e nelle norme:

- UNI EN 10025-1:2005- per le caratteristiche meccaniche e di disossidazione;
- UNI EN 10160:2001 per il controllo ultrasonoro.

b) materiali vari per elementi non saldati: lamiere strigliate; grigliati.

La certificazione accompagnatoria di ogni lotto deve essere conforme alla Norma UNI EN 10025-1:2005

c) bulloneria: ogni lotto deve essere accompagnato da certificazione in accordo alle norme:

- UNI 3740-1-1:2011 e UNI EN 10083:2006, per le prove di controllo dimensionale, durezza (HRC), carico di rottura, snervamento;
- UNI 3740-1-1:2011 per la resilienza, che, calcolata in accordo alla suddetta norma dovrà essere superiore a 30 J a 20 °C.

Le prove non distruttive saranno eseguite su un campione pari al 5% del lotto sottoposto a collaudo.

- Le prove distruttive saranno effettuate su un campione pari al 1 % del lotto.

La frequenza delle prove per i materiali in acciaio sarà la seguente:

prodotti qualificati secondo D.M. 14/01/08, 3 serie di prove ogni 60 t, provenienti da una stessa colata;

---

---

- prodotti non qualificati: prove ultrasoniche lungo la superficie dei pezzi oltre alle prove meccaniche e chimiche in accordo alle norme, da eseguire in ragione di 3 serie per ogni 20 t, provenienti dalla stessa colata.

Per tutti gli altri materiali il numero di prove da seguire è quello fissato dalle norme citate.

La certificazione dei controlli sui materiali farà parte della documentazione da consegnare alla DL.

## 12.1 CONTROLLI IN COSTRUZIONE PER IMPALCATI

### 12.1.1 CONTROLLI PRELIMINARI ALL'INIZIO DELLE LAVORAZIONI

- L'Impresa deve, sulla base del progetto e delle prescrizioni tecniche sulla lavorazione ed il montaggio:
  - redigere un piano di lavorazione sulla base del progetto esecutivo e del Capitolato di Costruzione,
  - definire, per le travate a maglie triangolari, le modalità di assemblaggio del cassone;
- definire, per le stesse travate, le modalità di protezione del fondo del cassone.

Il tutto verrà inviato alla D.L. per approvazione, allegando la suddetta documentazione.

Dopo le suddette positive verifiche la D.L. darà il suo benestare all'inizio delle lavorazioni.

### 12.1.2 CONTROLLI IN FASE DI COSTRUZIONE

I controlli in fase di costruzione sono dei tipi seguenti:

#### Controlli dimensionali e di posizionamento

Questo tipo di controllo deve essere eseguito prima di ogni fase di lavoro che preveda lavorazioni o messa in opera di profilati, lamiere e ogni altro tipo di componente come specificato nei disegni di progetto.

#### **Controlli sulle saldature**

L'esecuzione delle saldature dovrà essere progettata, programmata ed effettuata in accordo alla seguente normativa:

- Norme tecniche del D.M. 14/01/2008;
- Legge 1086 del 5/11/1971.

Il piano di controllo delle saldature dovrà rispettare le specifiche del presente Capitolato e del progettista, e potrà seguire le seguenti indicazioni:

- piena per travi principali di altezza ridotta, le saldature di testa dovranno essere verificate al 100 %;
- longitudinali di testa nella lamiera di fondo del cassone;  
trasversali di testa nella lamiera di fondo del cassone e nelle relative nervature longitudinali, se realizzate in corrispondenza delle travi trasversali sottostanti;
- conci terminali di travi a parete piena a via inferiore, qualora sia prevista una riduzione di altezza delle stesse in prossimità degli appoggi;

#### **Controllo sul serraggio dei bulloni**

Il controllo dei nodi imbullonati avverrà con le seguenti modalità:

- Si marcherà dado e vite del bullone serrato per identificare la loro posizione rispetto al coprigiunto;
- Si allenterà il dado con una rotazione di almeno 60°;
- Si rinserrerà il dado verificando che l'applicazione della coppia prescritta lo riporti nella posizione originaria.

Si verificherà con la procedura sopra descritta che la coppia di serraggio di almeno il 10 % dei bulloni del giunto sia corretta (con un minimo di quattro bulloni per unione bullonata), scegliendo i bulloni da verificare in modo da interessare in maniera regolare tutta l'estensione del giunto stesso.

Nel caso in cui anche un solo bullone del giunto fosse mal serrato, si dovrà procedere a ricontrollare tutti i bulloni.

Prima delle prove di carico si dovrà procedere, dopo preventiva comunicazione alla D.L., alla ripresa delle coppie di serraggio per tutti i bulloni della struttura.

### **Controlli sulle chiodature**

Si effettueranno i controlli prescritti dalla normativa vigente, con la stessa frequenza e modalità indicate per il serraggio dei bulloni.

#### Controllo delle frecce d'inflessione e corretta posa in opera dei manufatti.

Alcuni tipi di travatura potranno essere costruite con controfrecce di montaggio.

Le frecce in oggetto dovranno essere controllate per ogni trave posta in opera e registrate su apposito registro.

#### Controllo sui rivestimenti e verniciature

Il controllore dovrà verificare visivamente lo stato generale delle verniciature e prendere di conseguenza le opportune azioni per il ripristino delle stesse.

### **12 . 1 . 3 CONTROLLI IN FASE DI ASSEMBLAGGIO E POSA IN OPERA**

#### **12 . 1 . 3 . 1 IMPALCATI IN C.A.P.**

L'Impresa deve preparare il "Piano di sollevamento/varo" dell'impalcato, con l'elencazione delle caratteristiche e tipologia delle attrezzature da impiegare.

Questo Piano operativo sarà presentato alla D.L. per approvazione.

Dopo l'approvazione e prima della fase di montaggio dell'impalcato, l'Impresa dovrà dare comunicazione alla D.L. della data di inizio dei lavori.

#### **12 . 1 . 3 . 2 PILE PER VIADOTTI**

Per quanto riguarda i controlli per la loro realizzazione, in opera e fuori opera si dovrà fare riferimento alla specifica "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

---

---

## **13 APPARECCHI DI APPOGGIO**

Premesso che gli apparecchi di appoggio ed i coprigiunti dovranno essere del tipo omologato ed approvato dalla committente, la presente procedura di controllo fa' riferimento alla documentazione di tipo contrattuale nonché a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.

### **13 . 1 CONTROLLI SULLE FORNITURE E SUI MATERIALI**

#### **13 . 1 . 1 CONTROLLI DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO**

Di controllare, in sede di posa in opera, che ogni apparecchio fornito sia dotato della documentazione di verifica e controllo del produttore.

---

---

**13.1.1.1 CONTROLLI DELLA POSA IN OPERA DEGLI APPARECCHI D'APPOGGIO**

La posa in opera avverrà secondo le indicazioni riportate al punto 4.6 della presente Sezione.

- Le verifiche di posa in opera, saranno effettuate dall'Impresa, in contraddittorio con la DL, per ogni lotto di appoggi relativi ad una singola opera d'arte.  
I controlli riguarderanno, oltre a quanto riportato nel predetto punto:  
verifica dell'esistenza del disegno di posa in opera;
- verifica del posizionamento dell'apparecchio, in conformità al disegno di posa;
- planarità delle superfici di appoggio, in modo che i piani di scorrimento degli appoggi siano orizzontali;
- parallelismo dei piani di scorrimento, nel caso in cui sullo stesso asse di appoggio vi siano più apparecchi mobili;
- verifica della pre-regolazione della corsa.

**SEZ. 11 "IMPERMEABILIZZAZIONE DI MANUFATTI IN CLS"****1 GENERALITA'**

Ove i disegni di progetto lo prevedano si provvederà alla impermeabilizzazione dell'estradosso di manufatti in conglomerato cementizio, interrati e non, quali le volta delle gallerie artificiali, ponti e viadotti, sottovia ecc.

Tale impermeabilizzazione verrà effettuata mediante:

- membrane elastiche continue in materiale sintetico;
- guaine bituminose;
- membrane elastiche;
- cappa di mastice di asfalto sintetico;
- guaine bituminose preformate ed armate;
- bitume modificato con elastomeri ed armato;
- vernici bicomponenti in catrame e resine epossidiche.

Gli strati impermeabilizzanti, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere progettati ed eseguiti in modo da avere:

- elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno alla stesa dello strato impermeabilizzante;
- deformabilità, nel senso che il materiale dovrà seguire le deformazioni della struttura senza fessurarsi o distaccarsi dal supporto, mantenendo praticamente inalterate tutte le caratteristiche di impermeabilità e di resistenza meccanica;
- resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione. In particolare dovrà tenersi conto della presenza in soluzione dei cloruri impiegati per uso antigelo;

- durabilità, nel senso che il materiale impermeabilizzante dovrà conservare le sue proprietà per una durata non inferiore a quella della pavimentazione, tenuto conto dell'eventuale effetto di fatica per la ripetizione dei carichi;
- compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (pavimentazione);
- altre caratteristiche che si richiedono sono quelle della facilità di posa in opera nelle più svariate condizioni climatiche e della possibilità di un'agevole riparazione locale.

Le caratteristiche dell'impermeabilizzazione devono conservarsi inalterate:

- tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di  $-10^{\circ}$  e  $+60^{\circ}$  C;
- sotto l'azione degli sbalzi termici e sforzi meccanici che si possono verificare all'atto della stesa delle pavimentazioni o di altri strati superiori.

Tutti i materiali per impermeabilizzazioni dovranno rispondere ai requisiti prescritti dalle rispettive Norme di accettazione.

Strutture sovrastanti strati impermeabili dovranno essere eseguite dopo il perfetto consolidamento degli strati stessi.

L'esecuzione delle impermeabilizzazioni di qualsiasi genere dovrà essere eseguita con la massima accuratezza, specialmente in prossimità di fori, passaggi, canne, ecc.; il convogliamento di acque meteoriche ai pluviali sarà assicurato mediante idonei pezzi speciali fissati a livello della soletta in calcestruzzo mediante l'impiego di stucchi epossidici al manto impermeabile e muniti di griglia parafoglie. L'impermeabilizzazione dovrà interessare anche le zone dei bocchettoni di scarico delle acque superficiali, ricoprendoli nell'area dei risvolti.

Eventuali perdite che si manifestassero, sino a collaudo eseguito, dovranno essere sanate ed eliminate dal Contraente Generale, a suo totale carico, compreso ogni lavoro di ripristino delle eventuali sovrastrutture.

Particolare cura dovrà essere posta nella preparazione delle superfici da impermeabilizzare; dovranno avere adeguate pendenze per un regolare sgrondo delle acque e presentarsi asciutte, sane, regolari, perfettamente pulite, esenti da olii, grassi, polveri e prive di residui di boiaccia o di malta cementizia per assicurare una buona adesione del manto impermeabilizzante. La pulizia sarà ottenuta mediante lavaggio con getti d'acqua in pressione per l'adeguato asporto delle parti incoerenti seguito da una energica soffiatura con aria compressa.

La posa in opera di tutte le impermeabilizzazioni dovrà essere preceduta dalla preparazione della superficie, affinché il supporto sia libero da detriti ed altre irregolarità che possano arrecare danni per punzonamento al manto impermeabile, e comprenderà:

- eliminazione di eventuali asperità, dislivelli, grumi ed imperfezioni in genere mediante bocciardatura, spinta anche a fondo;
- stuccatura di eventuali lesioni o vespai;
- pulizia mediante lavaggio con acqua in pressione.

---

---

## **2 MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE REALIZZATO CON MEMBRANA ELASTICA CONTINUA IN MATERIALE SINTETICO EPOSSIPOLIURETANICO SPRUZZATA IN OPERA**

La superficie in calcestruzzo da trattare dovrà risultare priva di prodotti disarmanti, come residui di boiaccia, di eventuali residui di impermeabilizzazione preesistente ed altro. A questo fine la superficie dovrà essere sabbiata e/o bocciardata, come pure quando siano stati eseguiti precedenti interventi di ripristino con l'impiego di betoncini o calcestruzzi reoplastici a ritiro compensato. A

---

---

questi interventi preparatori dovrà seguire una accurata pulizia delle superfici interessate anche mediante idro lavaggi (preferibilmente in periodi caldi o asciutti) e conseguente energica soffiatura con aria compressa.

### **2 . 1 PRIMER DI ADESIONE**

Il primer di adesione dovrà essere costituito da base epossidica ed induritore poliaminoalifatico con solventi, per un residuo secco non inferiore al 60% in peso.

### **2 . 2 MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE SINTETICA ELASTICA CONTINUA SPRUZZATA IN OPERA**

La membrana impermeabilizzante elastica continua dovrà essere costituita da un copolimero epossipoliuretano con presenza attiva di un terzo polimero elastomerico. Il prodotto deve polimerizzare entro le 24 h dal termine della stesa alle condizioni di temperatura  $T \geq 278$  K.

Il materiale applicato dovrà, a polimerizzazione avvenuta, avere le seguenti caratteristiche chimicofisiche:

- Densità relativa (riferita al prodotto A + B polimerizzato):  $1,15 \pm 0,05$  kg/dm<sup>2</sup> (UNI 89-1970).
- Durezza superficiale:  $90 \pm 5$  Shore "A" (UNI EN ISO 868:2005).
- Resistenza a sollecitazione per trazione: minimo 6 Mpa (UNI EN 12311-1:2002)
- Allungamento percentuale a trazione: minimo 80% (UNI EN 12311-1:2002)
- Elasticità: massimo 15% (verificata come deformazione residua a trazione) (UNI EN 12311-1:2002)
- Resistenza alle basse temperature: integrità per avvolgimento su mandrino cilindrico fino a  $T = 253$  K (UNI EN 1109:2013)

Adesione al supporto cementizio: m.mmo 3 Mpa e per valori inferiori purché risulti una rottura coesiva del supporto (riferito alla superficie di prova)almeno pari al 60% della superficie (ASTM 2197-68).

### **2 . 3 MANO D'ATTACCO PER IL COLLEGAMENTO DELLA MEMBRANA CON LA PAVIMENTAZIONE**

La mano d'attacco tra membrana e pavimentazione dovrà essere costituita da un bitume modificato con polimeri SBS-R da spruzzare a caldo ( $T \geq 180^{\circ}\text{C}$ ) in ragione di circa 0,8 kg/m<sup>2</sup>.

### **2 . 4 MODALITA' DI APPLICAZIONE**

Si provvederà al fine di garantire una perfetta adesione tra membrana e supporto alla stesa del "primer" applicato mediante spruzzo "airless" e con adeguata apparecchiatura, in quantità comprese tra 0,20 e 0,25 kg/m<sup>2</sup>.

Tale stesa si dovrà estendere a tutta la superficie interna dei cordoli ed anche sulla superficie orizzontale degli stessi, qualora essi non siano già stati protetti con guaine bituminose per effettuare il montaggio dei parapetti New Jersey prima dell'impermeabilizzazione dell'impalcato.

Sulla superficie così pretrattata si dovrà procedere all'applicazione della membrana epossipoliuretano elastomerica mediante idonee apparecchiature automontate ed automatiche che garantiscano, oltre che potenzialità di lavoro adeguata, il controllo dei quantitativi di stesa.

La realizzazione della membrana dovrà essere fatta mediante l'applicazione di un quantitativo di prodotto medio di 2,9 +3,1 kg/m<sup>2</sup> (spessore secco 2,5 mm) tale da garantire una elevata protezione

---

---

all'azione delle acque meteoriche e degli agenti aggressivi in soluzione (sali fondenti antigelo). La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

La posa in opera dell'intero ciclo impermeabilizzante non verrà effettuata quando, le condizioni meteorologiche saranno tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 5°C.

Non prima di 12 h dal termine della stesa della membrana impermeabile, nel caso di temperature  $\geq 5^\circ\text{C}$ , dovrà seguire l'accurata ed uniforme applicazione della mano di attacco e di collegamento alla pavimentazione nella quantità di  $0,8 \text{ kg/m}^2$ .

Detto materiale dovrà essere spruzzato anche sulla parte verticale interna dei cordoli che sarà coperta dalla pavimentazione.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 Mpa in permeometro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

---

---

### 3 GUAINA BITUMINOSE

I materiali da usare e le modalità di messa in opera saranno i seguenti:

- pulizia delle superfici: sarà sufficiente una buona pulizia con aria compressa e l'esportazione delle asperità più grosse eventualmente presenti, sigillature e riprese dei calcestruzzi non saranno necessarie; la superfici dovranno essere asciutte;
- primer: sarà dello stesso tipo descritto in precedenza e potrà essere dato anche a spruzzo, ad esso seguirà la stesa di circa  $0,5 \text{ Kg/m}^2$ ;
- tipo di guaina: sarà preformata, di spessore complessivo pari a 4 mm, l'armatura dovrà avere peso non inferiore a  $250 \text{ g/m}^2$  e resistenza non inferiore a 1000-1200 N/5cm, ed una flessibilità a freddo a  $-10^\circ\text{C}$ , i giunti tra le guaine dovranno avere sovrapposizioni di almeno 5 cm e dovranno essere accuratamente sigillati con la fiamma e spatola meccanica;
- resistenza a punzonamento della guaina o dell'armatura (modalità  $A_1$  o  $G_a$ ): non inferiore a 10 Kg;
- resistenza a trazione (modalità  $G_{2L}$  e  $G_{2T}$ ): 8 Kg/ cm.

La massima cura dovrà essere seguita nella sistemazione delle parti terminali della guaina in modo da impedire infiltrazioni d'acqua al di sotto del manto; la Direzione dei Lavori potrà richiedere l'uso di maggiori quantità di massa bituminosa da spandere sul primer per una fascia almeno di 1 metro in corrispondenza di questi punti, o altri accorgimenti analoghi per assicurare la tenuta.

Una certa attenzione dovrà essere osservata nella fase di rinterro, evitando di usare a diretto contatto della guaina rocce spigolose di grosse dimensioni.

#### 3 . 1 PROVE DI ACCETTAZIONE

Le prove da eseguire sulle guaine impermeabili riguarderanno sia il prodotto in fornitura che il prodotto applicato. Le prove sul prodotto in fornitura consisteranno un una serie di prove di caratterizzazione del prodotto stesso, mentre le prove sul prodotto applicato consisteranno in una prova di adesione al supporto, preventivamente trattato con primer.

##### 3 . 1 . 1 PROVE TECNOLOGICHE DI CARATTERIZZAZIONE

Le prove di caratterizzazione da effettuare e le relative norme di riferimento saranno le seguenti:

- resistenza a trazione longitudinale e trasversale UNI 8202/8



---



---

- allungamento a rottura	UNI 8202/8
- stabilità di forma a caldo	UNI 8202/18
- flessibilità a freddo	UNI 8202/15
- impermeabilità all'acqua	UNI 8202/21
- massa aerica	UNI 8202/7
- stabilità dimensionale a caldo	UNI 8202/17
- lunghezza	UNI 8202/3
- larghezza	UNI 8202/4
- spessore	UNI 8206/6
- resistenza alla lacerazione	UNI 8202/9
- resistenza al punzonamento statico	UNI 8202/11
- temperatura di rammollimento	ASTM D36
- resistenza all'ozono	UNI 8202/38

I risultati delle prove tecnologiche dovranno essere conformi alle caratteristiche delle guaine innanzi riportate. Le prove verranno eseguite sotto il controllo della DL che provvederà, a sua discrezione, ai prelievi in corso d'opera dei campioni da inviare in laboratorio.

- |                                                           |                         |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|
| - Resistenza alla lacerazione longitudinale e trasversale | >= 100 N;               |
| - Resistenza al punzonamento statico                      | >= 250 N;               |
| - Temperatura di rammollimento                            | >= 100°C                |
| - Resistenza all'ozono                                    | assenza di screpolature |

### 3.1.2 PROVE FUNZIONALI

Le prove funzionali da eseguire consisteranno in prove di strappo delle guaine bituminose già poste in opera.

Dette prove dovranno essere condotte in presenza del personale della D.L. e consisteranno nell'incollaggio sulle guaine bituminose di alcuni piastrini metallici circolari, di diametro 100 mm e nel tiro di detti piastrini con apposita apparecchiatura in grado di fornire la tensione di tiro.

Il numero di piastrini da applicare è il seguente:

- 4 piastrini ogni 5000 metri quadri di guaina posta in opera

Le prove dovranno svilupparsi conducendo le seguenti operazioni:

- Sabbatura dei piastrini a metallo bianco;
- Incollaggio dei piastrini sulle guaine con apposito collante in grado di sopportare le tensioni di tiro richieste;
- Taglio delle guaine intorno alla circonferenza dei piastrini dopo la completa essiccazione del collante;
- Tiro dei piastrini con azione perpendicolare alla superficie incollata.

Il valore medio della tensione ricavata per ogni opera dovrà essere superiore a 0.1 MPa, con valori minimi su ogni singolo provino non inferiori a 0.08 MPa.

Qualora il distacco dei piastrini dovesse avvenire per cedimento del collante, la prova dovrà essere ripetuta a meno che il valore, al momento del cedimento, sia superiore a 0.08 MPa.

Al termine della prova le zone dove è avvenuto il distacco della guaina incollata ai piastrini dovranno essere opportunamente ripristinate.

---



---

---

---

#### 4 MEMBRANE ELASTICHE

La posa in opera delle membrane verrà preceduta dalla preparazione delle superfici di calcestruzzo da progettare, consistente in una accurata pulizia con aria compressa delle superfici.

La stuccatura di lesioni o vespai e/o l'asportazione di creste di calcestruzzo sarà decisa di volta in volta dalla Direzione Lavori.

Dopo aver posizionato a secco le singole membrane, curandone l'esatta sovrapposizione nei punti di giunzione, le stesse verranno riavvolte per procedere all'impregnazione del sottofondo con appositi adesivi. Le superfici da incollare comprenderanno l'intera superficie da coprire o parte di essa (zone delle sovrapposizioni, sommità del manufatto, punti in cui è possibile l'infiltrazione dell'acqua, ecc.) e la scelta verrà di volta in volta effettuata dalla Direzione dei Lavori.

Steso l'adesivo si srotoleranno le membrane esercitando sulle stesse la pressione necessaria per ottenere il collegamento al supporto.

Le giunzioni verranno sigillate mediante processo di vulcanizzazione da ottenersi con aria calda prodotta con appositi cannelli elettrici.

Le zone così saldate dovranno essere poi pressate con rullino. In alcuni casi (posizioni della giunzione critica nei confronti delle infiltrazioni) la Direzione Lavori potrà richiedere la doppia saldatura.

I risvolti finali delle membrane dovranno essere realizzati in modo da non permettere infiltrazioni di acqua; termineranno quindi o in scanalature da sigillare con mastici elastici, oppure verranno ricoperti con profili metallici non ossidabili da inchiodare al supporto.

Le caratteristiche delle membrane dovranno essere le seguenti:

- peso compreso tra 1 e 1,5 Kg/m<sup>2</sup>;
- resistenza alla trazione (ASTM - D 412) a temperatura ambiente, 70 Kg/m<sup>2</sup>;
- resistenza agli agenti ossidanti (ozono), 12 ore in atmosfera pari a 50 mg/m<sup>2</sup> senza formazione di microfessure o altre alterazioni.

Per proteggere la guaina in PVC, questa viene interposta tra 2 strati protettivi in tessuto non tessuto, formando un'impermeabilizzazione posizionata all'estradosso del rivestimento. L'intero pacchetto, in particolare, verrà posto in corrispondenza di calotta e piedritti e poi risvoltato alla base dei piedritti per contenere lo strato di materiale arido drenante secondo le indicazioni progettuali. Uno dei due strati di geotessuto verrà risvoltato in modo da separare completamente il materiale drenante dal materiale di riporto.

Sul rivestimento di prima fase, dovrà essere steso uno strato di geotessuto, con le caratteristiche riportate in Tabella 1, come strato di compensazione con funzione antipunzonamento.

##### Tabella 1

- tessuto non tessuto a fibra lunga ( $\geq 60$  mm) di polipropilene puro coesionato per agugliatura o legamento doppio
  - massa volumica unitaria  $\geq 400$  g/m<sup>2</sup> (Rit. CNR-BU n.110)
  - spessore: a 2 KPa  $\geq 3.0$  mm (Rit. CNR-BU n.111)
  - a 200 KPa  $\geq 1.9$  mm (Rit. CNR-BU n.111)
  - resistenza a trazione media su striscia di 20 cm  $\geq 24$  KN/m (Rit. CNR-BU n.142)
  - allungamento percentuale alla rottura  $\geq 80\%$  (Rit. CNR-BU n.142)
  - resistenza alla lacerazione  $\geq 1.4$  KN (Rit. CNR-BU n.143)
  - resistenza al punzonamento  $\geq 4.0$  KN (Rit. UNI 8279/14)
- 
-

- permeabilità radiale all'acqua : a 2 KPa  $\geq 0.3$  cm/sec. (Rif. UNI 8279/13)
- : a 200 KPa  $\geq 0.03$  cm/sec. (Rif. UNI 8279/13)

#### 4 . 1 PROVE DI ACCETTAZIONE

Le prove da eseguire sulle guaine impermeabili riguarderanno sia il prodotto in fornitura che il prodotto applicato. Le prove sul prodotto in fornitura consisteranno in una serie di prove di caratterizzazione del prodotto stesso, mentre le prove sul prodotto applicato consisteranno in una prova di adesione al supporto, preventivamente trattato con primer.

##### 4 . 1 . 1 PROVE TECNOLOGICHE DI CARATTERIZZAZIONE

Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sui campioni inviati in laboratorio o sui materiali in cantiere.

Qualora anche una sola delle prove dia esito negativo la guaina sarà rifiutata e la partita dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

Le prove elencate necessarie alla qualificazione delle guaine, potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali effettivamente messi in opera. Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sul campione inviato o ricostituito in laboratorio, o sui materiali in cantiere.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8202/Parte 1.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatte le caratteristiche prestazionali riportate nei punti precedenti.

Qualora anche da una sola delle prove risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'Impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

Nel caso di materiali già posti in opera, l'Impresa dovrà sospendere la lavorazione e procedere a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

##### 4 . 1 . 2 PROVE FUNZIONALI

La guaina dovrà presentarsi ben distesa, senza pieghe e parti in tensione.

La tenuta dei giunti dovrà essere verificata con aria alla pressione di 0,4 bar; l'eventuale perdita di pressione dopo 15÷20 min non dovrà superare 0,1 bar.

Le prove di tenuta dei giunti dovranno essere effettuate in ragione di almeno una prova ogni dieci giunti o frazione di dieci e ciascuna prova dovrà essere verbalizzata.

Nel caso che qualche prova dia esito negativo, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, al rifacimento delle saldature difettose, eventualmente anche con sostituzione delle guaine compromesse, mentre la Direzione Lavori potrà ordinare che vengano sottoposti a prove tutti i giunti senza che per questo l'Impresa stessa possa reclamare alcun compenso.

---

---

## 5 CAPPA DI MASTICE DI ASFALTO SINTETICO PER MANUFATTI IN C.A.P.

### 5 . 1 MATERIALI

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte verrà realizzata mediante applicazione per colata di cappa di mastice di asfalto sintetico di spessore finito non inferiore a 10 mm.

Il mastice d'asfalto dovrà avere la seguente composizione:

---

---

**Legante:**

dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 e Trinidad Epureè o tipo similare, in rapporto di 5 a 2 in peso.

In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della Direzione Lavori, altri bitumi naturali (quali il Selenitza) o gomme termoplastiche, del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione.

Il legante sarà dosato in ragione del 15% - 19% in peso sulla miscela degli aggregati (corrispondenti al 13% - 16% in peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel filler asphaltico.

Il bitume 40/50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra  $-0,1 < IP < +0,1$  calcolato secondo la formula:

$$IP = \frac{20u - 500v}{u + 50v}$$

in cui:

v =  $\log 800 - \log$  penetrazione a 298 K;

u = temperatura di P. e A. in K detratti 298 K;

**Filler:**

dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 UNI (ASTM n 80) e per il 90% al setaccio UNI 0,075 (ASTM n 200 granulometria da effettuare per via umida) contenuto per il 30-35% in peso sulla miscela degli aggregati.

Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela di bitume 40/50 e filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di almeno 15 K superiore a quello del bitume puro;

**Sabbia:**

dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 UNI, pulita ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben graduata da 0,075 a 2,5 mm (sarà tollerato al massimo un 5% in peso passante al setaccio 0,075 UNI), contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela degli aggregati;

**Miscela finale:**

la parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (V) compresa tra il 18 ed il 23%.

Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre una eccedenza compresa tra il 5% ed il 7% ( $V_b - V = 5 - 7$  in cui  $V_b$ , è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale).

Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle Norme sopra esposte, dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova WILHELMI (Norma DIN 1966) compreso tra 373 e 388 K.

Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa dovrà presentare valori compresi tra 373 e 403 K.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie nonché campioni del rapporto finito e dei materiali componenti compresi i primer di attacco, in modo che su di essi possano essere effettuate preventivamente tutte le prove previste nelle presenti Norme.

Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale e comunque rientranti in tutti i limiti espressi in precedenza.

La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo e uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm.

Dovrà avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

## 5 . 2 MODALITA' DI APPLICAZIONE

Le superfici di conglomerato cementizio da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane e asciutte, esenti da oli, grassi e polvere, prive di residui di boiaccia (o di malta cementizia): prima dell'applicazione del mastice si dovrà procedere pertanto ad una accurata pulizia dell'impalcato, mediante spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa.

Eventuali punti singolari dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici.

Seguirà la stesa di un idoneo primer che potrà essere costituito, da emulsione bituminosa al 50-55% o da soluzione di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P.e A. 358-363 K), in opportuni solventi selettivi additivati di miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo dell'evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Le quantità da stendere saranno di 0,5-0,7 Kg/m<sup>2</sup> nel primo caso e di 0,35-0,50 Kg/m<sup>2</sup> nel secondo.

Sul primer verrà posto in opera, dopo evaporizzazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto sintetico, mediante colamento del materiale a temperatura' di 473 K ( $\pm 10$  K); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con frattazzi di legno.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori.

La posa in opera del mastice non verrà effettuata quando le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 275 K.

Il mastice asfaltico dovrà essere steso, per quanto possibile, in uno strato regolare e di spessore costante.

Sulla parete interna dei cordoli dovrà essere applicata a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una guaina bituminosa preformata dello spessore di 4-5 mm, avente i requisiti di cui al paragrafo dedicato alle guaine bituminose preformate armate, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso non inferiore a 250 g/m<sup>2</sup>

La guaina dovrà essere risvoltata per almeno 25 cm rispettivamente sulla cappa di mastice di asfalto e sul coronamento di cordolo. In corrispondenza al punto d'incontro soletta-coronamento sarà curata la sede di appoggio della guaina come da dettagli indicati nel punto successivo.

In alternativa al sistema con le guaine potrà essere usato un cordone preformato in mastice bituminoso del tipo TOK-BAND a sezione rettangolare, da far aderire con fiamma in corrispondenza al punto d'incontro soletta-coronamento e che si sciogla con il calore stesso dell'impermeabilizzazione.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali dovranno essere fissati a livello della soletta in conglomerato cementizio con degli stucchi epossidici ed il mastice di asfalto dovrà giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei conglomerati cementizi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato bituminoso, a contatto del manto impermeabile, all'atto della stesa, sia almeno di 413 K in modo da ottenere la sigillatura di eventuali fori presenti nello strato di mastice d'asfalto.

---

---

### 5 . 3 MODALITA' DI PREPARAZIONE DEL MASTICE DI ASFALTO SINTETICO

La confezione del mastice di asfalto colato verrà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Direzione Lavori, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire. Tassativamente si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie deve essere fatto a peso.

Per ottenere degli impasti perfettamente omogenei, potrà essere eseguita una delle seguenti procedure, a seconda del tipo di impianto a disposizione:

**Procedura 1:**

- a) premiscelazione degli aggregati, compreso il filler, a temperatura di 483-503 K;
- b) aggiunta del bitume nella corretta percentuale, anche esso preventivamente portato alla temperatura di 423-433 K;
- c) mescolazione dell'impasto per almeno 5 min;
- d) scarico dell'impasto in una apposita caldaia (cooker) coibentata, munita di sistema di riscaldamento e di apposito agitatore;
- e) mescolazione dell'impasto nella caldaia, per un tempo non inferiore a 30 min, alla temperatura di 473-483 K onde ottenere l'intima miscela del bitume col filler.

**Procedura 2:**

- a) introduzione nella caldaia del filler e del bitume, dosati separatamente a peso, e miscelazione alla temperatura di 473 K per almeno 30 min, fino ad ottenere l'intima miscelazione del bitume col filler;
- b) aggiunta delle sabbie preventivamente asciugate e riscaldate e mescolamento a temperatura di 473-483 K, fino ad ottenere un impasto perfettamente omogeneo ed uniforme.

La procedura da adottare sarà scelta subordinatamente alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori, in ambedue i metodi di confezionamento occorre che le apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.

Qualora la confezione non venga fatta sul luogo della messa in opera, il trasporto del mastice verrà effettuato con caldaie mobili (bonze), munite anch'esse di agitatore meccanico e apposito impianto di riscaldamento.

---

---

## 6 GUAINES BITUMINOSE PREFORMATE ARMATE PER MANUFATTI IN C.A.P.

L'impermeabilizzazione dovrà essere realizzata con guaine bituminose preformate, armate con geotessile non tessuto in poliestere, aventi le caratteristiche riportate nel seguito.

### 6 . 1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E PROVE DI ACCETTAZIONE

L'Impresa dovrà sottoporre preliminarmente alla Direzione Lavori i campioni delle guaine che intende adottare e dei materiali componenti per essere sottoposti, a cura e spese della stessa, alle prove di idoneità che saranno richieste dalla Direzione Lavori.

Qualora dalle prove di cui sopra non risultassero le caratteristiche indicate nel seguito, i materiali saranno rifiutati e l'impresa dovrà allontanarli a sua cura e spese.

---

---

**6 . 1 . 1 PRIMER DI ADESIONE AL SUPPORTO**

Il primer di adesione alle superfici in conglomerato cementizio sarà costituito da soluzioni in opportuni solventi selettivi di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P. e A. 358-363 K); sarà additivato con miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo della evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed una sua elevata penetrazione nella soletta.

Il primer dovrà essere steso soltanto mediante spazzoloni, su superfici asciutte, prive di residui di lavorazione, oli grassi e polveri, o rese tali. La percentuale di bitume e butadiene presenti nel primer all'atto della stesa sarà compresa tra il 25 ed il 50% in relazione alle condizioni della soletta. La quantità del primer messo in opera sarà compresa tra 350-500 g/m<sup>2</sup>.

Le caratteristiche tecniche del primer dovranno essere rispondenti a quanto esposto qui di seguito:

- L'adesione al calcestruzzo non dovrà risultare inferiore a 0,2 MPa misurati in senso perpendicolare a quest'ultima (prova di trazione) a velocità di deformazione costante di 1,27 mm/min e temperatura di 293 K ( $\pm 5$  K).
- La viscosità, misurata in "tazza" FORD 4 a 298 K, dovrà essere compresa tra 20 e 25 s (primer con 50% di residuo secco).

La messa in opera delle guaine dovrà essere effettuata solo dopo completa evaporazione del solvente. Il tempo di essiccazione a 20° con umidità relativa pari al 65% sarà pari a circa 3 ore.

**6 . 1 . 2 MASSA BITUMINOSA DELLA GUAINA**

Sarà costituita indicativamente da bitume leggermente Polimerizzato, in quantità non superiore al 70% in peso della massa costituente il legante, mescolato con copolimeri di butilene e propilene con opportuni agenti stabilizzanti della dispersione degli elastomeri nel bitume.

Potranno in alternativa essere usati altri tipi di elastomeri e plastomeri purché compatibili con il bitume e con le temperature di fabbricazione e messa in opera.

Dovrà essere escluso l'uso di ogni tipo di carica minerale.

La massa bituminosa costituente la guaina dovrà rispondere alle caratteristiche riportate di seguito:

- punto di rammollimento P.e A.:  $\geq 423$  K;
- punto di rottura Frass: 258 K;
- massa volumica del compound  $< 1,00$  kg/dm<sup>3</sup>
- penetrabilità DOW a 298 K (con peso 100 g a 299 K): 20 - 30 dmm.

La non rispondenza a quanto sopra comporterà il rifiuto delle guaine.

**6 . 1 . 3 ARMATURA DELLE GUAINA**

Sarà costituita da geotessile non tessuto ottenuto da fibre di poliestere a filo continuo coesionato mediante agugliatura ed avente le caratteristiche riportate nel punto 2.6.5 della sezione "movimenti terra" del presente Capitolato.

Saranno ammesse anche guaine con armatura mista in geotessile non tessuto in poliestere e rete o velo in fibra di vetro (o altro materiale non putrescibile).

Dalle prove di qualificazione, da effettuarsi secondo il disposto del richiamato punto, dovranno risultare i seguenti valori:

- peso (UNI 5114:1982)  $> 250$  g/m<sup>2</sup>
- resistenza a trazione su striscia di cm 5 (UNI EN 29073-3:1993 E UNI EN ISO 13934-1:2013)  $\geq 18$  kN/m
- allungamento (UNI 8939:1987)  $> 60\%$

- lacerazione (UNI EN 29073-4:1993)  $\geq 0,5$  kN
- punzonamento (UNI 8279/14:1985)  $\geq 3$  bar
- inalterabilità all'azione anche prolungato di sali, alcali, acidi, idrocarburi e microorganismi
- perfetta adesione ed impregnabilità con la massa bituminosa

## 6 . 2 GUAINA PREFORMATA

Le guaine impermeabili preformate dovranno avere l'armatura in posizione asimmetrica rispetto alla massa bituminosa (posta a 0,5 mm dalla superficie superiore a contatto con il conglomerato bituminoso della pavimentazione).

Le guaine dovranno essere sottoposte preliminarmente a prove dalle quali dovrà risultare la rispondenza ai requisiti sottoelencati:

- massa areica (UNI EN 1849-1:2002 e dalla UNI EN 1849-2:2002):
  - guaina di spessore non minore di 5 mm  $> 5,300$  kg
    - guaina di spessore non minore di 4 mm  $\geq 4,300$  kg
- resistenza a trazione (UNI EN 12311-1:2002 e dalla UNI EN 12311-2:2013):
  - longitudinale  $\geq 18$  kN/m
  - trasversale  $> 16$  kN/m
  - allungamento a rottura  $\geq 50\%$
- resistenza alla lacerazione (UNI EN 12311-1:2002 e dalla UNI EN 12311-2:2013):
  - longitudinale 0,16 kN
  - trasversale 0,17 kN
- punzonamento statico (UNI EN 12730:2015):
- classe di resistenza/carico sopportato su sfera  $\varnothing 10$  mm
  - su supporto rigido Ps4  $> 25$  kg
  - su supporto non rigido Ps4/  $> 25$  kg
- flessibilità a freddo su mandrino (UNI EN 1109:2013 e dalla UNI EN 495-5:2013) 253 K
- scorrimento a 343 K (UNI EN 1110:2011)  $< 1$  mm
- impermeabilità all'acqua (UNI EN 1928:2002)  $> 100$  kPa
- stabilità di forma a caldo (UNI 8202/28:1984)  $\geq 140$  °C
- resistenza all'ozono (UNI 8202/28:1984) nessuna screpolatura dopo la prova

Tali prove dovranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere. Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sui campioni inviati in laboratorio o sui materiali in cantiere.

Qualora anche una sola delle prove dia esito negativo la guaina sarà rifiutata e la partita dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

Le prove elencate necessarie alla qualificazione delle guaine, potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali effettivamente messi in opera.

Il prelievo dei tasselli per l'esecuzione delle prove verrà effettuato su zone scelte a caso sul campione inviato o ricostituito in laboratorio, o sui materiali in cantiere.

## 6 . 3 MODALITA' DI POSA IN OPERA E PROVE SUL PRODOTTO FINITO

Per le modalità di preparazione delle solette e per le sistemazioni in corrispondenza dei coronamenti valgono le prescrizioni dei precedenti punti.



Le guaine saranno incollate, previa fusione con fiamma, al primer steso in precedenza, curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.

I teli saranno posati con sormonto di 10 cm longitudinalmente e 15 cm trasversalmente, saldati a fiamma di gas propano al piano di posa e quindi risvoltati verso l'alto sui cordoli ed incollati a fiamma sulle parti verticali e/o orizzontali per una lunghezza di almeno 15 cm misurata a partire dalla pavimentazione carrabile. Il lembo esterno della guaina sarà infine saldato al cls a mezzo di mastice bituminoso.

In corrispondenza del punto d'incontro soletta-cordolo sarà curata la sede di appoggio della guaina creando un cordone d'angolo in cls o in malta di lato pari a 5,00 cm.

Ad insindacabile giudizio della D.L., verrà adottato uno dei metodi di posa in opera di seguito descritti:

**metodo di posa n° 1:**

da adottare indicativamente nel caso di solette lisce, regolari, ben asciutte e stagionate.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm e larghezza minima di 1,00 m, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso di 250 g/m<sup>2</sup>, verrà posta in opera direttamente sul primer di attacco alla soletta;

**metodo di posa n° 2:**

da adottare indicativamente nel caso di solette con superfici sciolari o irregolari e/o umide o ancora non perfettamente stagionate.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm e di larghezza minima di 1,00 m, armata con geotessile non tessuto in poliestere, del peso di 250 g/m<sup>2</sup> verrà posta in opera previa spalmatura, sul primer di attacco alla soletta, di 1,00 kg/m<sup>2</sup> di materiale bituminoso avente le stesse caratteristiche di quello formante la guaina.

In ambedue i casi descritti lo spessore del manto finito sarà dell'ordine dei 5 mm e la sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 MPa in permeometro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

---

---

## **7 MANTO DI IMPERMEABILIZZAZIONE CONTINUO REALIZZATO IN OPERA CON BITUME MODIFICATO CON ELASTOMERI ED ARMATO CON TESSUTO NON TESSUTO**

### **7.1 MATERIALI**

Il manto impermeabile continuo sarà costituito dai seguenti materiali:

-Primer, dovrà essere impiegato bitume con modifica tipo "soft" spruzzato a caldo a temperature non inferiori a 453K ( $\pm 10$  K), le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso).

-Legante, sarà costituito da doppio strato di bitume modificato con polimeri di tipo C, le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso). Il primo strato sarà sottoposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 2,00mm in alcun punto. Il secondo strato sarà sovrapposto all'armatura e dovrà avere spessore non inferiore a 1,00mm in alcun punto.

---

---

-Armatura, sarà costituita da tessuto non tessuto in poliestere o polipropilene coesionato mediante agugliatura meccanica, calandrato e stabilizzato ai raggi uv. Non è ammesso in nessun caso tessuto non tessuto realizzato da cascami o da fiocco.

Le caratteristiche del geotessile dovranno essere:

- Peso del tessuto non tessuto;  $\geq 200 \text{ g/m}^2$ ;
- Resistenza alla rottura per trazione e allungamento a rottura, a 293 K non inferiore a 400 N (ASTM-D 1682);
- Perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose descritte in precedenza.
- I sormonti dell'armatura saranno non inferiori a 15,00cm.

## 7.2 MODALITA' ESECUTIVE

Si provvederà al fine di garantire una perfetta adesione tra manto impermeabile e supporto, alla stesa del primer applicato mediante spruzzo "airless" e con adeguata apparecchiatura.

Sulla superficie così pretrattata verrà realizzato il manto impermeabile costituito da una armatura di tessuto non tessuto così applicato sulla mano di legante steso in precedenza, nella quantità minima di  $1,0 \div 1,5 \text{ kg/m}^2$ , curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.

Successivamente, dopo la stesa del tessuto non tessuto, verrà applicata una seconda mano di legante. La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato) e dovrà risultare impermeabile dopo la stesa e la compattazione su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 MPa in permeometro, a 333 K, per 5 h, anche nelle eventuali zone di giunto.

---

---

## 8 VERNICI BICOMPONENTI IN CATRAME E RESINE EPOSSIDICHE

Sistema protettivo a base di vernici reattive bicomponenti a base di una combinazione di catrame, carbon fossile, resine epossidiche e sostanze minerali di impalcato in acciaio a piastra ortotropa.

### 8.1 PIANIFICAZIONE

Prima di iniziare i lavori sul campo, l'Impresa è tenuta a redigere una serie di documenti che costituiranno il supporto tecnico per l'esecuzione del lavoro.

Tali documenti avranno i seguenti contenuti:

#### MATERIALI

Verrà prodotta una lista dei materiali da impiegare per l'esecuzione delle varie lavorazioni. Tale lista sarà integrata dalle relative schede tecniche per materiali da acquistare confezionati e sottoposti ad approvazione da parte del direttore dei lavori.

#### ATTREZZATURE

Verrà prodotta una lista delle attrezzature che l'Impresa intenderà introdurre ed utilizzare nel cantiere per la realizzazione del lavoro per ogni sua fase, ne verranno indicate le marche, la condizione, ed i tempi di reperibilità dei pezzi di ricambio.

---

---

### ORGANIZZAZIONE

Verrà presentato un dettagliato modus operandi per l'esecuzione del lavoro nelle sue varie fasi, con riferimento alla composizione delle squadre, alla produttività delle macchine, alle condizioni di lavoro in relazione alle caratteristiche climatiche ed ambientali, ed ai tempi di produzione, trasporto, lavorazione o messa in opera dei materiali.

### CONROLLO QUALITA'

Verrà instaurato un sistema di controllo qualità che fornirà elementi in merito a:

Procedure di qualificazione materiali.

Procedure operative

Procedure d'ispezione

Procedure di rintracciabilità

Al termine di tutti questi adempimenti verrà redatto un programma lavori che tenga presente le condizioni di installazione e funzionalità del cantiere, modus operandi, rate di produzione, avanzamenti.

## **8 . 2 ELEMENTI PROTETTIVI DALLA CORROSIONE DELL'IMPALCATO**

Sistema protettivo a base di vernici reattive bicomponenti a base di una combinazione di catrame, carbon fossile, resine epossidiche e sostanze minerali di impalcati in acciaio a piastra ortotropa previa preparazione della superficie dell'impalcato.

Il sistema protettivo deve garantire:

- Impermeabilità all'acqua sotto tutte le condizioni, tanto per la piastra, quanto per tutti i suoi angoli, i suoi bordi, gli elementi che lo delimitano ed i particolari che lo compongono.
- Stabilità meccanica sotto lo sforzo dei carichi del traffico sia per azioni di compressione, che taglianti, tanto in curva che in condizioni di arresto o di accelerazione dei veicoli.
- Resistenza alla formazione di fessure o di stratificazioni e distacchi in generale dovuti tanto all'azione del traffico quanto al movimento degli strati sottostanti o dal supporto.
- Mantenimento delle proprietà di impermeabilità e meccaniche in condizioni di carico di esercizio del traffico, delle azioni degli agenti atmosferici, di agenti chimici ed in particolare delle sostanze anticongelanti ed altri fattori deleteri in generale .
- Compatibilità tra i vari costituenti e con i materiali con i quali gli elementi dell'impermeabilizzazione e della pavimentazione vengono a contatto.
- Resistenza a carichi teorici o meccanici di ogni strato durante l'applicazione dello strato successivo.

Le specifiche che seguono vanno dunque considerate come requisiti minimi da soddisfare, ma l'accettazione finale contrattuale del lavoro dipenderà dall'aver conseguito o meno i requisiti sopra menzionati.

## **8 . 3 MATERIALI**

### GRANIGLIA METALLICA

Verrà impiegata per la granigliatura della superficie. Sarà di tipo spigoloso la granulometria verrà stabilita mediante prove sul campo in maniera tale da conseguire il profilo di rugosità prescritto per l'applicazione dei primers.

---

---

### ABRASIVO MINERALE

Verrà impiegato per le eventuali operazioni di sabbiatura di quei particolari non eseguibili con granigliatrici meccaniche, avrà granulometria da stabilire mediante prove sul campo in maniera tale da conseguire il profilo di rugosità prescritto per l'applicazione dei primers. Sarà del tipo consentito dalle vigenti normative ed indicazioni tecniche di sicurezza contro il rischio da silicosi.

### IMPERMEABILIZZANTE

Vernice epossicatrame in solvente per protezione antiacida di superfici in acciaio resistente all'acqua dolce e salata, agli acidi ed alcali diluiti, ai sali neutri, agli oli minerali e combustibili, agli oli grassi, ai detersivi ecc. e resistente alle seguenti temperature: fino a 100° di calore secco e fino a 60° di calore umido (anche acqua calda).

## **8 . 4 ESECUZIONE DEL LAVORO**

### **a) PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE**

La tecnica da prediligere è la granigliatura mediante macchine granigliatrici a turbina con aspirazione e filtraggio automatico delle polveri.

Il grado di sabbiatura dovrà essere Sa 2,5 secondo ISO 8501 e DIN 55928 sul 100% della superficie. Aree minori (meno di 100 cm<sup>2</sup>) potranno essere accettate solamente se ammonteranno complessivamente a meno del 5% della superficie totale lavorata per ogni rata di produzione.

Particolare attenzione verrà dedicata alla granigliatura dei cordoni di saldatura tra le lamiere.

La sabbiatura mediante sabbiatrici ad aria compressa deve avvenire su aree contenute.

La superficie trattata deve presentarsi rugosa.

Prima della granigliatura si dovrà procedere alle operazioni di pulizia e sgrassaggio della superficie.

Le condizioni ambientali saranno tali da mantenere la temperatura del supporto superiore a 0° C e comunque conforme al criterio del dew-point con scarto di 3° C. L'umidità relativa non potrà superare l'80% altrimenti le operazioni di granigliatura non potranno avere inizio. In presenza di condizioni ambientali avverse sarà possibile il ricorso a strutture di riparo mobili, (capannoni mobili), che permettano di ricostituire i parametri ambientali ideali alla esecuzione dei lavori. Il ricorso a tali strutture di riparo non costituirà onere aggiuntivo per la committenza. I tempi di mantenimento del supporto sabbiato saranno dettati dalle schede tecniche del produttore. Particolari procedure verranno sviluppate dall'Impresa in merito all'accettazione della superficie ed a una risabbiatura di superfici già sabbiate.

### **b) APPLICAZIONE DI IMPERMEABILIZZANTE**

L'impermeabilizzante deve essere applicato a spruzzo airless praticabile con spruzzatori con una pressione di 150 bar, ugelli con foro di 0.66 mm, angolo di spruzzo di 80°. Si applicheranno due mani di vernice secondo le prescrizioni della casa fornitrice per quanto riguarda preparazione del prodotto, miscelazione dei componenti, temperature e tempi di applicazione, tempo di attesa tra le mani.

Particolari procedure verranno redatte per stabilire le modalità delle riparazioni e della accettazione della superficie.

L'impermeabilizzante steso non deve venire danneggiato dal traffico o da qualsiasi fattore prima di essere ricoperto da sabbia e dallo strato di pavimentazione bituminosa particolare attenzione dovrà essere rivolta ad evitare perdite di olio o di qualsiasi altro possibile solvente del bitume.

---

---

---

---

## 9 SPECIFICHE DI CONTROLLO

Prima di procedere alle operazioni di posa in opera delle impermeabilizzazioni, l'Impresa dovrà presentare alla D.L. la documentazione relativa alle certificazioni delle prove di prequalifica, in accordo a quanto indicato nel presente articolo.

La documentazione dovrà essere trasmessa alla D.L. prima della messa in opera dell'impermeabilizzazione.

---

---

### 10 PROVE DI ACCETTAZIONE

Tali prove saranno effettuate in sede di prequalifica, e durante la posa in opera per ogni 5000 m<sup>2</sup> di manto realizzato. Tali prove potranno essere ripetute ad ogni richiesta della Direzione Lavori sui materiali approvvigionati in cantiere.

---

---

### 11 CONTROLLI SULLA POSA IN OPERA

Durante le fasi di posa in opera, che avverrà secondo le indicazioni riportate nel presente articolo, si dovranno effettuare i controlli indicati nei precedenti paragrafi, nonché dei controlli di seguito riportati.

#### A) Manti realizzati in opera

- verifica delle condizioni ambientali;
- verifica della pulizia delle superfici di applicazione;
- verifica della omogeneità di distribuzione del mastice;
- verifica delle certificazioni, di cui al corrispondente punto per i materiali impiegati;
- verifica degli spessori;
- verifica della miscela alla composizione prevista.

#### B) Manti in guaine preformate

- verifica delle condizioni ambientali;
- verifica della pulizia e regolarizzazione delle superfici delle superfici di applicazione;
- verifica della omogeneità di distribuzione del primer;
- verifica delle certificazioni, di cui al corrispondente punto per i materiali impiegati;
- verifica degli spessori.

Al fine di verificare la corretta adesione della guaina al cls, la Direzione Lavori potrà ordinare, prove di adesione eseguite sul manto impermeabile prima della formazione della pavimentazione. Le prove saranno effettuate in presenza della DL.

Le prove saranno eseguite in ragione di almeno una piastrina metallica di diametro compreso tra 5,00 e 10,00 cm ogni 5000 metri quadri di materiale posto in opera.

Le piastrine saranno incollate in punti scelti dalla DL ubicati su un reticolo cartesiano di lato non inferiore a 200cm. L'adesione delle piastrine al manto sarà ottenuta a mezzo di resine epossidiche, previa accurata pulizia del manto e sabbiatura della piastrina. Il manto sarà tagliato lungo la circonferenza delle piastrine dopo la presa del collante e prima dell'esecuzione della prova.

La prova avrà esito positivo se:

- ogni punto di prova avrà adesioni superiori a 0,08 MPa
- 
-

- il valor medio di tutte le prove dovrà essere superiore a 0,10 MPa.

In caso di fallimento della prova sarà richiesto di ripetere una seconda prova. Se anche la seconda prova risultasse non superata si procederà alla demolizione e rifacimento dell'impermeabilizzazione. Al termine della prova le aree distaccate dovranno essere ripristinate con colata di asfalto fino all'estradosso del manto e successivamente con un rappezzo di guaina 40x40cm applicata a caldo. Le prove e gli eventuali ripristini e demolizioni della impermeabilizzazione, nonché i ripristini della impermeabilizzazione sottoposta a test, saranno a cura ed onere dell'Impresa.

---

---

## 1 2 WATER-STOP

### 1 2 . 1 CORDOLI IDROESPANSIVI

Le riprese di getto delle gallerie saranno sigillate mediante water-stop idroespansivo di dimensioni 20x10mm costituito da neoprene e resina espansiva con rivestimento ritardante. In particolare:

- nelle gallerie naturali i water-stop idroespansivi verranno inseriti lungo la ripresa di getto delle murette e in corrispondenza della ripresa di getto dell'arco rovescio, così come indicato negli elaborati di progetto;
- nelle gallerie artificiali i water-stop idro espansivi verranno inseriti tra i successivi conci di getto lungo tutta la superficie delle riprese di getto.

Il water-stop idroespansivo dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- $g \geq 1,30 \text{ g/cm}^3$
- durezza A-SHORE  $\geq 40$
- resistenza a trazione  $\geq 0,25 \text{ KN/cm}^2$
- allungamento  $\geq 500\%$
- espansione a contatto con l'acqua sino a tre volte il suo volume originale senza modifiche delle sue caratteristiche di tenuta.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego.

Le prove dovranno essere effettuate presso laboratori a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego. Altre tipologie di cordoli idroespansivi eventualmente previste in progetto (del tipo bentonitico ad esempio o simili) dovranno essere preventivamente approvate dal progettista e dalla direzione lavori in base alle caratteristiche desunte dalle schede tecniche.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI EN 13416:2003.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i requisiti sopra elencati.

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

Nel caso di materiali già posti in opera, l'impresa dovrà sospendere la lavorazione e procedere, a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

### 1 2 . 2 WATER-STOP IN GOMMA

Verranno utilizzati water-stop in gomma sigillando le riprese di getto di norma nei seguenti casi:

- tra rivestimento definitivo del concio d'attacco della galleria naturale e rivestimento della galleria artificiale;
  - nelle gallerie artificiali tra concio di imbocco e concio di sezione corrente;
- 
-

- nelle gallerie artificiali tra due conci di sezione corrente alle progressive indicate sugli elaborati di progetto.

Il water-stop in gomma dovrà possedere caratteristiche di impermeabilità, elasticità, resistenza alle azioni aggressive delle soluzioni alcaline acide, resistenza all'invecchiamento. Il water-stop dovrà possedere le seguenti caratteristiche:

- $g \geq 1,26 \text{ g/cm}^3$
- durezza A-SHORE  $\geq 73$
- resistenza a trazione  $\geq 1,75 \text{ KN/cm}^2$
- allungamento = 350%
- flessibilità a freddo =  $-30^\circ$
- dimensioni: larghezza 24 cm, spessore 4 mm.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego.

Le prove dovranno essere effettuate presso laboratori qualificati a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI EN 13416:2003.

Dalle prove dovranno risultare soddisfatti i requisiti sopra elencati.

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

Nel caso di materiali già posti in opera, l'impresa dovrà sospendere la lavorazione e procedere, a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

---

---

---

---

**SEZ. 13 "PAVIMENTAZIONI"**

---

---

**1 GENERALITÀ**

In linea generale la sagoma stradale per tratti in rettilineo sarà costituita da due falde inclinate in senso opposto aventi pendenza trasversale del 2.5%, raccordate in asse da un arco di cerchio avente tangente di m 0.50.

Alle banchine sarà assegnata la pendenza trasversale del 2.5 %.

Per le sedi unidirezionali delle autostrade, nei tratti in rettilineo, si adotterà di norma la pendenza trasversale del 2.5%.

Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con la pendenza prevista da progetto in funzione del raggio di curvatura e con gli opportuni tronchi di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella dei rettifili o altre curve precedenti e seguenti.

Il tipo e lo spessore dei vari strati, costituenti la sovrastruttura, saranno quelli stabiliti, per ciascun tratto, dal progetto, in base ai risultati delle indagini geotecniche e di laboratorio eseguite.

I materiali, le terre, impiegati nella realizzazione della sovrastruttura, nonché la loro provenienza dovranno soddisfare le prescrizioni riportate in questa sezione.

In cantiere dovranno essere attrezzati dei laboratori, con personale qualificato, nei quali eseguire le prove di routine per l'identificazione delle richieste caratteristiche.

L'approvazione della DL circa i materiali, le attrezzature, i metodi di lavorazione, non solleva l'Impresa dalla responsabilità circa la riuscita del lavoro.

L'Impresa dovrà curare di garantire la costanza della massa, nel tempo, delle caratteristiche delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura resa in opera.

Salvo che non sia diversamente imposto dai punti seguenti, la superficie finita della pavimentazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto più di 1,5 cm, controllata a mezzo di un regolo lungo 4.50 m disposto secondo due direzioni ortogonali, è ammessa una tolleranza in più o in meno del 3%, rispetto agli spessori di progetto, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

La pavimentazione stradale sui ponti deve sottrarre all'usura ed alla diretta azione del traffico l'estradosso del ponte e gli strati di impermeabilizzazione su di esso disposti.

Allo scopo di evitare frequenti rifacimenti, particolarmente onerosi sul ponte, tutta la pavimentazione, compresi i giunti e le altre opere accessorie, deve essere eseguita con materiali della migliore qualità e con la massima cura esecutiva.

Di norma la pavimentazione stradale sul ponte deve essere tale da non introdurre apprezzabili variazioni di continuità rispetto alla strada nella quale il ponte è inserito.

Pertanto, in linea di massima, nel caso di sovrastrutture di tipo "flessibile", salvo casi particolari, sul ponte devono proseguire gli strati superiori di pavimentazione in conglomerato bituminoso. L'anzidetta pavimentazione deve presentare pendenza trasversale minima non inferiore al 2%.

Il conglomerato bituminoso deve presentare una percentuale di vuoti particolarmente bassa onde ridurre i pericoli di permeazione e saturazione d'acqua nella pavimentazione, facilitate dalla presenza della sottostante impermeabilizzazione, aventi idonee caratteristiche tecniche costruttive.

---

---



---



---

## 2 STRATI DI FONDAZIONE

### 2.1 FONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULOMETRICAMENTE STABILIZZATO

La fondazione è costituita da miscele di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tali miscele (trattenuto al setaccio 2 UNI) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori. La fondazione potrà essere formata da materiale idoneo pronto all'impiego oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione o in sito. Lo spessore della fondazione sarà conforme alle indicazioni di progetto e/o dalla Direzione Lavori, e verrà realizzato mediante sovrapposizione di strati successivi.

#### 2.1.1 FONDAZIONE ESEGUITA CON MATERIALE PROVENIENTE DA CAVA, DA SCAVI O DA DEPOSITI

Il materiale da impiegare, dopo l'eventuale correzione e miscelazione in impianto fisso, dovrà rispondere alle caratteristiche seguenti:

- a) dimensioni non superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie Passante crivelli e setacci UNI	totale in peso %
crivello 71	100
crivello 40	75 - 100
crivello 25	60 - 87
crivello 10	35 - 67
crivello 5	25 - 55
setaccio 2	15 - 40
setaccio 0,4	7 - 22
setaccio 0,075	2 - 10

- c) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- d) perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097 p.2) eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;

e) equivalente in sabbia (CNR 27 – 1972) misurato sulla frazione passante al setaccio n 4 compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà essere eseguito anche sul materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia -65- potrà essere variato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25-35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR (CNR – UNI EN 13286-47:2012) di cui al successivo comma.

f) indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47:2012) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50. E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a), b), d), e), salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 – 35;

g) Prova di costipamento delle terre, con energia AASHO modificata (CNR B.U. n° 69 – 1978).

---



---

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, mediante prove di laboratorio sui campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori a tempo opportuno, prima dell'inizio delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà indicare per iscritto il tipo di lavorazione che intende adottare ed il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno accertati dalla Direzione Lavori con controlli sia preliminari che in corso d'opera.

In quest'ultimo caso verrà prelevato il materiale in sito già miscelato, prima e dopo il costipamento. Per il materiale proveniente da cave l'impresa dovrà indicare le fonti di approvvigionamento e la Direzione Lavori si riserva di accertarne i requisiti di accettazione mediante controlli sia in cava che in corso d'opera con le modalità sopra specificate. Il materiale, qualora la Direzione Lavori ne accerti la non rispondenza anche ad una sola delle caratteristiche richieste, non potrà essere impiegato nella lavorazione e se la stessa Direzione Lavori riterrà, a suo insindacabile giudizio, che non possa essere reso idoneo mediante opportuni interventi correttivi da effettuare a cura e spese dell'Impresa, dovrà essere allontanato dal cantiere.

#### 2.1.1.1 MODALITÀ ESECUTIVE

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza previsti in progetto ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore compreso tra 20 e 30 cm e dovrà presentarsi, dopo il 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.

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 verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento per ogni cantiere, verranno accertate dalla Direzione 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 sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (CNR 69 - 1978) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al crivello 25 (AASHTO T 180-57 metodo D). Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di mm 25, la densità ottenuta verrà corretta in base alla formula:

$$d_r = \frac{d_i P_c (100 - x)}{100 (P_c - x) d_i}$$

Dove:

- $d_r$  = densità della miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm, da paragonare a quello AASHTO modificata determinata in laboratorio;
- $d_i$  = densità della miscela intera;

-  $P_c$  = Peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

-  $X$  = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a mm 35, compresa tra il 25% e il 40%. In tal caso nella stessa formula, al termine  $x$  dovrà essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso trattenuto al crivello UNI 25 mm).

Il valore del modulo di deformazione (CNR B.U. n° 146 del 1992) nell'intervallo compreso fra 0,15 - 0,25 MPa non dovrà essere inferiore a 80 MPa.

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 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.

## 2.2 FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO

Il misto cementato per fondazione o per base sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume o realizzato in situ mediante apposito treno di lavoro, da stendersi in unico strato dello spessore indicato in progetto e comunque non dovrà mai avere uno spessore finito superiore ai 20 cm o inferiore ai 10 cm.

### 2.2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

#### Inerti

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30% ed il 60% in peso sul totale degli aggregati.

La Direzione Lavori potrà autorizzare l'impiego di quantità di materiale frantumato superiore al limite stabilito, in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a sette giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio 0,75 mm.

Gli inerti dovranno avere i seguenti requisiti:

a) dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;

b) granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR B.U. n° 29 - 1972):

Serie Passante crivelli e setacci UNI % totale in peso

crivello 40	100
crivello 25	65 - 100
crivello 15	45 - 78
crivello 10	35 - 68
crivello 5	23 - 53
setaccio 2	14 - 40
setaccio 0,4	6 - 23

---

---

setaccio 0,18

2 - 15

perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097 p.2) non superiore al 30% in peso; equivalente in sabbia (CNR B.U. n° 27 – 1972) compreso fra 30 - 60; indice di plasticità (CNR UNI 10014) non determinabile (materiale non plastico).

#### **Legante**

Dovrà essere impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'alto forno).

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2, 5% ed il 3,5% sul peso degli aggregati asciutti.

E' possibile sostituire parzialmente il cemento con cenere di carbone del tipo leggero di recente produzione: orientativamente le ceneri leggere possono sostituire fino al 40% del peso indicato di cemento.

La quantità in peso di ceneri da aggiungere per ottenere pari caratteristiche meccaniche scaturirà da apposite prove di laboratorio da effettuare a cura dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori.

Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

#### **Acqua**

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva.

La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (CNR 69 – 1978) con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate di seguito.

### **2 . 2 . 2 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO**

L'Impresa dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, dovranno essere stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi CBR (UNI EN 13286-47:2012) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm<sup>3</sup>); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di 17,78 cm.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

La miscela verrà costipata su 5 strati, con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato, con 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51+0,5 mm, peso pestello 4,535+0,005 Kg, altezza di caduta 45,7 cm).

---

---

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 293 K); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello 25) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini dovranno avere resistenza a compressione a 7 giorni non minore di 2,5 MPa e non superiore a 4,5 MPa, ed a trazione secondo la prova "brasiliana" (CNR 97 - 1984), non inferiore a 0,25 MPa.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7,5 MPa (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di  $\pm 15\%$ , altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze da confrontare con quelle di progetto e da usare come riferimento nelle prove di controllo.

### 2 . 2 . 3 MODALITÀ ESECUTIVE

#### **Confezione delle miscele**

Le miscele dovranno essere confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La dosatura degli aggregati dovrà essere effettuata sulla base di almeno 4 classi con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

La zona destinata all'ammannimento degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

#### **Posa in opera**

La miscela dovrà essere stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate nell'ordine con le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t;
- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 bar e carico di almeno 18 t.

Potranno essere impiegati in alternativa, previo benestare della Direzione Lavori, rulli misti vibranti-gommati rispondenti alle caratteristiche di cui sopra.

In ogni caso l'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento dovranno essere verificate preliminarmente dalla Direzione Lavori su una stesa sperimentale delle miscele messe a punto.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0° e superiori a 35° e mai sotto la pioggia.

In questo caso però sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezionamento al luogo di impiego (ad esempio con teloni), sarà inoltre necessario provvedere ad un abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato.

Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15° e 18° ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa dell'ambiente non scenda al di sotto del 15% in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 h per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali, che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola stessa al momento della ripresa della stesa; se non si fa uso della tavola, sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo da ottenere una parete verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

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.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

#### **Protezione superficiale**

Appena completati il costipamento e la rifinitura superficiale dello strato, dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55%, in ragione di 1,0-2,0 kg/m<sup>2</sup>, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà essere sottoposta la fondazione, con successivo spargimento di sabbia.

#### **Requisiti di accettazione**

Le caratteristiche granulometriche delle miscele, potranno avere una tolleranza di  $\pm 5$  punti % fino al passante al crivello n°5 e di  $\pm 2$  punti % per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

Qualora le tolleranze di cui sopra vengano superate, la lavorazione dovrà essere sospesa e l'Impresa dovrà adottare a sua cura e spese quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

La densità in sito, 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 sito 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, ciò potrà essere ottenuto con l'applicazione della formula di trasformazione di cui al punto 2.1.1.1 della presente sezione, oppure 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 sistemazione di questi elementi nel cavo dovrà essere effettuata con cura, elemento per elemento per evitare la formazione di cavità durante la misurazione del volume del cavo stesso.

Il valore del modulo di deformazione (CNR- 146 – 1992), al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,15-0,25 MPa, in un tempo compreso fra 3-12 h 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 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 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La frequenza del controllo sarà quella ordinata dalla Direzione Lavori.

---

---

### **3 STRATO DI BASE**

#### **3.1 GENERALITÀ**

Lo strato di base è costituito da un misto granulare di frantumato, ghiaia, sabbia ed eventuale additivo (secondo le definizioni riportate nell'art. 1 delle Norme C.N.R. sui materiali stradali - fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), normalmente dello spessore di 15 cm, impastato con bitume a caldo, previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, vibranti gommati e metallici.

Lo spessore della base è prescritto nei tipi di progetto, salvo diverse indicazioni della Direzione dei Lavori.

#### **3.2 INERTI**

I requisiti di accettazione degli inerti impiegati nei conglomerati bituminosi per lo strato di base dovranno essere conformi alle prescrizioni contenute nella norma UNI EN 13043:2013.

L'aggregato grosso sarà costituito da frantumati (nella misura che di volta in volta sarà stabilita a giudizio della Direzione Lavori e che comunque non potrà essere inferiore al 30% della miscela degli inerti) e da ghiaie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 25%.

In ogni caso gli elementi dell'aggregato dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei, inoltre non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali e di frantumazione (la percentuale di queste ultime sarà prescritta di volta in volta dalla Direzione Lavori in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 30% della miscela delle sabbie) che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia (CNR B.U. n° 27 del 1972) superiore a 50.

Gli eventuali additivi, provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- setaccio UNI 0,18 (ASTM n. 80): passante in peso: 100%;
- setaccio UNI 0,075 (ASTM n. 200): passante in peso: 90%.

La granulometria dovrà essere eseguita per via umida.

#### **3.3 LEGANTE**

Dovranno essere impiegati bitumi semisolidi per uso stradale di normale produzione con le caratteristiche indicate nella tabella seguente, impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi.

---

---

Detti leganti sono denominati "A" e "B".

La tabella che segue si riferisce al prodotto di base così com'è prelevato nelle cisterne e/o negli stoccaggi.

Per tutte le lavorazioni andrà sempre impiegato il bitume di tipo "A", salvo casi particolari in cui potrà essere impiegato il bitume "B" (è ammissibile nelle Regioni più fredde, nord o zone in quota) sempre su preventiva autorizzazione della D.L..

TABELLA "BITUMI DI BASE"		BITUME "A"	BITUME "B"
CARATTERISTICHE:	UNITÀ	VALORE	VALORE
Penetrazione a 25°C/298°K, 100g, 5s	0,1 mm	65 85	85 105
Punto di rammollimento	C / K	48-54/321-327	47-52/320-325
Indice di penetrazione		-1 / +1	-1 / +1
Punto di rottura (Fraass), min.	C / K	-8 / 265	-9 / 264
Duttilità a 25°C/298°K, min.	cm	90	100
Solubilità in solventi organici, min.	%	99	99
Perdita per riscaldamento (volatilità) T = 163°C / 436°K, max.	%	+/- 0,5	+/- 1
Contenuto di paraffina, max.	%	3	3
Viscosità dinamica a T = 60°C / 333°K, gradiente di velocità = 1 s <sup>-1</sup>	Pa.s	220 - 400	150 - 250
Viscosità dinamica a T = 160°C / 433°K, gradiente di velocità = 1 s <sup>-1</sup>	Pa.s	0,4 - 0,8	0,2 - 0,6

Valori dopo RTFOT (Rolling Thin Film Overt Test)

Viscosità dinamica a T = 60°C / 333°K, gradiente di velocità = 1 s <sup>-1</sup>	Pa.s	700 - 800	500 - 700
Penetrazione residua a 25°C/298°K, 100g, 5s	%	≤ 70	≤ 75
Variazione del Punto di rammollimento	C / K	≤ +8 / ≤ 281	≤ + 10 / ≤ 283

L' indice di penetrazione, dovrà calcolato con la formula appresso riportata, compreso fra - 1,0 e + 1,0:

$$\text{indice di penetrazione} = (20u - 500v)/(u + 50v)$$

dove:

u = temperatura di rammollimento alla prova "palla-anello" in °C (a 25°C);

v = log. 800 - log. penetrazione bitume in dmm (a 25°C.).

### 3 . 4 MISCELA

La miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci U.N.I.	Passante: % totale in peso
Crivello 40	100
Crivello 30	80 ÷ 100
Crivello 25	70 ÷ 95
Crivello 15	45 ÷ 70



---

---

Crivello 10	35 ÷ 60
Crivello 5	25 ÷ 50
Setaccio 2	20 ÷ 40
Setaccio 0,4	6 ÷ 20
Setaccio 0,18	4 ÷ 14
Setaccio 0,075	4 ÷ 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4 % e il 5% riferito al peso totale degli aggregati (CNR B.U. n°38 - 1973);

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall (CNR B.U. n° 30 -1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare non inferiore a 700 Kg; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 250;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresi fra 4% e 7%.I provini per le misure di stabilità e rigidità anzidette dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa. La temperatura di compattazione dovrà essere uguale o superiore a quella di stesa; non dovrà però superare quest'ultima di oltre 10°C.

Le miscele di aggregati e leganti idrocarburici dovranno rispondere inoltre anche alle norme C.N.R. B.U. n°134 -1991;

#### 3 . 4 . 1 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE.

Il conglomerato sarà conforme alle prescrizioni della norma UNI-EN 13108 , sarà confezionato mediante impianti di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei componenti della miscela dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammannimento degli inerti sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai componenti la miscela, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 20 secondi.

---

---

---

---

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150°C e 170°C, e quella del legante tra 150°C e 180°C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

#### **3 . 4 . 2 POSA IN OPERA DELLE MISCELE.**

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati nei precedenti articoli relativi alle fondazioni stradali in misto granulare ed in misto cementato.

Prima della stesa del conglomerato su strati di fondazione in misto cementato, per garantire l'ancoraggio, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione bituminosa stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Procedendo alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 Kg/m<sup>2</sup>. La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismo di autolivellamento. Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazioni degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali, derivanti dalle interruzioni giornaliere, dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20 e non cadano mai in corrispondenza delle 2 fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa, dovrà 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, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 130°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro; gli strati eventualmente compromessi (con densità inferiori a quelle richieste) dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

---

---

La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli gommati o vibrati gommati con l'ausilio di rulli a ruote metalliche, tutti in numero adeguato ed aventi idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione, lo strato di base dovrà avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 97% di quella Marshall dello stesso giorno, rilevata all'impianto o alla stesa. Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera, su carote di 15 cm di diametro; il valore risulterà dalla media di due prove (C.N.R. 40-1973).

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 dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga m 4,00, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente.

Saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm.

Il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto.

---

## 4 STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA

### 4 . 1 GENERALITÀ

La parte superiore della sovrastruttura stradale sarà, in generale, costituita da un doppio strato di conglomerato bituminoso steso a caldo, e precisamente: da uno strato inferiore di collegamento (binder) e da uno strato superiore di usura, secondo quanto stabilito dalla Direzione Lavori.

Il conglomerato per ambedue gli strati sarà costituito da una miscela di pietrischetti, graniglie, sabbie ed additivi, secondo le definizioni riportate nell' Art. 1 delle norme C.N.R., fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), mescolati con bitume a caldo, e verrà steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e compattato con rulli gommati e lisci.

### 4 . 2 INERTI

I requisiti di accettazione degli inerti impiegati nei conglomerati bituminosi dovranno essere conformi alle prescrizioni contenute nella norma UNI EN 13043:2013.

L'aggregato grosso (pietrischetti e graniglie) dovrà essere ottenuto per frantumazione ed essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere o da materiali estranei.

L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischetti e graniglie che potranno anche essere di provenienza o natura petrografica diversa, purché alle prove appresso elencate, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare, risponda ai seguenti requisiti.

Per strati di collegamento (BINDER):

- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la norma UNI EN 1097, inferiore al 25% ;
  - indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,80;
-

- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") inferiore a 0,015 (C.N.R. 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali").

Nel caso che si preveda di assoggettare al traffico lo strato di collegamento in periodi umidi od invernali, la perdita in peso per scuotimento sarà limitata allo 0,5%.

Per strati di usura:

- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la norma UNI EN 1097, inferiore od uguale al 20%;
- almeno un 30% in peso del materiale dell'intera miscela deve provenire da frantumazione di rocce che presentino un coefficiente di frantumazione minore di 100 e resistenza a compressione, secondo tutte le giaciture, non inferiore a 140 N/mm<sup>2</sup>, nonché resistenza alla usura minima 0,6;
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,85;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,015 (C.N.R. 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con limitazione per la perdita in peso allo 0,5%;

Per le banchine di sosta saranno impiegati gli inerti prescritti per gli strati di collegamento e di usura di cui sopra.

In ogni caso i pietrischi e le graniglie dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali o di frantumazione che dovranno soddisfare ai requisiti dell'Art. 5 delle norme C.N.R. fascicolo n. 4 del 1953 ed in particolare:

- equivalente in sabbia, determinato con la prova AASHO T 176, (e secondo la norma C.N.R. B.U. n. 27 del 30-3-1972) non inferiore al 55%;
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") con le limitazioni indicate per l'aggregato grosso. Nel caso non fosse possibile reperire il materiale della pezzatura 2 ÷ 5 mm necessario per la prova, la stessa dovrà essere eseguita secondo le modalità della prova Riedel-Weber con concentrazione non inferiore a 6.

Gli additivi minerali (fillers) saranno costituiti da polvere di rocce preferibilmente calcaree o da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto e dovranno risultare alla setacciatura per via secca interamente passanti al setaccio n. 30 ASTM e per almeno il 65% al setaccio n. 200 ASTM.

Per lo strato di usura, a richiesta della Direzione dei Lavori, il filler potrà essere costituito da polvere di roccia asphaltica contenente il 6 ÷ 8% di bitume ad alta percentuale di asfalteni con penetrazione Dow a 25°C inferiore a 150 dmm.

Per fillers diversi da quelli sopra indicati è richiesta la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori in base a prove e ricerche di laboratorio.

**4 . 3 LEGANTE**

Il bitume, *per gli strati di collegamento e di usura*, dovrà essere del tipo "A" e "B" riportato nel punto 3.3 della presente Sezione.

**4 . 4 MISCELE**

1) *Strato di collegamento (binder)*. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie crivelli e setacci UNI	Passante: % totale in peso
Crivello 25	100
Crivello 15	65 ÷ 100
Crivello 10	50 ÷ 80
Crivello 5	30 ÷ 60
Setaccio 2	20 ÷ 45
Setaccio 0,4	7 ÷ 25
Setaccio 0,18	5 ÷ 15
Setaccio 0,075	4 ÷ 8

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 5,5% riferito al peso degli aggregati (C.N.R. 38-1973).

Esso dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportati.

Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento dovrà avere i seguenti requisiti:

- la stabilità Marshall, eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in ogni caso uguale o superiore a 900 Kg. Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300 (C.N.R. 30-1973).

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra 3 ÷ 7%. La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato. Riguardo alle misure di stabilità e rigidità, sia per i conglomerati bituminosi tipo usura che per quelli tipo binder, valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base.

2) *Strato di usura*. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nei seguenti fusi:

Serie crivelli e setacci U.N.I	Passante: % totale in peso	Passante: % totale in peso
	Fuso tipo "A"	Fuso tipo "B"
Crivello 20	100	--
Crivello 15	90 – 100	100
Crivello 10	70 – 90	70 – 90
Crivello 5	40 – 55	40 – 60
Setaccio 2	25 – 38	25 – 38
Setaccio 0,4	11 – 20	11 – 20

Setaccio 0,18	8 – 15	8 – 15
Setaccio 0,075	6 – 10	6 – 10

Il legante bituminoso tipo "A" dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 6% riferito al peso totale degli aggregati (C.N.R. 38-1973).

L'uso del legante bituminoso tipo "B" è ammissibile soltanto in zone fredde (Nord Italia o quote elevate).

Il fuso tipo "A" dovrà comprendere le curve per strati di usura dello spessore compreso tra 4 e 6 cm.

Il fuso tipo "B" dovrà comprendere le curve per strati di usura dello spessore di 3 cm.

Nelle zone con prevalenti condizioni climatiche di pioggia e freddo, dovranno essere progettate e realizzate curve granulometriche di "tipo spezzata", utilizzando il fuso "A" di cui sopra, con l'obbligo che la percentuale di inerti compresa fra il passante al crivello 5 ed il trattenuto al setaccio 2 sia pari al 10%  $\pm$  2%.

Per prevalenti condizioni di clima asciutto e caldo, si dovranno usare curve prossime al limite inferiore.

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- resistenza meccanica elevatissima, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sia in fase dinamica che statica, anche sotto le più alte temperature estive, e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque assestamento eventuale del sottofondo anche a lunga scadenza.
- Il valore della stabilità Marshall (C.N.R. 30-1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia dovrà essere di almeno 10.000 N [1000 Kg].
- Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300.
- La percentuale dei vuoti dei provini Marshall, sempre nelle condizioni di impiego prescelte, deve essere compresa fra 3% e 6%.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare:

- a) un valore di stabilità non inferiore al 75% di quelli precedentemente indicati;
- b) elevatissima resistenza all'usura superficiale;
- c) sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa;
- d) grande compattezza: il volume dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compreso fra 4% e 8%.

Ad un anno dall'apertura al traffico, il volume dei vuoti residui dovrà invece essere compreso fra 3% e 6% e impermeabilità praticamente totale; il coefficiente di permeabilità misurato su uno dei provini Marshall, riferentisi alle condizioni di impiego prescelte, in permeometro a carico costante di 50 cm d'acqua, non dovrà risultare inferiore a  $10^{-6}$  cm/sec.

Sia per i conglomerati bituminosi per strato di collegamento che per strato di usura, nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione ed immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento.

In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative. Inoltre, poiché la prova va effettuata sul materiale passante al crivello da 25 mm, lo stesso dovrà essere vagliato se necessario.

**4 . 4 . 1 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE.**

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base.

**4 . 4 . 2 FORMAZIONE E CONFEZIONE DEGLI IMPASTI**

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base, salvo che per il tempo minimo di miscelazione effettiva, che, con i limiti di temperatura indicati per il legante e gli aggregati, non dovrà essere inferiore a 25 secondi.

**4 . 4 . 3 ATTIVANTI L'ADESIONE**

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati (base, collegamento o binder e usura) dovranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione dei bitumi - aggregato ("dopes" di adesività), costituite da composti azotati di natura e complessità varia, ovvero da ammine ed in particolare da alchilammido - poliammine ottenute per reazione tra poliammine e acidi grassi C16 e C18.

Si avrà cura di scegliere tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso i Laboratori autorizzati avrà dato i migliori risultati e che conservi le proprie caratteristiche fisico - chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

Detti additivi polifunzionali per bitumi dovranno comunque resistere alla temperatura di oltre 180° C senza perdere più del 20% delle loro proprietà fisico - chimiche.

Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni d'impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% sul peso del bitume da trattare (da Kg 0,3 a Kg 0,6 per ogni 100 Kg di bitume).

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione dei Lavori.

L'immissione delle sostanze attivanti nella cisterna del bitume (al momento della ricarica secondo il quantitativo percentuale stabilito) dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la perfetta dispersione e l'esatto dosaggio (eventualmente mediante un completo ciclo di riciclaggio del bitume attraverso la pompa apposita prevista in ogni impianto), senza inconvenienti alcuno per la sicurezza fisica degli operatori.

Per verificare che detto attivante l'adesione bitume - aggregato sia stato effettivamente aggiunto al bitume del conglomerato la Direzione dei Lavori preleverà in contraddittorio con l'Impresa un campione del bitume additivato, che dovrà essere provato, su inerti acidi naturali (graniti, quarziti, silicei, ecc.) od artificiali (tipo ceramico, bauxite calcinata, "sinopal" od altro) con esito favorevole mediante la prova di spogliazione (di miscele di bitume - aggregato), la quale sarà eseguita secondo le modalità della Norma A.S.T.M. - D 1664/80.

Potrà essere inoltre effettuata la prova di spogliamento della miscela di legante idrocarburico ed aggregati in presenza di acqua (C.N.R. 138-1992) per determinare l'attitudine dell'aggregato a legarsi in modo stabile al tipo di legante che verrà impiegato in opera.

In aggiunta alle prove normalmente previste per i conglomerati bituminosi è particolarmente raccomandata la verifica dei valori di rigidità e stabilità Marshall.

Inoltre dovranno essere effettuate le prove previste da C.N.R. 149-1992 per la valutazione dell'effetto di immersione in acqua della miscela di aggregati lapidei e leganti idrocarburici per determinare la riduzione ( $\Delta$  %) del valore di resistenza meccanica a rottura e di rigonfiamento della stessa miscela in conseguenza di un prolungato periodo di immersione in acqua (facendo ricorso alla prova Marshall (C.N.R. 30-1973), ovvero alla prova di trazione indiretta "Brasiliana" (C.N.R. n° 134/1991).

Ai fini della sicurezza fisica degli operatori addetti alla stesa del conglomerato bituminoso (base, binder ed usura) l'autocarro o il veicolo sul quale è posta la cisterna dovrà avere il dispositivo per lo scarico dei gas combusti di tipo verticale al fine di evitare le dirette emissioni del gas di scarico sul

---

---

retro. Inoltre dovranno essere osservate tutte le cautele e le prescrizioni previste dalla normativa vigente per la salvaguardia e la sicurezza della salute degli operatori suddetti."

#### **4 . 5 CONGLOMERATI DRENANTI FONOASSORBENTI SPECIALI (DFAS).**

##### **4 . 5 . 1 CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE – PROVE DI CONTROLLO**

I materiali e le forniture da impiegarsi per i lavori , indicati nell'appalto, dovranno essere riconosciuti idonei e accettati dalla Direzione Lavori.

L'impresa sarà obbligata a prestarsi ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio dei campioni presso i laboratori fiduciari indicati dalla Società Appaltante. Le spese inerenti alle prove e controlli saranno a carico dell'impresa. I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

L'impresa è obbligata a sostituire, anche se già posti in opera e fino a collaudo definitivo, i materiali che non corrispondessero ai requisiti e alle caratteristiche contrattuali. I materiali di rifiuto, come sopra detto, devono essere allontanati dal cantiere entro il termine fissato dal Direttore Lavori a completa cura e spese dell'Impresa. In caso di inadempienza vi provvederà la Direzione Lavori a totale spesa dell'Impresa. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori l'impresa resta totalmente responsabile della buona riuscita dell'opera anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

##### **4 . 5 . 2 CONGLOMERATI DRENANTI FONOASSORBENTI SPECIALI**

###### **4 . 5 . 2 . 1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI PIETRISCHETTI, GRANIGLIE, SABBIE E ADDITIVI.**

I materiali da impiegare dovranno corrispondere ai requisiti , qualora non sia specificato diversamente, indicati nelle Norme C.N.R. B.U. n. 139/92, per le classi di traffico PP (strati di usura), ("Norme sugli aggregati: criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali") e C.N.R. B.U. n. 104/84 e alla direttiva 89/106/CEE (marcatura CE sugli aggregati) e provvisti di attestazione secondo tale direttiva.

Ciascuna classe granulometrica dovrà avere una granulometria omogenea e costante e dovrà essere costituita da elementi provenienti dalla frantumazione di rocce ignee effusive e piroclastiche. La D.L., in casi particolari, sempre che sia garantita, in rapporto all'esistente, uniformità di colore al manto stradale, potrà consentire l'utilizzo di elementi provenienti dalla frantumazione di rocce effusive diverse.

L'aggregato grosso (pietrisco, pietrischetto e graniglia) dovrà essere ottenuto per frantumazione delle rocce dure sopra indicate e sarà costituito da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polveroso da materiali estranei, e dovranno rispondere ai requisiti riportati nella tabella **"Requisiti di accettazione degli aggregati per strati drenanti fonoassorbenti speciali DFAS"** determinati attraverso le prove specifiche, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare.

---

---



<b>Requisiti di accettazione degli aggregati per strati drenanti fonoassorbenti speciali DFAS</b>					
<b>Determinazione</b>		<b>Simbolo</b>	<b>Normativa di Rif.</b>	<b>Unità</b>	<b>Valori</b>
Frazione > 4 mm	Coeff. Los Angeles per ogni classe di aggregati.	LA	C.N.R. B.U. n. 34/73	%	≤ 18
	Coeff. Levigat. Accelerata.	CLA	C.N.R. B.U. n. 140/92		≥ 0,45
	Porosità.	p%	C.N.R. B.U. n. 65/78	%	≤ 1,5
	Quantità di frantumato.	-		%	100
	Dimensione Massima.	Dmax	C.N.R. B.U. n. 23/71	mm	16
	Sensibilità al gelo.	G	C.N.R. B.U. n. 80/80	%	≤ 30
	Passante al setaccio 0,075.		C.N.R. B.U. n. 75/80	%	≤ 1
Indice di appiattimento.	la	C.N.R. B.U. n. 95/84	%	≤ 10	
Frazione ≤ 4 mm	Passante al setaccio 0,075.	ES	C.N.R. B.U. n. 75/80	%	≤ 2
	Equivalente in sabbia		C.N.R. B.U. n. 27/72	%	≥ 70

Le sabbie saranno costituite esclusivamente dall'insieme delle parti fini risultanti dalla frantumazione di rocce. La qualità delle rocce o degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia dovrà avere alla prova "Los Angeles" (C.N.R. B.U. n. 34 classe C), eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita di peso inferiore a 22%.

Con riferimento alle caratteristiche dei materiali lapidei ed in considerazione dei risultati delle prove di prequalificazione e delle effettive disponibilità dei materiali nel mercato, mentre si conferma che ad una perdita di peso con la prova Los Angeles del 18% può corrispondere un coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) pari a 0,45; vengono considerati accettabili superiori valori di prova Los Angeles qualora eventualmente vengano migliorati i valori di CLA secondo la seguente tabella:

Los Angeles	CLA
≤ 18 %	≥ 0,45
≤ 22 %	≥ 0,47

**Non vengono accettati materiali con Los Angeles > 22%**

#### 4.5.2.2 LEGANTE BITUMINOSO.

Il legante bituminoso da utilizzare nella produzione del "conglomerato bituminoso drenante fonoassorbente speciale" (DFAS) è del tipo 70/100 modificato tipo HARD ad alta viscosità:

- deve possedere elevate caratteristiche fisico-meccaniche evidenziate da un'ampia capacità di :
  - aumentare l'adesione;
  - resistere alle basse temperature;
  - mantenere un ritorno elastico durevole anche alle basse temperature.

Il legante sarà prodotto additivando ad idonea temperatura un bitume stradale tipo 70/100 rispondente alle norme UNI-EN 12591 con polimero idoneo secondo le prescrizioni tecniche.

Tale bitume dovrà soddisfare le caratteristiche riportate in tabella:

Caratteristiche	norma di riferimento	Unità di misura	Bitume 70/100 modificato ad alta viscosità
Penetrazione a 25°C	EN 1426	0,1 mm	40/70
Punto di rammollimento palla e anello	EN 1427	°C	≥ 65
Punto di rottura Fraass, massimo	EN 12593	°C	≤ -20
Ritorno elastico a 25°C	PrEN 13398	%	> 75
Penetrazione a 25°C, dopo la prova di invecchiamento accelerato RTFOT EN 12607-1 valore espresso in percentuale di quello originario	EN 1426	%	≥ 60
Ritorno elastico a 25°C dopo la prova di invecchiamento accelerato RTFOT EN 12607-1: non inferiore a	PrEN 13398	%	> 50
Punto di rammollimento palla e anello, dopo la prova di invecchiamento accelerato RTFOT EN 12607-1: aumento non superiore a	EN 1427	°C	5
Penetrazione a 25°C, dopo prova "tuben test": scostamenti	EN 1426	Δ (0,1 mm)	< 5
Punto di rammollimento palla e anello, dopo prova "tuben test": scostamenti	EN 1427	Δ <sub>T</sub> (°C)	< 3

Il prelevamento dei campioni di bitume dovrà avvenire secondo la Norma EN 58.

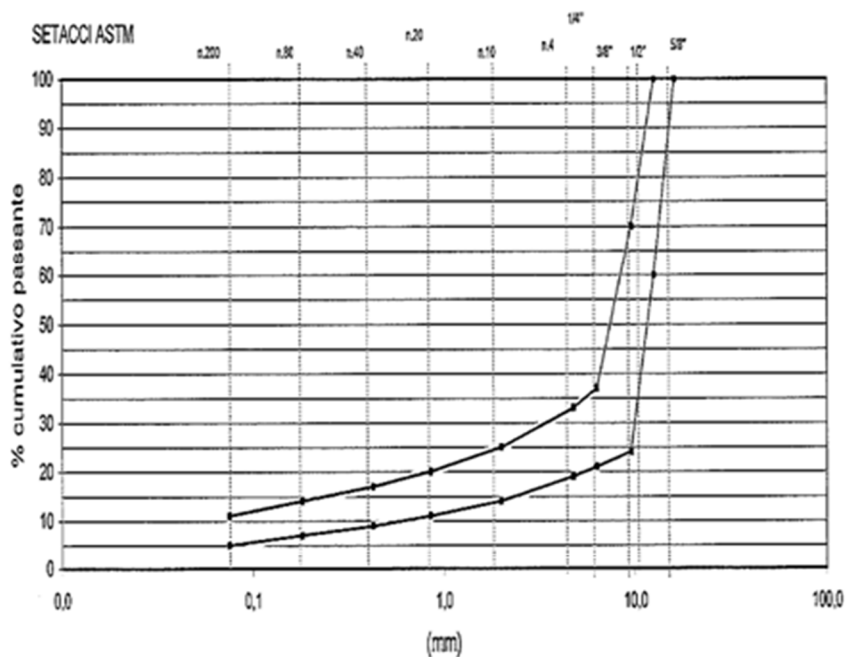
#### 4 . 5 . 3 FORMULAZIONE E STUDI DI LABORATORIO

##### 4 . 5 . 3 . 1 COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA.

La miscela degli aggregati e sabbie dovrà essere composta in modo da rientrare interamente nei limiti granulometrici (fuso) di seguito riportati:

SETACCI ASTM			
Denominazione		Luce netta (mm)	% cumulativo passante
setaccio	5/8"	16,0	100 ÷ 100
setaccio	1/2"	12,5	60 ÷ 100
setaccio	3/8"	9,5	24 ÷ 70
setaccio	1/4"	6,3	21 ÷ 37
setaccio	n. 4	4,75	19 ÷ 33
setaccio	n. 10	2,00	14 ÷ 25
setaccio	n. 20	0,850	11 ÷ 20
setaccio	n. 40	0,425	9 ÷ 17
setaccio	n. 80	0,180	7 ÷ 14
setaccio	n. 200	0,075	5 ÷ 11

REQUISITI DI ACCETTAZIONE	
quantità di bitume (modificato) sulla miscela di inerti	4,5 ÷ 6,0%
% vuoti residui	14 ÷ 18 %
resistenza alla trazione indiretta a 25°C	≥ 0,6 N/mm <sup>2</sup>



4.5.3.2 TENORE DI FILLER E/O FIBRE

Il confezionamento del DFAS può avvenire sia con l'aggiunta di filler e calce idrata che con l'aggiunta di filler e microfibre. La scelta dei materiali sarà a discrezione della Direzione Lavori e su suo specifico ordine e dovrà sottostare alle seguenti condizioni:

- 1) Il filler dovrà presentare gli stessi requisiti previsti per base e binder inoltre la percentuale ottimale dell'additivo (filler) determinata attraverso lo studio Marshall dovrà contenere un 2% di filler costituito da calce idrata; ad esempio se la percentuale ottimale di filler ottenuto è del 7% : 5% sarà filler + 2% sarà calce idrata = 7% filler totale ;
- 2) Le fibre da utilizzare sono quelle di pura cellulosa compressa in granuli, di lunghezza media 200÷300 Um e densità 400÷500 g/litro. Le fibre dovranno essere aggiunte direttamente nel mescolatore dell'impianto di conglomerato bituminoso tramite coclea dosatrice o con aggiunta manuale attraverso la finestra del mescolatore. Il dosaggio sarà circa lo 0,3% sul peso degli aggregati. **Quindi pari a circa 5,5÷6,0 kg per mc di conglomerato bituminoso.** La decisione definitiva sull'utilizzo nello SMA di fibre o di calce idrata dipende dalla miscela di riferimento e viene presa dalla D.L. in seguito all'analisi dei dati relativi ai requisiti di accettazione. Per tale ragione è necessario presentare alla D.L. con due settimane di anticipo rispetto all'inizio dei lavori sia uno studio di accettazione con calce idrata sia uno con le fibre.

4.5.3.3 OTTIMIZZAZIONE DELLA MISCELA AGGREGATI-BITUME MODIFICATO

L'impresa è tenuta a mettere a disposizione tutti i materiali necessari per definire la composizione della miscela che intende adottare e il relativo tenore ottimale di bitume modificato. Lo studio dovrà essere corredata da un esauriente documentazione degli studi di laboratorio basati sulla ottimizzazione delle caratteristiche fisico-meccaniche secondo il metodo Marshall eseguito su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia.

<b>CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE SECONDO IL METODO MARSHALL</b>		
Tenore di bitume (modificato HARD) rispetto al peso degli inerti.	% in peso	4,5 ÷ 6,0
Vuoti del provino Marshall.	%in volume	14 ÷ 18
Temperatura di costipamento definita sulla base delle caratteristiche di viscosità ottimali per la muscolazione del legante elastomerizzato con gli aggregati.	°C	150 ÷ 160

4.5.3.4 REQUISITI DEL CONGLOMERATO

<b>REQUISITI MINIMI DEL CONGLOMERATO</b>	
Resistenza alla trazione indiretta provini da 75 colpi di maglio per faccia a 25° C C.N.R. B.U. n. 13491.	> 0,6 N/mm <sup>2</sup>
Percentuale perdita prova CANTABRO	< 25%
Percentuale perdita prove CANTABRO su provini Marshall dopo 4 giorni in acqua a 49 °C.	< 35%
Capacità di smaltimento delle acque: prova con permea metro cilindrico secondo normativa belga.	> 5 litri/minuto (lo svuotamento dell'acqua dal cilindro tra i due livelli di riferimento (20 cm) dovrà avvenire in meno di 17 secondi)

## CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE

PAGINA 208 di 390 CODICE DOCUMENTO

Macro e micro rugosità ed antisdrucchiolevolezza della pavimentazione a diretto contatto con il traffico: prova con apparecchio portatile a pendolo "Skid Resistance Tester" secondo la norma C.N.R. B.U. n. 105/85.	Valore medio di 5 misure $\geq 60$ BPN.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

Il conglomerato dovrà avere una elevatissima resistenza meccanica e cioè la capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dagli assi dei veicoli. I provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato all'impianto o presso la stesa e la temperatura di stesa controllata dietro la vibrofinitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 150 °C.

A costipamento ultimato la superficie della pavimentazione dovrà presentare una struttura uniforme e stabile, con andamento, sagoma e pendenze conformi al progetto.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati delle prove o di fare eseguire nuove prove e controlli. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati bituminosi in opera.

Una volta accettata dalla D.L. la composizione proposta, l'Impresa dovrà ad essa attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con controlli giornalieri. Non saranno ammesse variazioni, sulle singole percentuali, della corrispondente alla curva granulometrica prescelta, rispettivamente :

<b>TOLLERANZA SULLA COMPOSIZIONE DELL'IMPASTO RISPETTO ALLA MISCELA DI RIFERIMENTO (STUDIO PRELIMINARE)</b>		
Aggregato Grosso	Trattenuto al setaccio n. 4	$\pm 5\%$
Sabbia	Passante al setaccio n. 4 e trattenuta al setaccio da 0,075 mm.	$\pm 3\%$
Filler	Passante al setaccio da 0,075 mm.	$\pm 2\%$
Bitume Modificato	-	$\pm 0,3\%$

In ogni caso i valori rilevati devono essere all'interno del fuso del capitolato.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

Per il cantiere di lavoro dovrà essere disponibile un laboratorio attrezzato per le prove ed i controlli in corso di produzione.

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essicatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno. In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

4 . 5 . 3 . 5

### FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

La produzione dell'impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per assicurare il completo essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta classificazione degli aggregati.

La potenzialità di produzione dell'impianto comunque dovrà garantire la continuità di fornitura durante la stesa, evitando soste o interruzioni di approvvigionamento.

L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione ed essere in grado di confezionare miscele del

tutto rispondenti a quelle di progetto, per questo dovrà essere posta massima cura nella messa a punto dei predosatori.

Il dosaggio del filler dovrà essere eseguito a peso mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere tenuta costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del legante alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il suo perfetto dosaggio. Il tempo e la temperatura di miscelazione saranno stabiliti in funzione delle caratteristiche dell'impianto e del bitume modificato, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti ed evitare il percolamento del legante nella miscela. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere tra 160 °C e 180 °C, salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume modificato impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, i serbatoi e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,20% in peso.

#### 4 . 5 . 3 . 6

#### TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa dovrà 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 grumi.

Lo strato in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di vibrofinitrice (meglio se due), cingolata o a quattro assi aventi piastra riscaldante e opportuni mezzi costipanti quali coltelli battitori tipo "TAMPER" e sistema vibrante in perfetto stato di efficienza e dotati di automatismi di auto-livellamento in ottime condizioni di uso e costipato con rulli metallici.

Alla velocità di stesa deve essere adeguata la capacità produttiva dell'impianto e il numero dei viaggi dei mezzi di trasporto in modo che la stesa avvenga in modo continuo e senza interruzioni. La velocità della vibrofinitrice non dovrà essere superiore a 5 metri al minuto. Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di segregazioni, fessurazioni ed ed esente da difetti dovuti agli elementi litoidi più grossi. Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali, le cui pareti dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo compatto e privo di sgranamenti.

Le giunzioni trasversali devono essere realizzate mediante taglio e asportazione della parte terminale della strisciata. Il taglio deve essere effettuato obliquamente rispetto all'asse longitudinale della strada con la parte più arretrata verso l'esterno.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, dovrà non essere inferiore a 150 °C.

Visto il particolare tipo di miscela ed il suo spessore, la stesa dovrà essere effettuata preferibilmente nelle ore della giornata in cui le temperature dell'aria sono più elevate: la temperatura dell'ambiente non dovrà essere inferiore a + 5 °C.

La lavorazione in condizioni diverse dovrà essere preventivamente autorizzata dalla D.L. che suggerirà eventualmente anche le cautele da adottare. Strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Impresa. La compattazione del conglomerato dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzioni di continuità. La compattazione, senza vibrazione, sarà realizzata a mezzo

---

---

di rulli a ruote metalliche del peso fino a 8 ÷ 10 ton. a rapida inversione di marcia, tutti in numero adeguato (minimo due rulli per ogni finitrice) e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle caratteristiche richieste. Nella rullatura si parte dai lati esterni con il costipamento della giunzione con la strisciata precedente e si procede verso il centro; gli spostamenti laterali e le soste vanno eseguiti lontano dalla vibrofinitrice sul manto già freddo per evitare impronte che possono diventare permanenti e rovinare la regolarità superficiale del manto. Al fine di assicurare una maggiore durabilità da parte del conglomerato bituminoso posto sulla corsia di emergenza (in quanto questa corsia, in caso di pioggia, dovrà smaltire l'acqua accumulata dalla corsia di sorpasso e marcia) si consiglia di rullare meno la corsia di emergenza e comunque di verificare che i limiti di drenabilità richiesti siano sempre rispettati.

#### **Grado di costipamento dello strato di DFAS al termine della compattazione**

Nessun valore singolo inferiore al	95% di quello Marshall dei controlli eseguiti in corso d'opera
Media dei valori della stesa	≥ 96% di quello Marshall dei controlli eseguiti in corso d'opera

#### **Percentuali di vuoti, delle carote prelevate alla stesa**

Nessun valore singolo superiore al	22 Vol. -%
Nessun valore singolo inferiore a	14 Vol. -%
Media dei valori della stesa	14 - 20 Vol. -%

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni, secondo le richieste tecniche del presente Capitolato.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

#### 4 . 5 . 3 . 7 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Poiché il processo d'interazione chimico-fisica dall'elastomero col bitume è condizionato dalla origine del bitume, dalla scelta della temperatura di miscelazione, dal contenuto ottimale di polimero e dalla sua costanza quantitativa, sarà obbligo dell'Impresa di presentare in tempo utile una relazione dettagliata riguardante:

- Qualità, caratteristiche, quantità e affinità dei componenti il legante elastomerizzato;
- Modalità e schemi operativi nonché temperature di processo, tempo di miscelazione, tempi utili di stoccaggio a idonea temperatura;
- Dati di caratterizzazione chimico-fisica e reologici del legante.

#### 4 . 5 . 3 . 8 PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA: MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE A MANO D'ATTACCO

La membrana impermeabilizzante verrà realizzata mediante la spruzzatura a caldo di uno strato sottile di bitume modificato, dello stesso tipo di quello utilizzato nel drenante fonoassorbente speciale, sulla superficie del piano di posa di quest'ultimo.

Il legante elastomerizzato verrà distribuito sulla sede stradale asciutta, preventivamente pulita e depolverizzata, mediante serbatoio semovente munita di barra spruzzatrice e di pompa dosatrice di precisione. Per stendere il bitume liquido modificato occorrono macchine spruzzatrici dotate di unità autonoma di riscaldamento.

La quantità di legante spruzzata a caldo (la temperatura di spruzzatura è bene sia intorno ai 180 °C) dovrà essere calibrata in modo da ricoprire con spessore omogeneo la superficie stradale con 1,0 Kg/m<sup>2</sup> o secondo gli ordini dati dalla DL. Le caratteristiche chimico-fisiche e reologiche del legante elastomerizzato spruzzato, devono essere identiche a quelle del legante da impiegarsi per il conglomerato drenante. Dopo la spruzzatura della membrana impermeabilizzante verrà sparso con macchinari idonei (tipo macchina spargisale) un sottile velo di filler, che dovrà provenire dalla frantumazione di rocce, preferibilmente, calcaree il quale avrà una funzione antiaderente e consentirà quindi il transito dei mezzi senza che la membrana venga asportata. La quantità di filler deve essere la minima necessaria ad impedire l'incollaggio delle ruote dei mezzi ed eventuali rifluimenti della mano di attacco. Oltre alla sopra descritta metodologia potranno essere impiegate altre tecnologie purchè approvate dalla Direzione Lavori. Potrà essere richiesto (generalmente in condizioni di umidità elevata), l'uso di pietrischetto prebitumato di classe d/D 4/8 da utilizzarsi secondo le seguenti modalità. Immediatamente dopo la spruzzatura della membrana e prima che la sua temperatura sia scesa sotto i 90 °C si provvederà alla operazione di granigliatura mediante spargimento con apposita macchina di pietrischetto prebitumato di classe d/D 4/8. Le caratteristiche del pietrischetto devono essere identiche a quelle stabilite dal Capitolato per aggregati di classe 4/8 da utilizzare per i conglomerati tipo DFAS. Con anticipo di almeno una settimana sui tempi di granigliatura della membrana, il pietrischetto dovrà essere perfettamente rivestito a caldo ed in centrale con bitume tipo B50/70 nella quantità di 0,6 ÷ 0,8 % sul peso degli inerti. Il bitume usato dovrà essere di tipo modificato ovvero additivato con 0,4% in peso da Dopes di adesione di provate qualità. L'operazione di granigliatura dovrà essere immediatamente seguita dalla energica rullatura con rulli muniti di cilindro rivestito di gomma al fine di ancorare alla membrana il pietrischetto prebitumato. Dopo l'operazione di rullatura seguirà, l'asportazione di tutto il pietrischetto prebitumato eccedente e di quello non perfettamente ancorato alla membrana, mediante moto spazzatrice aspirante. Al termine dell'operazione tutta la superficie trattata dovrà risultare esente da elementi sciolti e non aderenti. Si consiglia una quantità media di 10 ÷ 12 Kg/m<sup>2</sup>. A scelta della D.L. la membrana a caldo potrà essere sostituita da emulsione bituminosa delle caratteristiche di seguito precisate:

<b>EMULSIONE BITUMINOSA</b>			
<b>REALIZZATA CON: BITUME BASE 70/100 MODIFICATO (TIPO HARD) AD ALTA VISCOSITA'</b>			
<b>Caratteristiche</b>	<b>Unità di Misura</b>	<b>Norma di riferimento</b>	<b>Valori limite</b>
Contenuto in acqua.	% in peso	C.N.R. B.U. n. 100/84	max 30
Contenuto bitume + polimero residuo della distillazione.	% in peso	C.N.R. B.U. n. 100/84 facendo terminare la distillazione a 204 °C	min 67
Contenuto di flussante massimo 3 %.	% in peso	C.N.R. B.U. n. 100/84	max 3
Velocità di rottura demulsiva.	% in peso	A.S.T.M. D244/95	70 ÷ 100
Omogeneità (trattenuto al setaccio ASTM n° 20).	% in peso	C.N.R. B.U. n. 103/84	max 0,2
Viscosità Engler a 20 °C.	° E	C.N.R. B.U. n. 102/84	> 20



**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA 212 di 390 CODICE DOCUMENTO

pH (grado di acidità).	pH	A.S.T.M. E 70	< 7
<u>Caratteristiche del bitume residuo ottenuto per distillazione</u> facendo terminare la distillazione a 204 °C.		C.N.R. B.U. n. 100/84	
Penetrazione a 25 °C.	dmm	EN 1428	40 ÷ 70
Punto di rammollimento (palla e anello).	°C	EN 1427	≥ 65
Punto di rottura Fraass	°C	EN 12593	≤ -18

<b>EMULSIONE BITUMINOSA REALIZZATA CON: BITUME TAL QUALE</b>			
<b>Caratteristiche</b>	<b>Unità di Misura</b>	<b>Norma di riferimento</b>	<b>Valori limite</b>
Contenuto di bitume da contenuto d'acqua.	% in peso	EN 1428	53 -57
Contenuto bitume + flussante della distillazione.	% in peso	EN 1431	min 53
Velocità di rottura.	numero	EN 13075 - 1	70 ÷ 130
Indice di rottura	classe	EN 13075 - 1	4
trattenuto al setaccio ASTM n° 20.	% in peso	EN 1429	max 0,5
Tendenza alla sedimentazione 7 gg	%	EN 12847	< 10
<u>Caratteristiche del bitume residuo ottenuto per distillazione</u> facendo terminare la distillazione a 204 °C.			
Penetrazione a 25 °C.	dmm	EN 1428	70 - 220
Punto di rammollimento (palla e anello).	°C	EN 1427	35 - 45
Punto di rottura Fraass	°C	EN 12593	≤ -18

La quantità di emulsione bituminosa spruzzata a caldo dovrà essere calibrata in modo da ricoprire con spessore omogeneo la superficie stradale, stesa in ragione di Kg 1,5 Kg/m<sup>2</sup> corrispondente a circa 1 Kg/m<sup>2</sup> di residuo secco bituminoso (± 0,1 Kg di residuo secco permanente al metro quadrato).

**4 . 6 USURA ANTISKID SMA (SPLITTMASTIX ASPHALT)**

I materiali da impiegare dovranno corrispondere ai requisiti, qualora non sia specificato diversamente, indicati nelle norme C.N.R. B.U. 139/92, per le classi di traffico PP (strati di usura) e C.N.R. B.U. 104/84 e alla direttiva 89/106/CEE (marcatura CE sugli agggrati) e provvisti di attestazione secondo direttiva.

Ciascuna classe granulometrica dovrà avere una granulometria omogenea e costante e dovrà essere costituita da elementi provenienti dalla frantumazione di rocce ignee effusive e piroclastiche. La Società, in casi particolari, sempre che sia garantita, in rapporto all'esistente, uniformità di colore al manto stradale, potrà consentire l'utilizzo di elementi provenienti dalla frantumazione di rocce effusive diverse.

L'aggregato grosso (pietrisco, pietrischetto e graniglia) dovrà essere ottenuto per frantumazione delle rocce dure sopra indicate e sarà costituito da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere da materiali estranei, e dovranno rispondere ai requisiti riportati nella tabella **“Requisiti di accettazione degli aggregati per strati di conglomerato bituminoso antiskid tipo Splittmastix Asphalt (SMA)”** determinati attraverso le prove specifiche, eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare.

<b>Requisiti di accettazione degli aggregati per strati Di conglomerato bituminoso antiskid (tipo Splittmastix Asphalt)</b>					
<b>Determinazione</b>		<b>Simbolo</b>	<b>Normativa di Rif.</b>	<b>Unità</b>	<b>Valori</b>
Frazione > 4 mm	Coeff. Los Angeles per ogni classe di aggregati.	LA	C.N.R. B.U. n. 34/73	%	≤ 18
	Coeff. Levigat. Accelerata.	CLA	C.N.R. B.U. n. 140/92		≥ 0,45
	Porosità.	p%	C.N.R. B.U. n. 65/78	%	≤ 1,5
	Quantità di frantumato.	-		%	100
	Dimensione Massima.	Dmax	C.N.R. B.U. n. 23/71	mm	12,5
	Sensibilità al gelo.	G	C.N.R. B.U. n. 80/80	%	≤ 30
	Passante al setaccio 0,075.		C.N.R. B.U. n. 75/80	%	≤ 1
Indice di appiattimento.	la	C.N.R. B.U. n. 95/84	%	≤ 10	
Frazione ≤ 4 mm	Passante al setaccio 0,075.	ES	C.N.R. B.U. n. 75/80	%	≤ 2
	Equivalente in sabbia		C.N.R. B.U. n. 27/72	%	≥ 70

Con riferimento alle caratteristiche dei materiali lapidei ed in considerazione dei risultati delle prove di prequalificazione e delle effettive disponibilità dei materiali nel mercato, mentre si conferma che ad una perdita di peso con la prova Los Angeles del 18% può corrispondere un coefficiente di levigabilità accelerata (CLA) pari a 0,45; vengono considerati accettabili superiori valori di prova Los Angeles qualora eventualmente vengano migliorati i valori di CLA secondo la seguente tabella

Los Angeles	CLA
≤ 18 %	≥ 0,45
≤ 22 %	≥ 0,47

**Non vengono accettati materiali con Los Angeles > 22%**

#### 4 . 6 . 1 . 1 LEGANTE BITUMINOSO.

Il legante bituminoso da utilizzare da utilizzare nella produzione “del SMA è del tipo 70/100 modificato tipo HARD ad alta viscosità e deve presentare le stesse caratteristiche del legante previsto per il conglomerato bituminoso del tipo DFAS secondo quanto riportato al par. 4.11.2

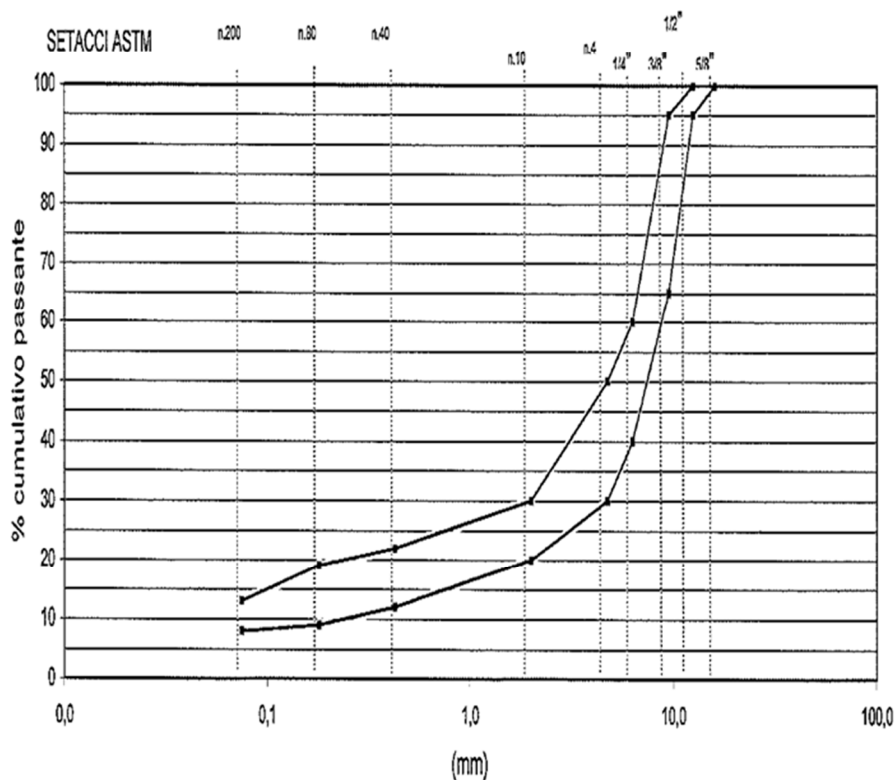
#### 4 . 6 . 2 **FORMULAZIONE E STUDI DI LABORATORIO**

##### 4 . 6 . 2 . 1 COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA.

La miscela degli aggregati e sabbie dovrà essere composta in modo da rientrare interamente nei limiti granulometrici (fuso) di seguito riportati:

SETACCI ASTM			
Denominazione		Luce netta (mm)	% cumulativo passante
setaccio	5/8"	16,0	100 ÷ 100
setaccio	1/2"	12,5	95 ÷ 100
setaccio	3/8"	9,5	65 ÷ 95
setaccio	1/4"	6,3	40 ÷ 60
setaccio	n. 4	4,75	30 ÷ 50
setaccio	n. 10	2,00	20 ÷ 30
setaccio	n. 40	0,425	12 ÷ 22
setaccio	n. 80	0,180	9 ÷ 19
setaccio	n. 200	0,075	8 ÷ 13

REQUISITI DI ACCETTAZIONE	
quantità di bitume (modificato) sulla miscela di inerti	5,5 ÷ 7,5%
% vuoti residui	2 ÷ 5 %
stabilità Marshall a 60°C	≥ 10,0 kN
scorrimento Marshall	2 ÷ 4 mm
rigidezza Marshall	>2,5 kN/mm
impronta con punzone da 500 mmq	< 2 mm



4 . 6 . 2 . 2 TENORE DI FILLER E/O FIBRE

Il confezionamento del SMA può avvenire sia con l'aggiunta di filler e calce idrata che con l'aggiunta di filler e microfibre. La scelta dei materiali sarà a discrezione della Direzione Lavori e su suo specifico ordine e dovrà sottostare alle seguenti condizioni:

- 1) Il filler dovrà presentare gli stessi requisiti previsti per base e binder inoltre la percentuale ottimale dell'additivo (filler) determinata attraverso lo studio Marshall dovrà contenere un 2% di filler costituito da calce idrata; ad esempio se la percentuale ottimale di filler ottenuto è del 10% :  $8\% \text{ sarà filler} + 2\% \text{ sarà calce idrata} = 7\% \text{ filler totale}$  ;
- 2) Le fibre da utilizzare sono quelle di pura cellulosa compressa in granuli, di lunghezza media  $200 \div 300 \text{ Um}$  e densità  $400 \div 500 \text{ g/litro}$ . Le fibre dovranno essere aggiunte direttamente nel mescolatore dell'impianto di conglomerato bituminoso tramite coclea dosatrice o con aggiunta manuale attraverso la finestra del mescolatore. Il dosaggio sarà circa lo 0,3% sul peso degli aggregati. **Quindi pari a circa  $5.5 \div 6,0 \text{ kg per mc di conglomerato bituminoso}$ .** La decisione definitiva sull'utilizzo nello SMA di fibre o di calce idrata dipende dalla miscela di riferimento e viene presa dalla D.L. in seguito all'analisi dei dati relativi ai requisiti di accettazione. Per tale ragione è necessario presentare alla D.L. con due settimane di anticipo rispetto all'inizio dei lavori sia uno studio di accettazione con calce idrata sia uno con le fibre.

4 . 6 . 2 . 3 OTTIMIZZAZIONE DELLA MISCELA AGGREGATI-BITUME MODIFICATO

L'impresa è tenuta a mettere a disposizione tutti i materiali necessari per definire la composizione della miscela che intende adottare e il relativo tenore ottimale di bitume modificato. Lo studio dovrà essere corredata da un esauriente documentazione degli studi di laboratorio basati sulla ottimizzazione delle caratteristiche fisico-meccaniche secondo il metodo Marshall eseguito su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia.

<b>CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE SECONDO IL METODO MARSHALL</b>		
Tenore di bitume (modificato HARD) rispetto al peso degli inerti.	% in peso	$5,5 \div 7,5$
Vuoti del provino Marshall.	%in volume	$2 \div 5$
Temperatura di costipamento definita sulla base delle caratteristiche di viscosità ottimali per la muscolazione del legante elastomerizzato con gli aggregati.	°C	$150 \div 160$

4 . 6 . 2 . 4 REQUISITI DEL CONGLOMERATO

Il conglomerato dovrà avere le seguenti caratteristiche:

<b>REQUISITI PER IL CONGLOMERATO BITUMINOSO SMA</b>			
<b>Caratteristiche</b>	<b>Norma di riferimento</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Valori</b>
Stabilità Marshall eseguita su 4 provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia	CNR BU 30/73	kN	≥ 10
Scorrimento Marshall	CNR BU 30/73	mm	2 ÷ 5
Rigidezza Marshall		kN/mm	≥ 2,5
Impronta con punzone da mmq 500	CNR BU 136/91	mm	≤ 2
Macro e micro rugosità ed antisdrucchiolevolezza della pavimentazione a diretto contatto con il traffico: prova con apparecchio portatile a pendolo "Skid Resistance Tester"	CNR BU 105/85	BPN	≥ 60 (valore medio di 5 misure)
Temperatura di stesa controllata dietro alla finitrice		°C	≥150

Il conglomerato dovrà avere una elevatissima resistenza meccanica e cioè la capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dagli assi dei veicoli. I provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato all'impianto o presso la stesa e la temperatura di stesa controllata dietro la vibrofinitrice, dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 150 °C.

A costipamento ultimato la superficie della pavimentazione dovrà presentare una struttura uniforme e stabile, con andamento, sagoma e pendenze conformi al progetto.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati delle prove o di fare eseguire nuove prove e controlli. L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati bituminosi in opera.

Una volta accettata dalla D.L. la composizione proposta, l'Impresa dovrà ad essa attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con controlli giornalieri. Non saranno ammesse variazioni, sulle singole percentuali, della corrispondente alla curva granulometrica prescelta, rispettivamente :

<b>TOLLERANZA SULLA COMPOSIZIONE DELL'IMPASTO RISPETTO ALLA MISCELA DI RIFERIMENTO (STUDIO PRELIMINARE)</b>		
Aggregato Grosso	Trattenuto al setaccio n. 4	± 5%
Sabbia	Passante al setaccio n. 4 e trattenuta al setaccio da 0,075 mm.	± 3%
Filler	Passante al setaccio da 0,075 mm.	± 2%
Bitume Modificato	-	± 0,3%

In ogni caso i valori rilevati devono essere all'interno del fuso del capitolato.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

Per il cantiere di lavoro dovrà essere disponibile un laboratorio attrezzato per le prove ed i controlli in corso di produzione.

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essicatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno. In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

#### 4 . 6 . 2 . 5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Valgono le stesse prescrizioni riportate per gli strati di base, binder e drenante Fonoassorbente Speciale (DFAS)

#### 4 . 6 . 2 . 6 TRASPORTO E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Valgono le stesse prescrizioni riportate per gli strati di base, binder e drenante Fonoassorbente Speciale (DFAS)

<b>REQUISITI NECESSARI PER STRATO DI SPLITTMASTIK ASPHALT (SMA)</b>	
Grado di addensamento, nessun valore singolo inferiore al	95 %
Grado di addensamento, media dei valori della stesa	≥ 98%
Vuoti residui in oepra, nessun valore singolo superiore al	10 Vol. -%
Vuoti residui in oepra, media dei valori della stesa	2÷7 Vol. -%

#### 4 . 6 . 2 . 7 BITUMI MODIFICATI

Valgono le stesse prescrizioni riportate per lo starto Drenante Fonoassorbente Speciale ( DFAS)

#### 4 . 6 . 2 . 8 PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA: MEMBRANA IMPERMEABILIZZANTE A MANO D'ATTACCO

Valgono le stesse prescrizioni riportate per lo starto Drenante Fonoassorbente Speciale ( DFAS)

## **5 TRATTAMENTI SUPERFICIALI**

### **5 . 1 GENERALITÀ**

Immediatamente prima di dare inizio ai trattamenti superficiali di prima o di seconda mano, l'Impresa delimiterà i bordi del trattamento con un arginello in sabbia onde ottenere i trattamenti stessi profilati ai margini.

Ultimato il trattamento resta a carico dell'Impresa l'ulteriore profilatura mediante asportazione col piccone delle materie esuberanti e colmataura delle parti mancanti col pietrischetto bituminoso.

### **5 . 2 TRATTAMENTO CON EMULSIONE A FREDDO**

Preparata la superficie da trattare, si procederà all'applicazione dell'emulsione bituminosa al 55%, in ragione, di norma, di Kg 3 per metro quadrato.

Tale quantitativo dovrà essere applicato in due tempi.

In un primo tempo sulla superficie della massicciata dovranno essere sparsi Kg 2 di emulsione bituminosa e  $\text{dm}^3$  12 di graniglia da mm 10 a mm. 15 per ogni metro quadrato.

In un secondo tempo, che potrà aver luogo immediatamente dopo, verrà sparso sulla superficie precedente il residuo di Kg 1 di emulsione bituminosa e  $\text{dm}^3$  8 di graniglia da mm 5 a mm. 10 per ogni metro quadrato.

Allo spargimento della graniglia seguirà una leggera rullatura, da eseguirsi preferibilmente con rullo compressore a tandem, per ottenere la buona penetrazione della graniglia negli interstizi superficiali della massicciata.

Lo spargimento dell'emulsione dovrà essere eseguito con spanditrici a pressione che garantiscano l'esatta ed uniforme distribuzione, sulla superficie trattata, del quantitativo di emulsione prescritto per ogni metro quadrato di superficie nonché, per la prima applicazione, la buona penetrazione nel secondo strato della massicciata fino a raggiungere la superficie del primo, sì da assicurare il legamento dei due strati.

Lo spandimento della graniglia o materiale di riempimento dovrà essere fatto con adatte macchine che assicurino una distribuzione uniforme.

Per il controllo della qualità del materiale impiegato si preleveranno i campioni con le modalità stabilite precedentemente.

Indipendentemente da quanto possa risultare dalle prove di laboratorio e dal preventivo benessere da parte della Direzione dei Lavori sulle forniture delle emulsioni, l'Impresa resta sempre contrattualmente obbligata a rifare tutte quelle applicazioni che, dopo la loro esecuzione, non abbiano dato soddisfacenti risultati, e che sotto l'azione delle piogge abbiano dato segni di rammollimento, stemperamento o si siano dimostrate soggette a facile asportazione mettendo a nudo la sottostante massicciata.

### **5 . 3 TRATTAMENTO CON BITUME A CALDO**

Il trattamento con bitume a caldo, su pavimentazioni bitumate, sarà fatto utilizzando almeno 1  $\text{Kg}/\text{m}^2$  di bitume, dopo una accurata ripulitura, fatta esclusivamente a secco, della pavimentazione esistente.

Gli eventuali rappezzi che si rendessero necessari, saranno eseguiti con la stessa tecnica a cura e spese dell'Impresa.

L'applicazione di bitume a caldo sarà eseguita sul piano viabile perfettamente asciutto ed in periodo di caldo secco.

Ciò implica che i mesi più favorevoli sono quelli da maggio a settembre e che in caso di pioggia il lavoro si debba sospendere.

Il bitume sarà riscaldato a temperatura fra  $160^\circ\text{C}$  e  $180^\circ\text{C}$  entro adatte caldaie che permettono il controllo della temperatura stessa.

L'applicazione dovrà essere fatta mediante spanditrice a pressione in modo tale da garantire l'esatta distribuzione con perfetta uniformità su ogni metro quadrato del quantitativo di bitume prescritto.

Con tale applicazione, debitamente ed immediatamente ricoperta di graniglia di pezzatura corrispondente per circa il 70% alle massime dimensioni prescritte ed in quantità di circa  $\text{m}^3$  1,20

---

---

per 100 m<sup>2</sup>, dovrà costituirsi il manto per la copertura degli elementi pietrosi della massicciata precedentemente trattata con emulsione bituminosa.

Allo spandimento della graniglia seguirà una prima rullatura con rullo leggero e successivamente altra rullatura con rullo di medio tonnellaggio, non superiore alle t. 14, in modo da ottenere la buona penetrazione del materiale nel bitume.

Per il controllo della qualità del materiale impiegato, si preleveranno i campioni con le modalità prescritte.

Verificandosi in seguito affioramenti di bitume ancora molle, l'Impresa provvederà, senza ulteriore compenso, allo spandimento della conveniente quantità di graniglia nelle zone che lo richiedano, procurando che essa abbia ad incorporarsi nel bitume a mezzo di adatta rullatura leggera, in modo da saturarla completamente.

L'Impresa sarà obbligata a rifare, a sua cura, tutte quelle parti della pavimentazione che per cause qualsiasi dessero indizio di cattiva o mediocre riuscita e cioè presentassero accentuate deformazioni della sagoma stradale, ovvero ripetute abrasioni superficiali non giustificate dalla natura e dalla intensità del traffico.

L'Ente si riserva la facoltà di variare le modalità esecutive di applicazione del bitume a caldo, senza che per questo l'Appaltatore possa sollevare eccezioni ed avanzare particolari richieste di compensi. Tanto nei trattamenti di prima mano con emulsione bituminosa, quanto in quelli di seconda mano con bitume a caldo, l'Impresa è obbligata a riportare sul capostrada la graniglia eventualmente non incorporata. Quella che decisamente non può essere assorbita andrà raccolta e depositata nelle piazzole, rimanendo di proprietà dell'Amministrazione.

Gli oneri di cui sopra sono compresi e compensati nei prezzi di Elenco e pertanto nessun maggior compenso spetta all'Impresa per tale titolo.

#### **5 . 4 TRATTAMENTO A CALDO CON BITUME LIQUIDO.**

Il bitume liquido da impiegare per esecuzione di trattamenti dovrà essere quello ottenuto con flussaggio di bitume a penetrazione 100 ÷ 120 e costituito, se di tipo 150/300 per almeno l' 80% da bitume, se di tipo 350/700 per almeno l'85% da bitume e per la restante parte, in ambedue i casi, da olio di catrame.

I bitumi liquidi, da impiegarsi per l'esecuzione di trattamenti superficiali, dovranno avere le caratteristiche prescritte dal fascicolo n. 7 delle norme del C.N.R del 1957 .

Il tipo di bitume liquido da impiegarsi sarà prescritto dalla Direzione dei Lavori tenendo conto che per la temperatura ambiente superiore ai 15°C si dovrà dare la preferenza al bitume liquido 350/700, mentre invece con temperatura ambiente inferiore dovrà essere impiegato quello con viscosità 150/300.

In nessun caso si dovrà lavorare con temperature ambienti inferiori agli 8°C.

Con le consuete modalità si procederà al prelievo dei campioni prima dell'impiego, i quali verranno sottoposti all'analisi presso Laboratori Qualificati .

Il lavoro di trattamento dovrà essere predisposto su metà strada per volta, onde non interrompere la continuità del traffico e la buona riuscita del lavoro.

Il vecchio manto bituminoso dovrà essere sottoposto ad una accurata operazione di depolverizzazione e raschiatura della superficie, mediante spazzoloni, scope metalliche e raschietti.

Così preparata la strada, la tratta da sottoporre a trattamento sarà delimitata lungo l'asse stradale per l'esecuzione a metà carreggiata per volta e poi, in modo uniforme, sarà distribuito sulla superficie, con distribuzione a pressione, il bitume liquido nella quantità media di 1 Kg/m<sup>2</sup> previo suo riscaldamento a temperatura tra i 100°C e 110°C entro adatti apparecchi che permettano il controllo della temperatura stessa.



La distribuzione del bitume dovrà avvenire con perfetta uniformità su ogni metro quadrato nel quantitativo di bitume prescritto.

Dovranno evitarsi in modo assoluto le chiazze e gli eccessi di bitume, rimanendo stabilito che le aree così trattate dovranno essere raschiate e sottoposte a nuovo trattamento a totale spesa dell'Impresa.

Immediatamente dopo lo spandimento del bitume, la superficie stradale dovrà essere ricoperta con pietrischetto in ragione di litri 20 per metro quadrato, di cui litri 17 dovranno essere di pezzatura rigorosa da mm 16 a mm 18 e litri 3 di graniglia da mm 2 a mm 4.

Pertanto, gli ammannimenti rispettivi di pietrischetto e di graniglia su strada, dovranno essere fatti a cumuli alternati rispondenti singolarmente alle diverse pezzature e nei volumi rispondenti ai quantitativi fissati.

I quantitativi di pietrischetto e di graniglia così ammanniti verranno controllati con apposite misurazioni da eseguirsi prima dell'inizio della bitumatura.

Il pietrischetto della pezzatura più grossa verrà sparso uniformemente sulla superficie bitumata ed in modo che gli elementi siano fra di loro a stretto contatto.

Dopo pochi passaggi di rullo pesante si procederà al conguaglio delle eventuali irregolarità di sparsa del pietrischetto suddetto, facendo le opportune integrazioni e, quindi, si procederà allo spargimento della graniglia minuta ad intasamento dei vuoti rimasti fra gli elementi del pietrischetto precedentemente sparso.

Allo spandimento completo del pietrischetto e della graniglia seguirà la rullatura con rullo pesante, in modo da ottenere la buona penetrazione del materiale nel bitume.

Si dovrà aver cura che il pietrischetto e la graniglia, all'atto dello spargimento, siano bene asciutti ed in precedenza riscaldati dal sole rimanendo vietato l'impiego di materiale umido.

I tratti sottoposti a trattamento dovranno rimanere chiusi al traffico per almeno 18 ore e, quindi, la bitumatura dovrà essere eseguita su strisce di metà strada alternate alla lunghezza massima di m. 300.

A tal fine l'Impresa dovrà disporre un apposito servizio di guardiania diurna e notturna per il pilotaggio del traffico, del cui onere s'è tenuto largamente conto nella determinazione del prezzo unitario.

L'Impresa provvederà a sua cura e spese all'apposizione di cartelli di segnalazione, cavalletti, ecc., occorrenti per la chiusura al traffico delle estese trattate.

Il pietrischetto, che risulterà non incorporato nel bitume, per nessun motivo potrà essere impiegato in trattamenti di altre estese di strada.

Infine l'Impresa provvederà, con i propri operai, alla esatta profilatura dei bordi della nuova pavimentazione, al ricollocamento in opera delle punteggiature marginali spostate dal compressore, nonché alla raschiatura ed eventuale pulitura di zanelle, di cordonate, di marciapiedi, imbrattati durante l'esecuzione dei lavori, essendo tali oneri stati compresi nella determinazione dei prezzi di Elenco.

Si pattuisce che quelle aree di trattamento che in prosieguo di tempo risultassero difettose, ovvero prive di penetrazione di pietrischetto e di graniglia, saranno dall'Appaltatore sottoposte, a totale sua spesa, ad un nuovo ed analogo trattamento.

---

---

## 6 SCARIFICAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESISTENTI

Per i tratti di strada già pavimentati sui quali dovrà procedersi a ricarichi o risagomature, l'Impresa dovrà dapprima ripulire accuratamente il piano viabile, provvedendo poi alla scarificazione della massiciata esistente adoperando, all'uopo, apposito scarificatore opportunamente trainato e guidato.

---

---

La scarificazione sarà spinta fino alla profondità ritenuta necessaria dalla Direzione dei Lavori entro i limiti indicati nel relativo articolo di Elenco, provvedendo poi alla successiva vagliatura e raccolta in cumuli del materiale utilizzabile, su aree di deposito procurate a cura e spese dell'Impresa.

#### **6 . 1 FRESATURA DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON IDONEE ATTREZZATURE**

La fresatura della sovrastruttura per la parte legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature, munite di frese a tamburo, funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Potranno essere eccezionalmente impiegate anche attrezzature tradizionali quali ripper, escavatore, demolitori, ecc., a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti.

Nel corso dei lavori la D.L. potrà richiedere la sostituzione delle attrezzature anche quando le caratteristiche granulometriche risultino idonee per il loro reimpiego in impianti di riciclaggio.

La superficie del cavo dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera (questa prescrizione non è valida nel caso di demolizione integrale degli strati bituminosi).

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla D.L.

Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o in eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediatamente comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito.

Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente puliti, asciutti e uniformemente rivestiti dalla mano di attacco in legante bituminoso.

---

---

### **7 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE**

#### **7 . 1 GENERALITÀ**

I conglomerati bituminosi rigenerati in impianto fisso o mobile sono costituiti da misti granulari composti da conglomerati preesistenti frantumati, inerti nuovi, aggiunti in proporzioni e tipo variabili a seconda della natura di conglomerato (base, binder, usura) che si deve ottenere, impastati a caldo con bitume, al quale viene aggiunto un idoneo prodotto di natura aromatica, che rigeneri le proprietà del legante contenuto nelle miscele bituminose preesistenti, la messa in opera avviene con sistemi tradizionali.

---

---

Il conglomerato bituminoso preesistente denominato, proviene in genere dalla frantumazione, direttamente dalla sua primitiva posizione, con macchine fresatrici (preferibilmente a freddo). Per i materiali descritti nel presente articolo, in carenza di indicazioni, valgono le prescrizioni per i conglomerati bituminosi.

### 7 . 2 INERTI

Le percentuali massime del materiale da riutilizzare non dovranno superare il 50%, il restante materiale sarà costituito da nuovi inerti, aventi i requisiti di accettazione previsti per i conglomerati normali.

Si potrà usare materiale fresato di qualsiasi provenienza, per impieghi nello strato di base; materiale proveniente da vecchi strati di binder ed usura, per impieghi nello strato di binder; solo materiali provenienti da strati di usura per gli strati di usura.

### 7 . 3 LEGANTE

Il legante sarà costituito da quello presente nel materiale fresato integrato da bitume nuovo, generalmente additivato con rigeneranti-fluidificanti in modo da ottenere le viscosità e le caratteristiche di adesione prescritte nel punto che segue.

Il bitume fresco sarà normalmente del tipo di penetrazione 80/100, salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori.

### 7 . 4 MISCELA

La granulometria della miscela costituita da materiale di risulta dalla fresatura e dai nuovi inerti dovrà corrispondere al fuso prescritto nelle specifiche norme tecniche per il tipo di conglomerato che si vuol realizzare (base, binder o usura).

La percentuale di bitume da aggiungere e la percentuale di rigenerante da utilizzare saranno determinate come appresso.

Percentuale totale di bitume (Pt) della miscela ottenuta (materiali fresati e materiali nuovi):

$$Pt = 0,035 a + 0,045 b + c d + f$$

essendo:

Pt = % (espressa come numero intero) di bitume in peso sul conglomerato.

a = % di aggregato trattenuto al N. 8 (ASTM 2.38 mm) .

b = % di aggregato passante al N. 8 e trattenuto al N. 200 (0.074).

c = % di aggregato passante al N. 200.

d = 0,15 per un passante al N. 200 compreso tra 11% e 15%.

d = 0,18 per un passante al N. 200 compreso tra 6% e 10%.

d = 0,20 per un passante al N. 200 < 5%.

f = parametro compreso normalmente fra 0,7 e 1, variabile in funzione dell'assorbimento degli inerti.

La percentuale rispetto al totale degli inerti, di legante nuovo da aggiungere (Pn) sarà pari a

$$P_n = (P_{1n} \pm 0,2)$$

dove  $P_{1n}$  è:

$$P_{1n} = Pt - (P_v \times P_r)$$

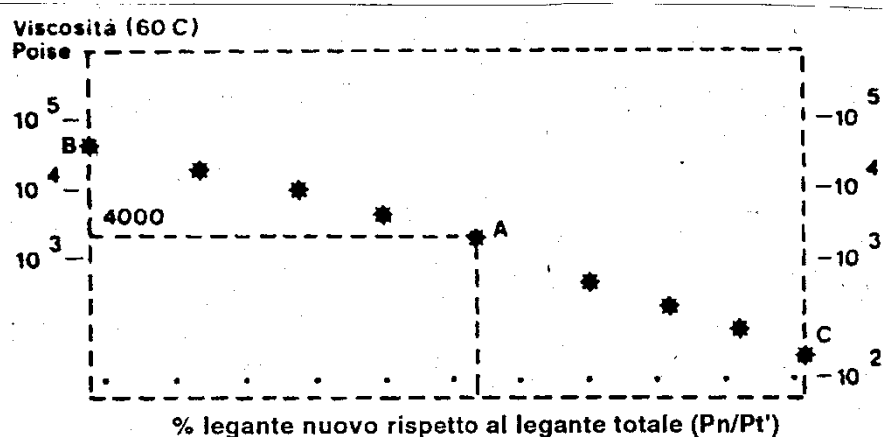
in cui:

Pv = % di bitume vecchio preesistente (rispetto al totale degli inerti).

Pr = valore decimale della percentuale di materiale riciclato (nel nostro caso maggiore o uguale a 0,5).

La natura del legante nuovo da aggiungere sarà determinata in base ai seguenti criteri:

la viscosità del legante totale a 60°C non dovrà superare 4.000 poise, quindi, misurata la viscosità del legante estratto ( b ) è possibile calcolare la viscosità (sempre a 60°C) che dovrà avere il legante da aggiungere usando il monogramma su scala semilogaritmica della figura seguente.



Indicando con A il punto le cui coordinate sono: il valore ottenuto di Pn/Pt' ed il valore della viscosità di 4.000 poise, l'intersezione della retta con l'asse verticale corrispondente al valore 100 dell'asse orizzontale, fornisce il valore C della viscosità del legante che deve essere aggiunto.

Qualora non sia possibile ottenere il valore C con bitumi puri, si dovrà ricorrere a miscele bitume-rigenerante. Si ricorda che la viscosità a 60°C di un bitume C.N.R. 80/100 è 2.000 poise.

Per valutare la percentuale di rigenerante necessaria si dovrà costruire in un diagramma viscosità percentuale di rigenerante rispetto al legante nuovo, una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

- K = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto nelle proporzioni determinate secondo i criteri precedenti, senza rigenerante.
- M = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.
- F = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 20% in peso rispetto al bitume aggiunto.

Da questo diagramma mediante interpolazione lineare è possibile dedurre, alla viscosità di 2.000 poise, la percentuale di rigenerante necessaria.

La miscela di bitume nuovo o rigenerato nelle proporzioni così definite dovrà soddisfare particolari requisiti di adesione determinabili mediante la metodologia Vialit dei "Points et Chaussees" i risultati della prova eseguita su tale miscela non dovranno essere inferiori a quelli ottenuti sul bitume nuovo senza rigenerante.

Il conglomerato dovrà avere gli stessi requisiti (in termini di valori Marshall e di vuoti) richiesti per i conglomerati tradizionali; ulteriori indicazioni per il progetto delle miscele potranno essere stabilite dalla D.L. utilizzando la prova di deformabilità viscoplastica a carico costante (C.N.R. 106-1985).

---

---

Il parametro J1 (ricavabile dalla prova CREEP) dovrà essere definito di volta in volta (a seconda del tipo di conglomerato), mentre lo Jp a 40°C viene fissato il limite superiore di

$$20 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$$

---

da N.s.

#### **7.4.1 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE**

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi o mobili automatizzati del tipo a tamburo essiccatore - mescolatore.

Il dispositivo di riscaldamento dei materiali dovrà essere tale da ridurre al minimo il danneggiamento e la bruciatura del bitume presente nei materiali da riciclare, pur riuscendo ad ottenere temperature (e quindi viscosità) tali da permettere l'agevole messa in opera (indicativamente superiori a 130°C ÷ 140°C).

L'impianto fisso dovrà essere dotato del numero di predosatori sufficienti per assicurare l'assortimento granulometrico previsto.

Il dosaggio a peso dei componenti della miscela dovrà essere possibile per ogni predosatore. Sarà auspicabile un controllo automatico computerizzato dei dosaggi (compreso quello del legante); questo controllo sarà condizione necessaria per l'impiego di questo tipo d'impianto per il confezionamento dei conglomerati freschi; questo impiego potrà essere reso possibile in cantieri in cui si usino materiali rigenerati e vergini solo dopo accurata valutazione di affidabilità dell'impianto.

L'impianto sarà dotato di tutte le salvaguardie di legge per l'abbattimento di fumi bianchi e azzurri, polveri, ecc.

#### **7.4.2 POSA IN OPERA DELLE MISCELE.**

Valgono le prescrizioni dei conglomerati tradizionali, con gli stessi requisiti anche per le densità in situ.

---

---

## **8 MICROTAPPETI A FREDDO**

### **8.1 GENERALITÀ**

Il microtappeto è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

La malta è formata da una miscela di inerti particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con un'apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

### **8.2 INERTI**

Gli inerti, costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler, con granulometria ben graduata e continua, devono soddisfare particolari requisiti di pulizia, poliedricità, resistenza meccanica, all'abrasione ed al levigamento.

---

---

Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di cava; perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (C.N.R. 34 -1973), minore del 18%;

il coefficiente di levigabilità accelerata C.L.A. determinato su tali pezzature dovrà essere uguale o maggiore di 0,45 (C.N.R. 140 - 1992);

La porosità dovrà essere  $\leq 1.5\%$  (C.N.R. 65 - 1978);

La quantità di frantumato dovrà essere 100%.

Il coefficiente di imbibizione (C.N.R. Fasc. n.4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali")  $\leq 0,015$ ;

I coefficienti di forma "Cf" e di appiattimento "Ca" inferiori od uguali rispettivamente a 3 ed a 1,58 (C.N.R. 95 - 1984);

La sensibilità al gelo  $\leq 20\%$  (C.N.R. 80 -1980);

Lo spogliamento in acqua a 40°C (con impiego di "dopes" di adesione) 0% (Norma ASTM D1664/80 - CNR.138 -1992)

L'aggregato fino sarà composto da sabbia di frantumazione.

La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione non dovrà in ogni modo essere inferiore all' 85% della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi, da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova Los Angeles, (C.N.R. B.U. n. 34/1973 - Classe "C"), eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due, dovrà essere maggiore od uguale all' 80% (CNR 27 - 1972).

### 8 . 3 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte al punto precedente potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 32,5).

Gli additivi impiegati dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- a) potere rigidificante con un rapporto filler/bitume pari a 1,5; il  $\Delta PA$  dovrà essere  $\geq 5^\circ C$ ;
- b) alla prova CNR 75 -1980 i passanti in peso dovranno essere compresi nei seguenti limiti minimi:**

Setaccio UNI 0,40 passante in peso per via umida 100%

Setaccio UNI 0,18 passante in peso per via umida 90%

Setaccio UNI 0,075 passante in peso per via umida 80%

c) della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 50% deve passare a tale setaccio anche a secco.

d) l'indice di plasticità deve risultare non plastico (NP) (CNR UNI 10014)

### 8 . 4 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei fusi di seguito elencati in funzione dello spessore finale richiesto:

Spessore minimo Crivelli e setacci UNI		9 mm	6 mm	4 mm
15	Passante: %	100	100	100

10	Passante: %	85 ÷ 100	100	100
5	Passante: %	55 ÷ 75	55 ÷ 80	85 ÷ 100
0,4	Passante: %	14 ÷ 28	14 ÷ 28	22 ÷ 36
0,18	Passante: %	8 ÷ 19	8 ÷ 19	11 ÷ 22
0,0075	Passante: %	4 ÷ 10	5 ÷ 10	6 ÷ 10

Miscele con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la D.L.

### 8 . 5 MALTA BITUMINOSA

Il legante bituminoso sarà costituito da una emulsione bituminosa al 60% di tipo elastico a rottura controllata, modificata con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsione.

Per la realizzazione dell'emulsione si dovrà esclusivamente impiegare il bitume di tipo "semisolido" le cui caratteristiche sono riportate qui di seguito.

L'impiego di altri tipi di bitumi potrà essere autorizzato esclusivamente dalla D.L.

I leganti bituminosi semisolidi sono quei bitumi per uso stradale costituiti da "bitumi di base" e "bitumi modificati", così distinti:

#### 8 . 5 . 1 "BITUMI DI BASE"

I "bitumi di base" sono i medesimi bitumi semisolidi per uso stradale di normale produzione riportati nel capitolo 3 della presente sezione.

Detti leganti sono denominati "A" e "B".

I "bitumi di base" non rientranti nelle specifiche richieste per i leganti "A" e "B" potranno essere accettati dopo additivazione con attivanti chimici funzionali al fine di riportare le caratteristiche entro i limiti di accettazione senza aggravio di costo per l'Ente appaltante.

L'aggiunta di prodotti chimici correttivi non dovrà essere superiore al 6% in peso riferito al legante da correggere.

Nel caso contrario (ovvero prodotto non accettabile) si dovrà sostituire quello giudicato deficitario (mediante rimozione e scarica a carico dell'Impresa) con altro nuovo prodotto, che sarà sottoposto in seguito a nuovo giudizio da parte della D.L. e/o della Committente.

In ogni modo dette operazioni di rimozione e di ripristino saranno effettuate a totale carico dell'Impresa e sotto il controllo della D.L..

Per tutte le lavorazioni andrà sempre impiegato il bitume di tipo "A", salvo casi particolari in cui potrà essere impiegato il bitume "B" (è ammissibile nelle Regioni più fredde, nord o zone in quota) sempre su preventiva autorizzazione della D.L..

#### 8 . 5 . 2 "BITUMI MODIFICATI"

I "bitumi modificati" sono bitumi di particolare natura e produzione (utilizzati per uso stradale) ovvero bitumi "elastomerizzati" (residuo della distillazione del petrolio) aventi le caratteristiche indicate nella tabella seguente, e sono utilizzati per trattamenti superficiali a freddo (TSF)

Legante "F" (x) (% di modificante/i (+) = 6% - 8%)

CARATTERISTICHE	UNITÀ'	VALORE (x)
Penetrazione a 25°C/298°K, 100g, 5s	0,1 mm	50 60
Punto di rammollimento	C / K	65-75/338-348
Indice di penetrazione		-1 / +1
Punto di rottura (Fraass), min.	C / K	-14 / 259

Viscosità dinamica a T = 80°C / 353°K, gradiente di velocità = 1 s <sup>-1</sup>	Pa.s	80 – 130
Viscosità dinamica a T = 160°C / 433°K, gradiente di velocità = 1 s <sup>-1</sup>	Pa.s	0,2 – 0,4

(x) si intendono polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica (SBS-R, EVA, EMA)

(-) da usare in emulsione con acqua ed agenti emulsionanti

(+) determinati sul residuo secco.

Nella "malta bituminosa" suddetta dovranno essere impiegati "dopes" (additivi chimici attivanti l'adesione bitume aggregati) particolari e complessi per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli inerti, per intervenire sul tempo di rottura dell'emulsione e per permettere la perfetta miscelazione dei componenti della miscela.

Il loro dosaggio (previsto originariamente tra lo 0,4% e lo 0,6 % sul peso del bitume da trattare) ottimizzato con uno studio di laboratorio, sarà individuato in funzione delle condizioni esistenti al momento dell'applicazione e specialmente in relazione alla temperatura ambiente e del piano di posa.

## 8 . 6 COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

<b>Spessore minimo:</b>		<b>9 mm</b>	<b>6 mm</b>	<b>4 mm</b>
Dosaggio della malta	Kg/m <sup>2</sup>	13 ÷ 20	8 ÷ 14	6 ÷ 10
Dimensione massima degli inerti	mm	10 ÷ 12	7 ÷ 9	5 ÷ 6
Contenuto di bitume elastomerizzato residuo (% in peso sugli inerti)	%	5,0 ÷ 7,5%	6 ÷ 8%	7 ÷ 10%

### 8 . 6 . 1 ACQUA

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

### 8 . 6 . 2 CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con apposita macchina impastatrice stenditrice semovente costituita essenzialmente da:

- Serbatoio dell'emulsione bituminosa
- Tramoggia degli aggregati lapidei
- Tramoggia del filler
- Dosatore degli aggregati lapidei
- Nastro trasportatore
- Spruzzatore dell'emulsione bituminosa
- Spruzzatore dell'acqua
- Mescolatore
- Stenditore a carter

Le operazioni di produzione e stesa devono avvenire in modo continuo, connesso alla velocità d'avanzamento della motrice, nelle seguenti fasi:

- ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore



- aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo
- miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di inerti e del suo grado di umidità`...
- aggiunta dell'emulsione bituminosa
- miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto
- colamento dell'impasto nello stenditore a carter
- distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa e livellamento

Prima di iniziare la stesa del microtappeto si dovrà procedere ad un'energica pulizia della superficie stradale oggetto del trattamento, manualmente o per mezzo di mezzi meccanici: tutti i detriti e le polveri dovranno essere allontanati.

In alcuni casi a giudizio della D.L. dovrà procedersi ad un'omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la D.L. potrà ordinare, prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione del trattamento superficiale per mezzo di stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 Kg di sabbia per m<sup>2</sup> di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati.

Al termine delle operazioni di stesa il trattamento superficiale dovrà presentare un aspetto regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

In zone con sollecitazioni superficiali trasversali forti (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa sia leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura dovrà essere effettuata con apposito rullo gommato leggero a simulazione del traffico veicolare munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

La produzione o la posa in opera del trattamento superficiale dovrà essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore ai 5°C ed in caso di pioggia.

### 8 . 6 . 3 RESINA BICOMPONENTE ED INERTI SINTETICI

Il trattamento consiste nell'operazione di irruvidimento del manto stradale da effettuare con inerti di elevate caratteristiche di resistenza all'abrasione ed all'urto, tramite resina bi componente da applicare sulla pavimentazione preesistente.

L'inerte deve essere sintetico proveniente da residui di fusione di minerale di ferro-cromo al forno elettrico, privo di materiali rigonfianti quali calce libera o magnesio e senza tendenza alla disgregazione; esente da polveri o da materiali estranei o simili, e rispondere ai seguenti requisiti:

- la perdita alla prova "D" della Los Angeles (UNI EN 1097-2:2010) eseguita sulla pezzatura 3/5 mm deve essere minore od uguale a 22%;
- il coefficiente di imbibizione, secondo le norme B.U. CNR fasc. IV/1953 deve essere minore od uguale a 0,015;
- il coefficiente di levigatezza accelerato C.L.A. (UNI EN 1097-8:2009) deve essere maggiore od uguale a 0,52;
- il 5% in peso deve essere la percentuale massima consentita come trattenuto al setaccio ISO3310 da 4 mm e come passante al setaccio 10 ASTM;
- l'inerte sintetico deve possedere una porosità dei granuli compresa tra il 2% e lo 0,7% (CNR B.U. n° 65 del 18 maggio 1978);
- la massa volumica apparente dei granuli deve essere compresa tra 2,96 gr/cm<sup>3</sup> e 3,00 gr/cm<sup>3</sup> (CNR B.U. n° 63 del 15 maggio 1978);

- L'indice di forma "Cf" (UNI EN 933-4:2008) e di appiattimento "Ca" (UNI EN 933-3:2012) dovrà essere minore o uguale rispettivamente al 25 e al 20 %

Altri materiali sintetici potranno essere usati, purché abbiano le stesse caratteristiche.

Il legante deve essere una resina bicomponente i due componenti devono essere miscelati nel rapporto 2:1 in peso al momento dell'impiego e lavorati a temperature adeguate.

La superficie della strada deve essere vigorosamente spazzolata, per togliere la polvere e qualsiasi corpo estraneo.

Le quantità espresse in kg/m<sup>2</sup> di resina e di graniglia da applicare sulle pavimentazioni sono in funzione del piano di posa interessato e della granulometria della graniglia da utilizzare e devono essere comprese nei seguenti limiti:

Per piani di posa chiusi:

	RESINA daN/m <sup>2</sup>	GRANIGLIA (dopo pulizia)
Granulometria 3/4 mm:	0,9 ÷ 1,1	5 ÷ 8
Granulometria 2/3 mm:	0,7 ÷ 0,9	4 ÷ 7

Per piani di posa aperti :

	RESINA daN/m <sup>2</sup>	GRANIGLIA (dopo pulizia)
Granulometria 3/4 mm:	1,0 ÷ 1,5	5 ÷ 10
Granulometria 2/3 mm:	0,8 ÷ 1,4	4 ÷ 9

N.B.: La granulometria 2/3 deve essere impiegata solamente su pavimentazioni drenanti fonoassorbenti

## **9 MICROTAPPETI A FREDDO CON INERTI CHIARI NATURALI O ARTIFICIALI DA IMPIEGARE IN GALLERIA**

### **9 . 1 GENERALITÀ**

Il microtappeto è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

La malta è formata da una miscela di inerti chiari naturali o artificiali particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con un'apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

### **9 . 2 MATERIALI CHIARI NATURALI**

Valgono le stesse prescrizioni indicate al punto 2.1.3.1.

### **9 . 3 MATERIALI ARTIFICIALI CHIARI.**

Valgono le seguenti prescrizioni.

Gli aggregati chiari artificiali dovranno essere puliti, esenti da polveri o da materiali estranei e rispondere ai seguenti requisiti:

- perdita in peso alla prova Micro-Deval in acqua, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 6% (Norma C.N.R. B.U. n° 109 del 20-12-1985);
- coefficiente di levigatezza accelerata C.L.A. maggiore od eguale a 0,48.

Le classi granulometriche  $d/D$  da impiegarsi dovranno essere le seguenti:  $4 \div 8$  e  $10 \div 15$ , con l'avvertenza che le granulometrie si riferiscono a setacci a maglie quadrate.

Le percentuali delle code di pezzatura dovranno essere, per le parti maggiori di  $D$ , inferiori al 5% in peso e per le parti minori di  $d$ , inferiori al 10% in peso.

Gli elementi dell'aggregato dovranno avere forma idonea (non eccessivamente allungati o appiattiti).

L'indice di forma dell'aggregato (rapporto percentuale tra la massa degli elementi di forma non idonea e la massa totale del campione di prova) dovrà essere inferiore al 15%.

Ciascun elemento dell'aggregato risulterà di forma non idonea se avrà un coefficiente di forma (rapporto tra la lunghezza  $L$  e lo spessore  $S$ )  $C_f < 3$ .

L'indice di appiattimento dell'aggregato (rapporto percentuale tra la somma delle masse degli elementi di forma non idonea di ciascuna frazione granulometrica e la somma delle masse delle frazioni granulometriche costituenti il campione di prova) dovrà essere inferiore al 15%.

Ciascun elemento dell'aggregato risulterà di forma non idonea se avrà un coefficiente di appiattimento (rapporto tra la larghezza  $D$  e lo spessore  $S$ )  $C_a > 1,58$ .

L'indice di forma e l'indice di appiattimento saranno determinati secondo le modalità della Norma CNR BU n° 95 del 31-1-1984.

#### 9.3.1 MODALITÀ ESECUTIVE

Le modalità da seguire per la posa in opera saranno le seguenti:

- Posa in opera di strato di ancoraggio e livellamento dello spessore medio di mm 4.
- Riscaldamento dello strato appena steso con una serie di piastre radianti di potenzialità complessiva pari a 800.000 Kcal/ora, sino alla completa evaporazione dell'acqua.
- Apertura del traffico a velocità controllata.
- Stesa dello strato superiore dello spessore medio di mm. 9.
- Sabbiatura con sabbia ricca in filler a protezione della malta dal contatto dei pneumatici delle macchine operative.
- Rullatura con apposito rullo gommato leggero a simulazione del traffico veicolare munito di piastra riscaldante per favorire la risalita dell'acqua e per una sua prima parziale eliminazione.
- Riscaldamento con la solita piastra sino alla completa eliminazione dell'acqua.

Apertura al traffico a velocità controllata.

---

## 10 RIPRISTINI /LAVORAZIONI PARTICOLARI DI DETTAGLIO

### 10.1 RIPARAZIONE PICCOLE SUPERFICI E RISAGOMATURA DELE ORMAIE

La riparazione di piccole e circoscritte superfici di pavimentazione ammalorata più o meno diffuse nell'ambito della stessa carreggiata, sarà effettuata con interventi limitati ai punti ammalorati secondo esplicita richiesta della D.L.

In particolare dovranno essere impiegate squadre di lavoro con frese, finitrici e rulli di idonee

---

dimensioni per essere facilmente trasportate ed in grado di realizzare il lavoro a perfetta regola d'arte.

In corrispondenza di fenomeni deformativi visco-plastici (ormai) particolarmente evidenti, andrà prevista prima della realizzazione del nuovo tappeto d'usura, la fresatura dell'eccesso superficiale abbinata alla stesa di un micotappeto bituminoso a caldo, avente la funzione di risagomare il piano viabile deformato.

Le caratteristiche ed i requisiti di accettazione dei materiali inerti e leganti costituenti la miscela, come pure le prescrizioni per la formazione, la confezione e la posa in opera delle miscele, saranno del tutto conformi a quanto già specificato precedentemente per gli strati di sura dei conglomerati bituminosi.

L'impiego di bitume modificato è indispensabile in questo tipo di applicazioni e si utilizzerà un legante modificato 50/70 – 65 con le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE	UNITÀ'	VALORE (x)
Penetrazione a 25°C/298°K, 100g, 5s	0,1 mm	50 - 70
Punto di rammollimento	C	≥ 65
Ritorno elastico a 25°C	%	≥ 75
Punto di rottura (Fraass), min.	C	≤ -15
Invecchiamento (RTFOT) penetrazione residua	%	≥ 60
Viscosità dinamica a T = 160°C / 433°K	Pa.s	≥ 0,4

## 10.2 SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA

Gli interventi di sigillatura per chiudere le lesioni o le microlesioni presenti sulla pavimentazione longitudinalmente o trasversalmente dovranno essere effettuate tempestivamente in modo da bloccare o contenere il fenomeno di rottura appena questo si manifesta, evitando così la veloce degradazione del tappeto. Se le lesioni sono molto diffuse la D.L. effettuerà un'attenta valutazione per stabilire l'intervento più idoneo tra quelli elencati in seguito:

### - Sigillatura delle lesioni con emulsione e sabbia

Le sigillature saranno realizzate con emulsione modificata (aventi le caratteristiche della tabella seguente) e sabbia umida con granulometria continua tra 0 e 5 mm:

CARATTERISTICHE	UNITÀ'	VALORE	NORMA
Contenuto di acqua	% in peso	≤ 35	CNR-BU 100/84
Contenuto di bitume	% in peso	≥ 65	CNR-BU 100/84
Contenuto di flussante	% in peso	≤ 2	CNR-BU 100/84
Velocità di rottura demulsiva	% in peso	≥ 50	ASTM D 244
omogeneità	% in peso	≤ 0,2	ASTM D 244
Viscosità Engler a 20°C	°E	≥ 15	CNR-BU 102/84
Grado di acidità	Ph	≤ 7	ASTM E 70

Sedimentazione a 5 gg	% in peso	≤ 5	ASTM D 244
-----------------------	-----------	-----	------------

#### - Sigillatura delle lesioni con bitume modificato e lancia termica

La sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni eseguita con bitumi modificati colati a caldo dovrà essere eseguita con idonee attrezzature in grado di effettuare operazioni di pulitura delle stesse lesioni per tutta la profondità, riscaldamento delle pareti e colatura del sigillante fino alla loro completa otturazione.

Il sigillante sarà bitume modificato con le caratteristiche seguenti:

CARATTERISTICHE	UNITÀ'	VALORE (x)
Penetrazione a 25°C/298°K, 100g, 5s	0,1 mm	50 - 70
Punto di rammollimento	C	≥ 65
Ritorno elastico a 25°C	%	≥ 75
Punto di rottura (Fraass), min.	C	≤ -15
Invecchiamento (RTFOT) penetrazione residua	%	≥ 60
Viscosità dinamica a T = 160°C / 433°K	Pa.s	≥ 0,4

Il bitume sarà uniformemente riscaldato alla temperatura di consistenza fluida e verrà poi versato con apposito dispositivo all' interno della lesione fino alla sua completa otturazione, assicurando la saturazione di eventuali microlesioni superficiali ai bordi della stessa lesione con la creazione di una striscia continua della larghezza variabile da 2 a 3 centimetri e profonda da 5 a 10 centimetri

## 1 1 SPECIFICA DI CONTROLLO

### 1 1 . 1 DISPOSIZIONI GENERALI

La seguente specifica si applica ai vari tipi di pavimentazioni costituenti l'infrastruttura stradale e precedentemente esaminati.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, bitumi, cementi, etc) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla D.L., i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio.

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

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale.

I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

---

---

## **12 STRATI DI FONDAZIONE**

### **12.1 FONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULOMETRICAMENTE STABILIZZATO**

#### **12.1.1 PROVE DI LABORATORIO**

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- a) granulometria compresa del fuso riportato al paragrafo 2.1.1 e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti;
- b) dimensioni non superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- c) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- d) prova Los Angeles (UNI EN 1097 p.2) eseguita sulle singole pezzature con perdita in peso inferiore al 30%;
- e) equivalente in sabbia (CNR 27 – 1972) misurato sulla frazione passante al setaccio n 4 compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà essere eseguito anche sul materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia -65- potrà essere variato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25-35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47:2012) di cui al successivo comma.

f) indice di portanza CBR dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50. Inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottima di costipamento.

g) Prova di costipamento delle terre, con energia AASHO modificata (CNR 69 – 1979).

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a), b), d), e), salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 - 35.

#### **12.1.2 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA**

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, ed inviando i campioni di norma presso un Laboratorio Qualificato.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

---

---

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modo più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione. I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti ; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

#### **12.1.3 PROVE DI LABORATORIO**

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio riportate al punto 2.1.1.

La rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele con quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera.

L'indice di portanza CBR verrà effettuato ogni 1000 m<sup>2</sup> di strato di fondazione realizzato.

#### **12.1.4 PROVE IN SITO**

Le caratteristiche dei materiali, per ogni singolo strato posto in opera, saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito: dovrà essere effettuato un prelievo ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera;
- Prova di carico con piastra circolare, nell'intervallo 0.15 – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore ai 80 MPa. Sarà effettuata ogni 300 m lineari di strada

### **12.2 FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO**

#### **12.2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE**

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

##### **12.2.1.1 INERTI**

Gli inerti da impiegare per la realizzazione della miscela saranno conformi a quanto previsto nella norma UNI EN 12620:2013, inoltre :

- a) granulometria compresa nel fuso riportato al punto 2.2.1 ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR 23 - 1971);
- b) dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- c) prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) con perdita in peso non superiore al 30% in peso;
- d) equivalente in sabbia (CNR 27 – 1972) compreso fra 30- 60;
- e) indice di plasticità : non determinabile (materiale non plastico).

##### **12.2.1.2 LEGANTE**

Dovrà essere impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'alto forno).

Dovranno soddisfare ai requisiti di legge e alle prescrizioni riportate nella sezione “calcestruzzi” del presente Capitolato.

##### **12.2.1.3 ACQUA**

La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (CNR 69 – 1978) con una variazione compresa entro  $\pm 2\%$  del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate di seguito.

---

---

1 2 . 2 . 1 . 4 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO

L'Impresa dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, dovranno essere stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi CBR (UNI EN 13286-47:2012) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm<sup>3</sup>); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di 17,78 cm.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

La miscela verrà costipata su 5 strati, con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato, con 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51+0,5 mm, peso pestello 4,535+0,005 Kg, altezza di caduta 45,7 cm).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 293 K); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello 25) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini dovranno avere resistenza a compressione a 7 giorni non minore di 2,5 MPa e non superiore a 4,5 MPa, ed a trazione secondo la prova "brasiliana" (CNR 97 - 1984), non inferiore a 0,25 MPa.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7,5 MPa (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di  $\pm 15\%$ , altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze da confrontare con quelle di progetto e da usare come riferimento nelle prove di controllo.

1 2 . 2 . 1 . 5 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, ed inviando dei campioni di norma presso un Laboratorio Qualificato.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

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

---

---



12.2.1.6 PROVE DI LABORATORIO

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio, riportate nel punto 2.2.1

La rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele con quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera. Le caratteristiche di resistenza ogni 1000 m<sup>2</sup> di strato di fondazione realizzato.

12.2.1.7 PROVE IN SITO

Le caratteristiche dei materiali, posti in opera, saranno accertate mediante le seguenti prove in sito:

- Massa volumica della terra in sito: dovrà essere effettuato un prelievo ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera;
- Prova di carico con piastra circolare, nell'intervallo 0.15 – 0.25 MPa, per ogni strato di materiale posto in opera, non dovrà essere inferiore ai 150 MPa. Sarà effettuata ogni 300 m lineari di strada

---

---

## 13 STRATO DI BASE

### 13.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

#### 13.1.1 INERTI

Gli inerti da impiegare dovranno essere sottoposti alle seguenti prove di laboratorio:

- a) granulometria : la cui curva dovrà essere contenuta nel fuso riportato al punto 3.4.
- b) prova Los Angeles (UNI EN 1097 p.2) con perdita in peso sulle singole pezzature non superiore al 25 % in peso;
- c) equivalente in sabbia (CNR 27 – 1972) superiore a 50;
- d) granulometria degli additivi (eventuali): che dovranno soddisfare i seguenti requisiti:
  - setaccio UNI 0,18 (ASTM n° 80): passante in peso 100%
  - setaccio UNI 0,18 (ASTM n° 80): passante in peso 90%

#### 13.1.2 LEGANTE

Le caratteristiche dei leganti bituminosi dovranno essere accertate mediante prove di laboratorio prima del loro impiego nella confezione dei conglomerati, e dovranno soddisfare i requisiti riportati nel punto 3.3 del presente Capitolato.

#### 13.1.3 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO

L' Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

---

---

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- il valore della stabilità Marshall (C.N.R. 30 -1973) eseguita a 60°C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, dovrà risultare non inferiore a 700 Kg; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 250;
- gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresi fra 4% e 7%.I provini per le misure di stabilità e rigidità anzidette dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa. La temperatura di compattazione dovrà essere uguale o superiore a quella di stesa; non dovrà però superare quest'ultima di oltre 10°C.
- Le miscele di aggregati e leganti idrocarburici dovranno rispondere inoltre anche alle norme C.N.R. 134 -1991;

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

#### 13.1.4 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, ed inviando dei campioni di norma presso un Laboratorio Qualificato.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

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

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dall'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

#### 13.2 PROVE IN SITO E DI LABORATORIO

I controlli da effettuare sono riportati nella sottostante tabella:

<b>CONTROLLI GIORNALIERI DEL LABORATORIO DI CANTIERE</b>	
Verifiche	Norma di Riferimento
Composizione del conglomerato bituminoso, prelevato lo stesso subito dietro la vibro finitrice <ul style="list-style-type: none"> <li>- granulometria degli inerti;</li> <li>- percentuale di legante</li> <li>- temperatura del prodotto all' atto di stesa</li> </ul>	C.N.R. B.U. n. 23/71 C.N.R. B.U. n. 38/73 C.N.R. B.U. n. 75/80
Caratteristiche del conglomerato (i valori saranno la media di quattro provini) <ul style="list-style-type: none"> <li>- densità;</li> <li>- percentuali dei vuoti;</li> <li>- stabilità, scorrimento e rigidità eseguita sui provini Marshall</li> </ul>	C.N.R. B.U. n. 40/73 C.N.R. B.U. n. 39/73 C.N.R. B.U. n. 30/73

--	--

N.B. Tali verifiche saranno eseguite nella misura di 1 al giorno indipendentemente dalla WBS di stesa del conglomerato

<b>CONTROLLI A PAVIMENTAZIONE ULTIMATA</b>	
Verifiche	
Dopo la stesa, a pavimentazione ultimata ed ogni 800 metri lineari di stesa, dovranno essere eseguiti prelievi mediante carotaggio, al fine di verificare : <ul style="list-style-type: none"> <li>- gli spessori del conglomerato stesso</li> <li>- la densità e il contenuto dei vuoti residui delle carote</li> </ul>	C.N.R. B.U. n. 40/73 C.N.R. B.U. n. 39/73

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore a  $\pm 5\%$  e di sabbia superiore a  $\pm 3\%$  sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica prescelta, e di  $\pm 1,5\%$  sulla percentuale di additivo.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita di  $\pm 0,3\%$ . Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle eventuali carote prelevate in sito.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

---

## 14 STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA

### 14.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

#### 14.1.1 INERTI

**Per strati di collegamento (BINDER):**

La miscela degli inerti da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà essere assoggettata alle seguenti prove:

- granulometria ricadente nel fuso riportato al punto 4.4;
-

- prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la norma UNI EN 1097, con perdita in peso inferiore al 25% (C.N.R. 34-1973);
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,80;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") inferiore a 0,015 (C.N.R. 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali").

Nel caso che si preveda di assoggettare al traffico lo strato di collegamento in periodi umidi od invernali, la perdita in peso per scuotimento sarà limitata allo 0,5%.

**Per strati di usura:**

La miscela degli inerti da adottarsi per lo strato di collegamento dovrà essere assoggettata alle seguenti prove:

- granulometria ricadente nel fuso riportato al punto 4.4;
- prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo secondo la norma UNI EN 1097 con perdita in peso inferiore od uguale al 20% (C.N.R. 34 -1973);
- almeno un 30% in peso del materiale dell'intera miscela deve provenire da frantumazione di rocce che presentino un coefficiente di frantumazione minore di 100 e resistenza a compressione, secondo tutte le giaciture, non inferiore a 140 N/mm<sup>2</sup>, nonché resistenza alla usura minima 0,6;
- indice dei vuoti delle singole pezzature, secondo C.N.R., fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,85;
- coefficiente di imbibizione, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), inferiore a 0,015 (C.N.R. 137-1992);
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con limitazione per la perdita in peso allo 0,5%;

Per le banchine di sosta saranno impiegati gli inerti prescritti per gli strati di collegamento e di usura di cui sopra.

In ogni caso i pietrischi e le graniglie dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali o di frantumazione che dovranno soddisfare ai requisiti dell' Art. 5 delle norme C.N.R. fascicolo n. 4 del 1953;

ed in particolare:

- equivalente in sabbia, determinato con la prova AASHO T 176, (e secondo la norma C.N.R. B.U. n. 27 del 30-3-1972) non inferiore al 55%;
- materiale non idrofilo, secondo C.N.R., fascicolo 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") con le limitazioni indicate per l'aggregato grosso. Nel caso non fosse possibile

reperire il materiale della pezzatura  $2 \div 5$  mm necessario per la prova, la stessa dovrà essere eseguita secondo le modalità della prova Riedel-Weber con concentrazione non inferiore a 6.

Gli additivi minerali (fillers) saranno costituiti da polvere di rocce preferibilmente calcaree o da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri di asfalto e dovranno risultare alla setacciatura per via secca interamente passanti al setaccio n. 30 ASTM e per almeno il 65% al setaccio n. 200 ASTM.

Per lo strato di usura, a richiesta della Direzione dei Lavori, il filler potrà essere costituito da polvere di roccia asfaltica contenente il  $6 \div 8\%$  di bitume ad alta percentuale di asfalteni con penetrazione Dow a  $25^{\circ}\text{C}$  inferiore a 150 dmm.

Per fillers diversi da quelli sopra indicati è richiesta la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori in base a prove e ricerche di laboratorio.

#### 14.1.2 LEGANTE

Il bitume, *per gli strati di collegamento e di usura*, dovrà essere preferibilmente di penetrazione  $60 \div 70$  salvo diverso avviso della Direzione dei Lavori in relazione alle condizioni locali e stagionali e dovrà rispondere agli stessi requisiti indicati al punto 3.3 per il conglomerato bituminoso di base.

#### 14.1.3 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO

L'Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

##### 1) Strato di collegamento (binder):

Esso dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza di seguito riportati.

Il conglomerato bituminoso destinato alla formazione dello strato di collegamento dovrà avere i seguenti requisiti:

- la stabilità Marshall, eseguita a  $60^{\circ}\text{C}$  su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in ogni caso uguale o superiore a 900 Kg. Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300 (C.N.R. 30-1973).

Gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa tra  $3 \div 7\%$ . La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato. Riguardo alle misure di stabilità e rigidità, sia per i conglomerati bituminosi tipo usura che per quelli tipo binder, valgono le stesse prescrizioni indicate per il conglomerato di base.

##### 2) Strato di usura

Il conglomerato dovrà avere i seguenti requisiti:

- resistenza meccanica elevatissima, cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sia in fase dinamica che statica, anche sotto le più alte temperature estive, e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque assestamento eventuale del sottofondo anche a lunga scadenza.

Il valore della stabilità Marshall (C.N.R. 30-1973) eseguita a  $60^{\circ}\text{C}$  su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia dovrà essere di almeno 10.000 N [1000 Kg].

Inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra stabilità misurata in Kg e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superiore a 300.

La percentuale dei vuoti dei provini Marshall, sempre nelle condizioni di impiego prescelte, deve essere compresa fra 3% e 6%.

La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, dovrà dare:

- a) un valore di stabilità non inferiore al 75% di quelli precedentemente indicati;
- b) elevatissima resistenza all'usura superficiale;
- c) sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa;
- d) grande compattezza: il volume dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compreso fra 4% e 8%.

Ad un anno dall'apertura al traffico, il volume dei vuoti residui dovrà invece essere compreso fra 3% e 6% e impermeabilità praticamente totale; il coefficiente di permeabilità misurato su uno dei provini Marshall, riferendosi alle condizioni di impiego prescelte, in permeometro a carico costante di 50 cm d'acqua, non dovrà risultare inferiore a  $10^{-6}$  cm/sec.

Sia per i conglomerati bituminosi per strato di collegamento che per strato di usura, nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione ed immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento.

In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative. Inoltre, poiché la prova va effettuata sul materiale passante al crivello da 25 mm, lo stesso dovrà essere vagliato se necessario.

#### 14.1.4 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, ed inviando dei campioni di norma presso un Laboratorio Qualificato.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione. I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti, ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

#### 14.2 PROVE IN SITO E DI LABORATORIO

I controlli da effettuare sono riportati nella sottostante tabella:

<b>CONTROLLI GIORNALIERI DEL LABORATORIO DI CANTIERE</b>	
Verifiche	Norma di Riferimento
Composizione del conglomerato bituminoso, prelevato lo stesso subito dietro la vibro finitrice <ul style="list-style-type: none"> <li>- granulometria degli inerti;</li> <li>- percentuale di legante</li> <li>- temperatura del prodotto all'atto di stesa</li> </ul>	C.N.R. B.U. n. 23/71 C.N.R. B.U. n. 38/73 C.N.R. B.U. n. 75/80

Caratteristiche del conglomerato (i valori saranno la media di quattro provini) <ul style="list-style-type: none"> <li>- densità;</li> <li>- percentuali dei vuoti;</li> <li>- stabilità, scorrimento e rigidità eseguita sui provini Marshall</li> </ul>	C.N.R. B.U. n. 40/73 C.N.R. B.U. n. 39/73 C.N.R. B.U. n. 30/73
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

N.B. Tali verifiche saranno eseguite nella misura di 1 al giorno indipendentemente dalla WBS di stesa del conglomerato

<b>CONTROLLI A PAVIMENTAZIONE ULTIMATA</b>	
Verifiche	
Dopo la stesa, a pavimentazione ultimata ed ogni 800 metri lineari di stesa, dovranno essere eseguiti prelievi mediante carotaggio, al fine di verificare : <ul style="list-style-type: none"> <li>- gli spessori del conglomerato stesso</li> <li>- la densità e il contenuto dei vuoti residui delle carote</li> </ul>	C.N.R. B.U. n. 40/73 C.N.R. B.U. n. 39/73

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore a  $\pm 5\%$  e di sabbia superiore a  $\pm 3\%$  sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica prescelta, e di  $\pm 1,5\%$  sulla percentuale di additivo.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita di  $\pm 0,3\%$ .

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle eventuali carote prelevate in sito.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

## **15 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE**

Per il controllo dei requisiti di accettazione valgono le prescrizioni relative dei conglomerati non rigenerati.

## **16 MICROTAPPETI A FREDDO**

### **16.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE**

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

#### **16.1.1 INERTI**

Gli inerti da impiegare dovranno essere sottoposti alle seguenti prove di laboratorio:

- granulometria : la cui curva dovrà essere contenuta nel fuso riportato al punto 2.3.1.3;
- Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di cava;
- prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097 p.2), con perdita in peso minore del 18%;
- il coefficiente di levigabilità accelerata C.L.A. determinato su tali pezzature dovrà essere uguale o maggiore di 0,45 (C.N.R. 140 - 1992);
- La porosità dovrà essere  $\leq 1.5\%$  (C.N.R. 65 - 1978);
- La quantità di frantumato dovrà essere 100%.
- Il coefficiente di imbibizione (C.N.R. Fasc. n.4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali")  $\leq 0,015$ ;
- I coefficienti di forma "Cf" e di appiattimento "Ca" inferiori od uguali rispettivamente a 3 ed a 1,58 (C.N.R. 95 - 1984);
- La sensibilità al gelo  $\leq 20\%$  (C.N.R. 80 -1980);
- Lo spogliamento in acqua a 40°C (con impiego di "dopes" di adesione) 0% (Norma ASTM D1664/80 - CNR.138 -1992)
- L'aggregato fino sarà composto da sabbia di frantumazione.
- La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione non dovrà in ogni modo essere inferiore all' 85% della miscela delle sabbie.
- In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi, da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova Los Angeles, (UNI EN 1097 p.2), eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.
- L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due, dovrà essere maggiore od uguale all' 80% (CNR 27 - 1972).

Gli additivi impiegati dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- a) potere rigidificante con un rapporto filler/bitume pari a 1,5; il  $\Delta PA$  dovrà essere  $\geq 5^\circ C$ ;
- b) alla prova CNR 75 -1980 i passanti in peso dovranno essere compresi nei seguenti limiti minimi:
  - Setaccio UNI 0,40 passante in peso per via umida 100%
  - Setaccio UNI 0,18 passante in peso per via umida 90%
  - Setaccio UNI 0,075 passante in peso per via umida 80%
- c) della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 50% deve passare a tale setaccio anche a secco.
- d) l'indice di plasticità deve risultare non plastico (NP) (CNR UNI 10014) .

#### 16.1.2 LEGANTE

Le caratteristiche dei leganti bituminosi dovranno essere accertate mediante prove di laboratorio prima del loro impiego nella confezione dei conglomerati, e dovranno soddisfare i requisiti riportati nel punto 2.1.3.1 del presente Capitolato.

#### 16.1.3 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO

L'Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.



#### 16.1.4 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, ed inviando dei campioni di norma presso un Laboratorio Qualificato.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

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

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

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dall'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

##### 16.1.4.1 PROVE DI LABORATORIO

Dovranno essere effettuate, quando necessarie, ed almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo, così come riportato ai punti 2.1.3.1 e 2.1.3.2) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- le caratteristiche del legante bituminoso;

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle eventuali carote prelevate in sito.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

##### 16.1.4.2 PROVE IN SITO

Lo spessore dello strato dovrà essere verificato ogni 800 m lineari di strada.

---

---

## 17 **MICROTAPPETI A FREDDO CON INERTI CHIARI NATURALI O ARTIFICIALI DA IMPIEGARE IN GALLERIA**

### 17.1 **CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE**

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

#### 17.1.1 **INERTI**

Gli inerti da impiegare nel caso di materiali naturali chiari valgono le stesse prescrizioni indicate nel punto 2.5.1.1.

---

---

Nel caso di materiali artificiali chiari, si dovranno effettuare le prove riportate 2.1.3.1 .

**17.1.2 LEGANTE**

Le caratteristiche dei leganti bituminosi dovranno essere accertate mediante prove di laboratorio prima del loro impiego nella confezione dei conglomerati, e dovranno soddisfare i requisiti riportati nel punto 2.1.3.1 del presente Capitolato.

**17.1.3 STUDIO DELLA MISCELA IN LABORATORIO**

L'Impresa è poi tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, la composizione delle miscele che intende adottare, ogni composizione delle miscele che intende adottare.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali l'Impresa ha ricavato la ricetta ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare i risultati prodotti o di fare eseguire nuove ricerche.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Impresa, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

**17.1.4 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA**

L'Impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, ed inviando dei campioni di norma presso un Laboratorio Ufficiale.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione. I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti ; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dall'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

**17.1.5 PROVE DI LABORATORIO**

Dovranno essere effettuate, quando necessarie, ed almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- le caratteristiche del legante bituminoso;

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle eventuali carote prelevate in sito.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Impresa dovrà giornalmente registrare tutte le prove ed i controlli effettuati.

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

---

---

**17.1.6 PROVE IN SITO**

Lo spessore dello strato dovrà essere verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 800 m lineari di strada.

---

---

**18 SISTEMI DI DRENAGGIO**

Le presenti specifiche riguardano i dispositivi di drenaggio del corpo stradale, consistenti in:

- tubazioni;
- pozzetti e relativi dispositivi di chiusura e di coronamento;
- canali di drenaggio;
- canalette, mantellate, cordonate.

Per i sistemi di drenaggio e fognatura bianca del corpo stradale è previsto l'impiego di:

- tubi in PVC-U per fognature;
- tubi strutturati in PVC-U, PP e PE;
- tubi in cls non armato e armato con fibre di acciaio e con armature tradizionali

I pozzetti di previsto impiego per ispezione, incrocio e salto nei sistemi di drenaggio e fognatura bianca del corpo stradale sono:

- pozzetti prefabbricati in c.a.v.;
- pozzetti in PE strutturato.

Il canale di drenaggio è un'entità lineare composta da unità prefabbricate che permette la raccolta e il trasporto di acqua superficiale per tutta la sua lunghezza per scarico in avanti.

I canali di drenaggio, ad eccezione delle griglie e delle coperture, possono essere fabbricati con:

- ghisa a grafite lamellare;
- ghisa a grafite sferoidale;
- acciaio in getti;
- acciaio laminato (solo se protetto contro la corrosione);
- acciaio inossidabile;
- calcestruzzo armato o non armato;
- abbinamento di uno dei precedenti materiali con calcestruzzo o calcestruzzo con resina sintetica con fibra;
- calcestruzzo con resina sintetica;
- calcestruzzo con fibra.

Le griglie e le coperture possono essere fabbricate con:

- ghisa a grafite lamellare;
  - ghisa a grafite sferoidale;
  - acciaio in getti;
  - acciaio laminato (solo se protetto contro la corrosione);
  - acciaio inossidabile;
- 
-

- leghe a base di rame;
- calcestruzzo con resina sintetica;
- calcestruzzo con fibra.

Canalette, mantellate in lastre o a grigliato articolato, rivestimenti di fossi, cordonate, saranno costituiti da elementi prefabbricati in c.a.v., prodotti da aziende certificate UNI EN ISO 9001. Gli elementi dovranno essere costituiti da calcestruzzo avente Rck non inferiore a 25 MPa. Le superfici in vista degli elementi dovranno essere perfettamente lisce.

---

---

**SEZ. 13 "BARRIERE E PARAPETTI"****1 GENERALITÀ**

Le barriere di sicurezza stradali verranno installate lungo tratti saltuari dei cigli della piattaforma stradale, nonché lungo lo spartitraffico centrale delle strade a doppia sede o delle autostrade a protezione di specifiche zone, secondo le caratteristiche e le modalità tecniche costruttive previste dal progetto e previo le disposizioni che impartirà la D.L. (dopo l'approvazione del progetto esecutivo).

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. 03-06-1998:

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:

Circolare del Ministero LL.PP. n. 2337 dell' 11-7-1987 ;

Decreto del Ministero LL.PP in data 15-10-1996, che aggiorna il D.M. 18-2-1992 n. 223;

Circolare Ministero LL.PP. n. 2595 del 9-06-1995;

Circolare Ministero LL.PP. n. 2357 del 16-5-1996;

Circolare Ministero LL.PP. n. 4622 del 15-10-1996;

Circolare Ente ANAS n. 748 del 26-7-1996;

D.M. 14-01-2008;

Decreto del Ministero LL.PP in data 03-06-1998;

Decreto del Ministero LL.PP in data 11-06-1999;

Circolare Ministero LL.PP. del 06-04-2000;

Decreto del Ministero LL.PP in data 21-06-2004;

Circolare Ministero LL.PP. n. 3533 del 20-09-2005;

Circolare Ministero LL.PP. n. 753 del 20-3-2006;

Circolare Ministero Trasporti. n. 104862 del 15-11-2007.

Il livello di contenimento "Lc" e l'indice di severità dell'accelerazione "ASI" previsti per verificare l'efficienza e la funzionalità delle barriere stradali di sicurezza (D.M. 03-06-1998 e ss.), dovrà essere comprovato, in attesa delle omologazione ufficiali pronunciate dal succitato Decreto, con "certificazioni di prove d'impatto al vero" (crasch-test) eseguite presso i Laboratori Ufficiali autorizzati dal Ministero dei LL.PP. (circolare LL.PP. n. 4622 del 15-10-1996 e Circolare Ministero LL.PP. del 06-04-2000 e ss).

Dette prove saranno eseguite con le modalità tecniche esecutive richiamate nel D.M. 03-06-1998 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. del Ministero dei LL.PP. 4 Maggio 1990 e successive, 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. del 03-06-1998 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 di Legge vigenti.

---

---

## 2 CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN ACCIAIO

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 cm 70 dalla pavimentazione finita e che il loro filo esterno abbia aggetto non inferiore a cm 15 dalla faccia del sostegno lato strada.

Le fasce saranno costituite da nastri metallici aventi: spessore minimo di mm. 3, profilo a doppia onda, altezza effettiva non inferiore a mm. 300, sviluppo non inferiore a mm. 475, modulo di resistenza non inferiore a  $\text{cm}^3$  25.

Le fasce dovranno essere collocate in opera con una sovrapposizione non inferiore a cm. 32.

I sostegni della barriera saranno costituiti da profilati metallici, con profilo a C di dimensioni non inferiori a mm 80x120x80, aventi spessore non inferiore a mm 6, lunghezza non inferiore a m 1,65 per le barriere centrali e m 1,95 per quelle laterali.

I sostegni stessi dovranno essere infissi in terreni di normale portanza per una profondità non minore di m 0,95 per le barriere centrali e m 1,20 per le barriere laterali e posti ad intervallo non superiore a m 3,60.

La Direzione dei Lavori potrà ordinare una maggiore profondità od 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 od 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 cm 32, 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 piastrine copriasola) debbono impedire che, per effetto dell'allargamento dei fori, possa verificarsi lo sfilamento delle fasce.

I distanziatori avranno: altezza di cm 30; profondità non inferiore a cm 15; spessore minimo di m 2,5, 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 mm 45x 100 e di spessore mm 4.

Tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a B450C, zincato a caldo con una quantità di zinco non inferiore a 300 g/m<sup>2</sup> per ciascuna faccia.

I sistemi di collegamento delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento sia durante la posa in opera, sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo un movimento verticale di più o meno cm 2 ed orizzontale di più o meno cm 1.

Le fasce ed i sistemi di collegamento ai sostegni dovranno consentire la installazione delle barriere lungo curve di raggio non inferiore a m 50 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 D.L. anche una diversa sistemazione (interramento delle testate) fermi restando i prezzi di Elenco.

Le sopraccitate 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 centimetri quadrati 50, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

---

### **3 CARATTERISTICHE DEI PARAPETTI METALLICI**

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 vigenti.

I parapetti dovranno essere realizzati, per quanto attiene gli acciai laminati a caldo, con materiali rispondenti alle prescrizioni contenute nel D.M. 14 gennaio 2008, mentre per altri tipi di acciaio o di metallo si dovrà fare riferimento alle Norme UNI corrispondenti o ad altre eventuali comunque richiamate dal predetto D.M..

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.

L'interasse dei sostegni è indicato nella corrispondente voce di Elenco.

Per ogni singolo manufatto, si dovrà fornire in progetto un grafico dal quale risulti lo schema di montaggio del parapetto.

---

I sostegni saranno di norma alloggiati, per la occorrente profondità, 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 D.L..

I fori dovranno essere eseguiti secondo le prescrizioni previste in progetto e/o indicate dalla Direzione dei Lavori altrettanto pure 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 mm 45 e spessore non inferiore a mm 2,4, sarà fissato allo stesso sostegno della fascia.

Tutte le parti metalliche dei parapetti dovranno essere in acciaio di qualità B450C 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.

Ad interasse non superiore a quello corrispondente a tre elementi (in media ogni quattro sostegni) dovrà essere eseguita la installazione di dispositivi rifrangenti, i quali avranno area non inferiore a centimetri quadrati 50, in modo che le loro superfici risultino pressoché normali all'asse stradale.

---

#### **4 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. 03-06-1998 e successive modifiche ed integrazioni), dovranno essere eseguite, come previsto dalle Circolari del Ministero LL.PP del 15-10-1996 e del 06-04-2000 e successive integrazioni, 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;
- TUV BAYERN SACHSEN E. V. – Institut für Fahrzeugtechnik GmbH, con sede in Daimlerstraße, 11 D-85748 GARCHING (Repubblica Federale Tedesca).

---

#### **5 BARRIERA DI SICUREZZA TIPO “NEW JERSEY”**

##### **5 . 1 GENERALITÀ**

Le barriere di sicurezza tipo "New Jersey" stradali potranno essere installate lungo tratti saltuari dei cigli della piattaforma stradale, nonché lungo lo spartitraffico centrale delle strade a doppia sede o delle autostrade a protezione di specifiche zone.

Dette barriere saranno realizzate secondo le caratteristiche tecniche costruttive e le modalità previste dal progetto esecutivo e preventivamente approvato dalla D.L..

Inoltre saranno fornite e messe in opera dall' Impresa, sotto le direttive e le disposizioni che impartirà la D.L., dopo l'approvazione del progetto stesso, redatto a carico dell'Impresa.

---



Le zone, ai margini della carreggiata stradale, da proteggere mediante la installazione di barriere, sono quelli previsti dall'art. 3 delle istruzioni del D.M. 03-06-1998 e successive modifiche ed integrazioni.

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, dette barriere stradali di sicurezza dovranno essere progettate e realizzate a norma delle seguenti disposizioni ed istruzioni:

- 1) Decreto del Ministero LL.PP. in data 15-10-1996, che aggiorna il D.M. 18-2-1992 n. 223 ;
- 2) Circolare. Ministero LL.PP. n. 2595 del 9-06-1995,
- 3) Circolare. Ministero LL.PP. n. 2357 del 16-5-1996,
- 4) Circolare. Ministero LL.PP. n. 4622 del 15-10-1996,
- 5) Circolare Ente ANAS n. 748 del 26-7-1996.
- 6) D.M. 14 gennaio 2008;
- 7) Decreto del Ministero LL.PP in data 03-06-1998;
- 8) Decreto del Ministero LL.PP in data 11-06-1999;
- 9) Circolare Ministero LL.PP. del 06-04-2000;
- 10) Decreto del Ministero LL.PP in data 21-06-2004;
- 11) Circolare Ministero LL.PP. n. 3533 del 20-09-2005;
- 12) Circolare Ministero LL.PP. n. 753 del 20-3-2006;
- 13) Circolare Ministero Trasporti. n. 104862 del 15-11-2007.

Nel caso di "barriere di sicurezza" da installare su ponti (viadotti, sottovia o cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, strade sopraelevate, ecc.), le stesse dovranno soddisfare oltre che alle disposizioni tecniche sopra elencate anche alle norme previste dal D.M. del Ministero dei LL.PP. 4 maggio 1990 e successive, punto "Azioni sui parapetti. Urto di veicoli in svio", e dovranno appartenere alla classe "H4a,b" (ex B3).

Le barriere di sicurezza tipo "New Jersey" devono assicurare, sia l'invalicabilità e sia il "contenimento" dei veicoli collidenti sulla barriera (e tendenti alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale) nelle migliori condizioni di sicurezza possibile.

## 5 . 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Gli elementi prefabbricati in calcestruzzo o in metallo con profilo New Jersey possono essere utilizzati nello spartitraffico centrale, nelle protezioni laterali, quali ponti o viadotti esistenti, di nuova costruzione, o ampliati.

Nello spartitraffico, a seconda della sua struttura o dimensione, si potrà utilizzare il tipo "monofilare" o "bifilare" poggiando gli elementi direttamente al suolo e collegandoli tra loro con una piastra d'acciaio al piede, nel caso di bifilari, con una piastra al piede ed in testa o un'altra piastra oppure con una barra "diwidag" con manicotto nel caso di monofilari.

Sulle opere d'arte stradali (ponti, viadotti, muri di sostegno, ecc.) potranno essere impiegate barriere "a profilo geometrico tipo New Jersey", a struttura metallica, aventi un peso proprio contenuto (non superiore a 150 Kg/m), rispetto a quelle in calcestruzzo (le quali registrano un peso proprio medio di circa 840 Kg/m), in special modo ove rimane difficoltoso, gravoso ed oneroso intervenire con idonea "riqualificazione" strutturale delle solette e/o delle travi di bordo.

---

---

### 5 . 3 BARRIERE "NEW JERSEY" IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Esse avranno la sezione indicata nella relativa voce di Elenco e saranno realizzate in conglomerato cementizio, anche debolmente armato, di adeguata composizione e resistenza o in elementi prefabbricati, ovvero con il metodo della estrusione gettati in opera.

Per quanto riguarda il profilo delle barriere "NEW JERSEY" dovrà essere rispettata la sezione tipo prevista dal progetto ed, in particolare, i segmenti rettilinei del profilo stesso dovranno essere raccordati tra di loro con tratti curvilinei di raggio prefissato.

Saranno fornite e messe in opera dall'Impresa secondo le indicazioni e le caratteristiche tecniche costruttive previste dal progetto esecutivo e previo le disposizioni che impartirà in proposito la Direzione dei Lavori.

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione dei Lavori lo studio preliminare della composizione del conglomerato cementizio e della eventuale armatura, da effettuarsi presso Laboratori Ufficiali, in base alla natura ed alla granulometria dei materiali da impiegare, fornendo adeguata giustificazione della proposta.

Il calcestruzzo, comunque, dovrà presentare un valore della resistenza a compressione ( $R_{ck}$ ) non inferiore a  $30 \text{ N/mm}^2$ .

Sono a carico dell'Impresa tutti gli oneri per ogni rifinitura e per la predisposizione delle zone di appoggio alla barriera, salvo la posa in opera delle barriere che sarà pagata con l'apposito prezzo di elenco.

In corrispondenza dei giunti degli elementi prefabbricati, nonché degli alloggiamenti per il fissaggio su opere d'arte, cordoli o simili, dovranno essere eliminate eventuali discontinuità mediante installazione di elementi durevoli, atti a realizzare la continuità della superficie e capaci di resistere alle sollecitazioni dovute al rotolamento dei pneumatici, in caso di fuoriuscita di veicoli, anche pesanti, dalla carreggiata stradale.

Per quanto riguarda il profilo delle barriere "NEW JERSEY" dovrà essere rispettata la sezione tipo prevista dal progetto ed in particolare i segmenti rettilinei del profilo stesso dovranno essere raccordati tra di loro con tratti curvilinei di raggio prefissato.

### 5 . 4 BARRIERE "NEW JERSEY" IN ACCIAIO

Esse avranno la sezione indicata nella relativa voce di Elenco e saranno e saranno fornite e messe in opera dall'Impresa secondo le indicazioni e le caratteristiche tecniche costruttive previste dal progetto esecutivo e previo le disposizioni che impartirà in proposito la Direzione dei Lavori.

Per quanto riguarda il profilo delle barriere "NEW JERSEY" dovrà essere rispettata la sezione tipo prevista dal progetto ed in particolare i segmenti rettilinei del profilo stesso dovranno essere raccordati tra di loro con tratti curvilinei di raggio prefissato.

Esse avranno una struttura metallica prefabbricata con profilo geometrico tipo "New Jersey", costituita da elementi modulari metallici, in acciaio zincato del tipo B450C collegati tra loro tramite cerniere od altri dispositivi, adatti ad un effetto "catenaria" in caso d'urto di veicolo.

Superiormente agli elementi modulari saranno posizionati i corrimano, in tubolari d'acciaio del tipo B450C, zincati a caldo, aventi una sezione (nominale) di non meno 14 cm.

Tubolari sostenuti da opportuni montanti verticali in acciaio zincato rastremati e/o sagomati.

Detti elementi modulari avranno sistemi e dispositivi "duttili" di collegamento, per l'ancoraggio al piano d'appoggio (marciapiede o pertinenza laterale), costituiti da tasselli in acciaio ad alta resistenza di classe 8.8, zincati a caldo, (es.: tipo LIEBIG ULTRAPUS filettatura M20x360 mm o tipo HILTI HUC-1 filettatura M20x360 od altri tasselli equivalenti idonei e congruenti).

---

---

I tasselli d'ancoraggio, posti ad interasse (previsto dal progetto), dovranno essere "duttili" ed in grado di non trasmettere alla struttura del viadotto le sollecitazioni prodotte da veicoli collidenti sulla barriera.

Le barriere metalliche dovranno comunque essere in grado di ridirezionare con sufficiente grado di sicurezza i veicoli in urto sulla barriera.

In corrispondenza dei giunti degli elementi prefabbricati, nonché degli alloggiamenti per il fissaggio su opere d'arte, cordoli o simili, dovranno essere eliminate eventuali discontinuità mediante installazione di elementi durevoli, atti a realizzare la continuità della superficie e capaci di resistere alle sollecitazioni dovute al rotolamento dei pneumatici, in caso di fuoriuscita di veicoli, anche pesanti, dalla carreggiata stradale.

Gli elementi modulari metallici della barriera potranno essere chiusi sul lato esterno, per motivi d'impatto ambientale, con mantello (leggero) in lamiera d'acciaio zincata eventualmente verniciata per motivi d'impatto ambientale.

Comunque la barriera stradale metallica a profilo "New Jersey" (per viadotti ed opere d'arte stradali), non dovrà superare il peso unitario di 150 Kg/ml, e dovrà essere del tipo "H4a,b" (ex B3). La relativa voce di elenco potrà prescrivere, anche parzialmente, le caratteristiche tecniche costruttive previste dal progetto esecutivo ed indicherà gli eventuali oneri aggiuntivi previsti per la realizzazione e posa in opera.

Detta barriera in acciaio dovrà avere lo scopo di ridurre considerevolmente le sollecitazioni, indotte sulle mensole laterali e/o cordoli di bordo, delle suddette opere d'arte stradale.

Inoltre dette barriere metalliche potranno essere, ove la riqualificazione strutturale degli impalcati risulti particolarmente onerosa, di adeguata composizione e resistenza e saranno realizzate da elementi prefabbricati modulari (di appropriata lunghezza, peraltro prevista dal progetto) e comunque saranno installate in opera secondo le prescrizioni progettuali e le indicazioni dettate dalla Direzione dei lavori.

---

---

## 6 OPERE DI RECINZIONE METALLICA

### 6.1 FORNITURA E POSA IN OPERA

Si tratta di recinzioni metalliche per strada di grande comunicazione, costituita da una rete metallica elettrosaldata, zincata a caldo e plastificata, a maglie differenziate di mm 50.8 \* 50.8 (n. 8 ordini), di mm 50.8 \* 101.6 (n. 7 ordini) e di mm 50.8 \* 50.8 (n.1 ordine) dal basso verso l'alto, in filo d = 3.7 mm, di altezza mm 1194; la suddetta rete sarà sormontata da un ordine di corda spinosa a due fili del d = 2.4 mm zincati e plastificati e triboli a quattro punte disposti ogni 10 cm, solo zincati.

Vengono posti montanti intermedi ad interasse di 2.50 ml, in profilato di acciaio Fe 37 A UNI zincati a caldo, di sezione ad "U" delle dimensioni di mm 30 - 50 - 30 \* 2.5 e della lunghezza di ml 1.65;

Ogni 30 ml circa ed in corrispondenza di ogni piccola deviazione del tracciato, sarà posto un montante di controvento, dotato di una saetta di acciaio Fe 37 A UNI zincata a caldo della sezione ad "U" e delle dimensioni di mm 30 - 40 - 30 \* 2.5 sviluppo 1.57 ml.

Ogni 100 ml circa e nel caso di rilevanti variazioni angolari del tracciato, saranno posizionati montanti di caposaldo, in tutto come i montanti intermedi, dotati di n. 2 saette in acciaio Fe 37 A UNI zincati a caldo, della sezione ad "U" delle dimensioni di mm 35 - 30 - 35 \* 2.5 e sviluppo ml 1.77,

---

---

I fili di tensione saranno legati ad ogni montante e tesi da tenditori ad occhiello in acciaio zincato o quando previsto, del tipo a molla e sfera di acciaio in monoblocco di zinco pressofuso, applicati ad ogni caposaldo.

---

---

**SEZ. 14 "MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA"****1 MANUFATTI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA**

Le prescrizioni che seguono si riferiscono a manufatti per tombini e sottopassi aventi struttura portante in lamiera di acciaio ondulata, con onda normale alla generatrice, a piastre multiple o ad elementi incastrati.

L'acciaio della lamiera ondulata dovrà avere uno spessore minimo di 1,5 mm con tolleranza UNI; dovrà essere della qualità di cui alle norme AASHTO M 167-70 e AASHTO M 36-70 e dovrà avere un contenuto in rame non inferiore allo 0,20%, e non superiore allo 0,40%, ed avere un carico unitario di rottura non minore di 340 MPa; sarà protetto su entrambe le facce da zincatura applicata a caldo, dopo l'avvenuto taglio e piegature dell'elemento, in quantità non inferiore a 305 g/m<sup>2</sup> per faccia.

L'Impresa per ogni singolo manufatto dovrà richiedere al prefabbricatore, che operi in regime di assicurazione di qualità, secondo quanto stabilito dall'art. 9 della legge 05/11/71 n. 1086, la seguente certificazione e documentazione:

- una certificazione del produttore attestante la qualità dell'acciaio e la quantità di zinco applicata su ciascuna faccia;
- il progetto esecutivo dell'opera, adattato alla situazione effettiva del luogo, con le caratteristiche geometriche, lo spessore delle lamiere, le modalità ed i particolari di montaggio;
- una relazione di calcolo con la verifica della stabilità statica della struttura in funzione delle dimensioni, delle specifiche condizioni di carico nonché dei carichi accidentali. La verifica della stabilità statica delle strutture sarà effettuata in funzione dei diametri e dei carichi esterni applicati, adottando uno dei metodi della Scienza delle Costruzioni (anello compresso, stabilità all'equilibrio elastico, lavori virtuali) sempre però con coefficiente di sicurezza non inferiore a 4.

Le strutture finite dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate, ecc.

Per manufatti da impiegare in ambienti chimicamente aggressivi, si dovrà provvedere alla loro protezione mediante rivestimento realizzato con adeguato mastice bituminoso o asfaltico, avente uno spessore minimo di mm 1,5 inserito sulla cresta delle ondulatione e dovrà corrispondere ad un peso unitario di 1,5 Kg/m<sup>2</sup> per faccia applicato a spruzzo od a pennello, ovvero con bitume ossidato applicato mediante immersione a caldo, negli stessi quantitativi precedentemente indicati.

Tassativamente si prescrive che lo scarico e la movimentazione delle lamiere in cantiere dovrà essere fatta con idonee cautele per non danneggiare il rivestimento, tanto di zinco quanto bituminoso.

La condotta metallica dovrà essere posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità; in ogni caso si sconsiglia la posa della struttura direttamente sopra un fondo roccioso o una piattaforma di conglomerato cementizio.

Il letto di posa sarà sagomato come il profilo del fondo della condotta per permettere un mutuo accoppiamento perfetto.

Nel caso di terreno a debole portanza si dovrà eseguire una bonifica del piano di posa asportando il materiale per la profondità necessaria; si dovrà poi riempire lo scavo con materiale da rilevato compattandolo convenientemente.

In presenza invece di un fondo roccioso si dovrà interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di 30 cm di spessore. In ogni caso si interporrà tra condotta e fondo uno strato di sabbia monogranulare asciutta e pulita dello spessore di 10 cm.

Tale strato non sarà compattato per permettere una perfetta aderenza tra condotta e fondo e dovrà essere esteso in larghezza fino all'attacco delle piastre d'angolo con il fondo.

A titolo orientativo vengono qui di seguito riportati i dati relativi ai tipi commercialmente in uso, non escludendosi la possibilità di adottare, ferme restando la qualità dell'acciaio e le prescrizioni relative alla zincatura, tipi aventi caratteristiche geometriche similari, rispondenti a tutti i requisiti di stabilità che dovranno risultare da verifiche statiche, estese a tutti gli elementi strutturali, tenendo conto dei carichi esterni applicati e con l'adozione dei metodi della Scienza delle Costruzioni.

---

---

## **2 MONTAGGIO DEI MANUFATTI**

### **2 . 1 TOMBINI AD ELEMENTI INCASTRATI O IMBULLONATI**

L'ampiezza dell'onda sarà di mm 67,7 (pollici 2 e 2/3) e la profondità di mm 12,7 (1/2 pollice); la lunghezza dell'intero manufatto, al netto di eventuali testate, sarà un multiplo di m 0,61 (2 piedi).

Il tipo sarà costituito da due mezze sezioni cilindriche ondulate, curvate al diametro prescritto, dei due bordi longitudinali di ogni elemento l'uno sarà a diritto filo e l'altro ad intagli, tali da formare quattro riseghe atte a ricevere, ad "incastro", il bordo del diritto dell'altro elemento.

Nel montaggio del tubo le sovrapposizioni circolari dovranno essere sfalsate, facendo sì che ogni elemento superiore si innesti sulla metà circa dei due elementi inferiori corrispondenti.

Gli appositi elementi verranno legati tra loro, in senso longitudinale, mediante appositi ganci in acciaio zincato.

Le forme impiegabili, nel tipo ad elementi incastrati, saranno: la circolare con diametro variabile da m 0,30 a m 1,50 e che potrà essere fornita con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro e la policentrica, anche ribassata, con luce minima di m 0,40 e luce massima di m 1,75.

### **2 . 2 A PIASTRE MULTIPLE PER TOMBINI E SOTTOPASSI**

L'ampiezza dell'onda sarà di mm 152,4 (pollici 6) e la profondità di mm 50,8 (pollici 2). Il raggio della curva interna della gola dovrà essere almeno di mm 28,6 (pollici 1 e 1/8).

Le piastre saranno fornite in misura standard ad elementi tali da fornire, montate in opera, un vano la cui lunghezza sia multiplo di m 0,61.

I bulloni di giunzione delle piastre dovranno essere di diametro non inferiore a 3/4 di pollice ed appartenere alla classe 8.8 (UNI 3740-1-1)

Le teste di bulloni dei cavi dovranno assicurare una perfetta adesione ed occorrendo si dovranno impiegare speciali rondelle.

Le forme di manufatti da realizzarsi mediante piastre multiple saranno circolari, con diametro compreso da m 1,50 a m 6,40 e potranno essere fornite con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro; ribassate con luce variabile da m 1,80 a m 6,50 ad arco con luce variabile da m 1,80 a m 9,00; policentriche (per sottopassi) con luce variabile da m 2,20 a m 7,00.

Peraltro e conformemente all'uso americano, per conseguire una riduzione di peso e quindi una economia per l'Amministrazione, sarà opportuno ammettere la lunghezza delle piastre comprese tra 1,75 e 2,50 m pur non essendo tali misure multipli esatti di 0,61 come avanti detto.

---

---

Infine la coppia dinamometrica di serraggio per i bulloni dovrà, al termine del serraggio stesso risultare tra 18 e 27.

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 compattato, 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 ove i primi non siano impiegabili.

Il costipamento del materiale riportato sui fianchi dovrà essere fatto a strati di 15 cm 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.

### **2 . 3 TUBI PERFORATI PER DRENAGGI.**

I tubi per drenaggio avranno struttura portante costituita da lamiera di 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 sinusoidale.

L'acciaio della lamiera ondulata, dello spessore minimo di mm 1,2 - con tolleranza (UNI EN 10051:2011) - dovrà avere carico unitario di rottura non inferiore a  $340 \text{ N/mm}^2$  e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo la norma UNI EN 10240:1999 con 480 grammi nominali di zinco per metro quadrato.

Di norma l'ampiezza dell'onda sarà di mm 38 (pollici 1,1/2) ed una profondità di mm 6,35 (1/4 di pollice).

Sulle condotte saranno praticati dei fori del diametro di 0,9 cm (tolleranza 0,1 cm) che saranno distribuiti in serie longitudinale 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.

### **2 . 4 COSTIPAMENTO LATERALE E RIEMPIMENTO**

Il materiale di rinfianco della condotta dovrà essere compattato ed eventualmente inumidito per facilitare la sua penetrazione sotto i quarti inferiori delle strutture circolari o sotto le piastre angolari di base nelle sezioni ribassate o policentriche.

Dovrà essere posato e compattato a strati orizzontali di spessore non superiore a 30 cm, disposti in modo che il livello di interrimento risulti simmetrico sui due lati del manufatto.

La compattazione di ogni strato dovrà soddisfare le indicazioni già riportate alla sezione "Movimenti terra" del presente Capitolato.

Nel corso della fase di costipamento in vicinanza della condotta si dovranno utilizzare preferibilmente pestelli pneumatici per evitare di arrecare danni alla condotta stessa. In ogni caso si consiglia di utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti.

---

---

Il rilevato realizzato e costipato intorno alla struttura dovrà estendersi per almeno tre volte il diametro o la luce della condotta e il terreno impiegato per tale rilevato sarà normalmente costituito dal materiale adottato per la realizzazione dello stesso corpo stradale.

Si dovrà inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta senza un adeguato ricoprimento della struttura che assicuri un'adeguata ripartizione del carico al fine di non generare, nel manufatto, sollecitazioni superiori a quelle previste dal calcolo.

---

---

### **3 CONTROLLI**

La Direzione Lavori si riserva di far assistere proprio personale alla fabbricazione degli elementi componenti i manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate.

Si procederà al collaudo tecnologico per l'accettazione della fornitura dei materiali prelevando, al momento dell'arrivo in cantiere, a cura dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, alla presenza di un rappresentante dell'Impresa stessa, alcuni elementi componenti la fornitura.

Di tale operazione verrà redatto apposito verbale firmato dalle parti.

La frequenza dei prelievi sarà di un elemento per ogni partita di 10 t di materiale e, comunque, non meno di uno per ogni singolo manufatto.

Le prove chimiche e meccaniche sugli elementi prelevati, da eseguire a cura dell'Impresa e sotto il controllo della Direzione Lavori, presso un laboratorio Ufficiale, dovranno accertare la qualità e la resistenza a rottura dell'acciaio, nonché lo spessore dell'elemento e quello del rivestimento di zinco su entrambe le facce, nonché dell'eventuale mastice bituminoso asfaltico.

La Direzione dei Lavori si riserva di far assistere proprio personale alla fabbricazione dei manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate ed effettuare, presso lo stabilimento di produzione, le prove chimiche e meccaniche per accertare la qualità e lo spessore del materiale; tale controllo potrà essere fatto in una qualunque delle fasi di fabbricazione senza peraltro intralciare il normale andamento della produzione.

Il controllo del peso di rivestimento di zinco sarà effettuato secondo le norme indicate dalle specifiche ASTM A 90-53. Il controllo della centratura della zincatura sarà eseguito immergendo i campioni in una soluzione di  $\text{CuSO}_4$  nella misura di g 36 ogni g 100 di acqua distillata (UNI EN 10244-1:2009). Essi dovranno resistere alla immersione senza che appaiano evidenti tracce di rame.

La Direzione dei Lavori si riserva inoltre, per ogni fornitura di condotte ondulate in acciaio, di far eseguire apposite analisi, presso un Laboratorio ufficiale, su campioni prelevati in contraddittorio con l'Impresa, per accertare la presenza del rame nell'acciaio nelle prescritte quantità.

Analoghe analisi potranno essere fatte eseguire per l'accertamento del peso del rivestimento di zinco e della relativa centratura.

L'Impresa dovrà comunque, per ogni fornitura effettuata, presentare alla Direzione dei Lavori una valida certificazione rilasciata dal produttore o dal fornitore del materiale attestante la sua esatta composizione chimica e le sue caratteristiche fisiche.

Il controllo dello spessore verrà fatto sistematicamente ed avrà esito positivo se gli spessori misurati in più punti del manufatto rientrano nei limiti delle tolleranze prescritte.

Nel caso gli accertamenti su un elemento non trovino corrispondenza alle caratteristiche previste ed il materiale presenti evidenti difetti, saranno presi in esame altri 2 elementi; se l'accertamento di questi 2 elementi è positivo si accetta la partita, se negativo si scarta la partita.

Se un elemento è positivo e l'altro no, si controllano 3 elementi, se uno di questi è negativo si scarta la partita.

---

---



I pesi, in rapporto allo spessore dei vari diametri impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite da ogni fabbricante, con tolleranza del  $\pm 5\%$ .

La Direzione Lavori darà benestare per la posa in opera di ciascuna partita soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e avrà constatato la rispondenza dei risultati con le caratteristiche sopra descritte.

In caso di esito negativo la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

I pesi dei manufatti tubolari in lamiera ondulata, in rapporto allo spessore dei vari tipi impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite preventivamente da ogni fabbricante, con una tolleranza di  $\pm 4\%$ .

Verrà, inoltre, verificato il peso effettivo risultante da apposito verbale di pesatura eseguito in contraddittorio e qualora il peso effettivo sia inferiore al peso teorico diminuito della tolleranza, la Direzione Lavori non accetterà la fornitura.

Durante la posa in opera, si dovrà verificare che l'appoggio dell'elemento sia costituito da un letto uniforme, omogeneo, stabile, resistente, evitando la posa in opera direttamente su fondo roccioso o su una piattaforma di calcestruzzo, rispettando le indicazioni riportate nella presente Sezione.

Lo stato di addensamento del materiale utilizzato per il rinfianco, verrà determinato con le stesse modalità riportate alla sezione "Movimenti di Terra" del presente Capitolato.

---

---

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - NORME TECNICHE**

PAGINA **261** di **390** CODICE DOCUMENTO

---

---

---

---

---

---

**SEZ. 15 “OPERE DI CONSOLIDAMENTO”**

---

---

**1 CLASSIFICAZIONE, DEFINIZIONI E NORMATIVE.****1.1 CLASSIFICAZIONE**

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

## a) Ancoraggi

Gli ancoraggi sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- Tiranti di ancoraggio
- Barre di ancoraggio e bulloni
- Chiodi.

## b) Trattamenti colonnari

I trattamenti colonnari identificano l'esecuzione di colonne di terreno consolidato, ottenute tramite:

- sistemi jetting (jet-grouting)
- mescolazione meccanica.

## c) Iniezioni

Le iniezioni identificano le attività, finalizzate al miglioramento ed alla impermeabilizzazione dei terreni e delle rocce, realizzate mediante iniezione di:

- miscele cementizie stabili ed instabili
- miscele con cementi microfini stabili.

**1.2 DEFINIZIONI****1.2.1 TIRANTI D'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).

In tali elementi la sollecitazione di trazione è impressa in tutto, o in parte, all'atto del collegamento con l'opera ancorata.

Il tirante si compone delle seguenti parti:

- la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- il tratto attivo (fondazione), che trasmette al terreno la forza di trazione del tirante.

I tiranti, in relazione alla durata di esercizio, vengono distinti in:

- tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori (inferiore a due anni);
- tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.

Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie.

**1.2.2 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;
- 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.

### 1.2.3 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.

### 1.2.4 TRATTAMENTI COLONNARI JETTING (JET-GROUTING)

Si definiscono trattamenti colonnari jetting gli interventi di consolidamento e miglioramento dei terreni, mediante mescolazione in posto con leganti cementizi, con la tecnica esecutiva basata sull'impiego dei sistemi jetting (ad uno o più fluidi).

Perforato il terreno, l'iniezione jetting viene eseguita di norma in risalita, utilizzando quale circuito di iniezione la batteria di aste di perforazione e l'utensile di disgregazione, opportunamente corredato di ugelli di iniezione.

Per effetto della rotazione dell'asta durante l'estrazione, l'iniezione jetting realizza una colonna il cui diametro medio nominale dipende dalle modalità e dai parametri di iniezione utilizzati (n. dei fluidi, pressioni, velocità di rotazione e di risalita, etc.).

Gli elementi ottenuti, qualora previsto dal progetto, possono essere successivamente armati, utilizzando barre in acciaio ad aderenza migliorata o tubi metallici.

L'inserimento dell'armatura può avvenire a miscela cementizia fresca, per infissione a pressione, oppure riproforando le colonne con fanghi cementizi aventi la stessa composizione della miscela di iniezione.

### 1.2.5 INIEZIONI

Le iniezioni costituiscono una tecnica atta a modificare le caratteristiche meccaniche (resistenza e deformabilità) e le caratteristiche idrauliche (permeabilità) di terreni porosi e di rocce fessurate o fratturate, o aventi cavità di varie dimensioni, per effetto dell'immissione di idonee miscele, attraverso fori di piccolo diametro.

Tali miscele sono dei fluidi (sospensioni, soluzioni, emulsioni) dotate di proprietà reologiche evolutive, inizialmente idonee alla penetrazione nel mezzo poroso o fratturato, e che raggiungono in seguito le caratteristiche adeguate agli scopi del trattamento.

I terreni iniettabili comprendono i terreni alluvionali o detritici, fino ad un certo limite di permeabilità (dalle ghiaie alle sabbie fini) e le rocce (da carsiche a microfessurate).

I trattamenti possono definirsi di:

- impregnazione, quando tendono a riempire i vuoti dei terreni sciolti porosi;
- intasamento, quando tendono a riempire fratture o cavità della roccia;
- ricomprensione, quando tendono a formare, nei terreni fini, un reticolo di lenti resistenti e scarsamente deformabili, ottenuto per fratturazione idraulica (claquage).

Le miscele di iniezione consistono in:

- sospensioni di un legante idraulico in acqua con eventuali additivi stabilizzanti (miscele cementizie);
- soluzioni colloidali, ottenute sciogliendo in acqua colloidali puri (silicato di sodio) ed utilizzando reagenti organici (acetato di etile);
- soluzioni pure inorganiche, costituite da soluzioni acquose di silice pura con impiego di reagenti inorganici.

In relazione alla penetrabilità ed alla stabilità le sospensioni cementizie si definiscono:

- miscele cementizie instabili, costituite da miscele binarie, nelle quali la fase solida tende a sedimentare con rilevante cessione di acqua libera (bleeding);
- miscele cementizie stabili, costituite da miscele ternarie (acqua- cemento-bentonite) o da miscele binarie corrette con additivi disperdenti e stabilizzanti;
- miscele con cementi microfini, costituite da miscele binarie, con impiego di cementi macinati e additivati.

### 1.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

- Decreto Ministeriale 14/01/2008: Norme tecniche per le Costruzioni
- Raccomandazioni A.I.C.A.P. "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce", edizione 1993.
- Altre norme UNI-CNR, ASTM, DIN che saranno richiamate ove pertinenti.

---

## 2 TIRANTI DI ANCORAGGIO

Le caratteristiche geometriche e strutturali dei tiranti sono definite nel progetto esecutivo.

### 2.1 ELEMENTI COSTITUTIVI TIRANTI E DELLE BARRE DI ANCORAGGIO

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

#### a) Testata

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

#### b) Armatura

E' 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.

#### c) Tratto libero

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

#### d) Fondazione (Bulbo di ancoraggio)

E' il tratto di armatura che viene solidarizzato al terreno o alla roccia e trasferisce le sollecitazioni per attrito.

#### e) Canna di iniezione

E' costituito da un tubo generalmente in PVC, dotato o meno di valvole a manchettes, che viene collegato al circuito di iniezione per la solidarizzazione dell'ancoraggio al terreno o alla roccia. Nei tiranti di ancoraggio fra il tratto libero e la fondazione è di norma interposto un dispositivo di separazione, chiamato sacco otturatore, tenuto in sede da due tamponi posti alle estremità. La

---

funzione del sacco otturatore è di bloccare le eventuali fughe di miscela cementizia attraverso il tratto libero; esso dunque è particolarmente necessario nei tiranti aventi inclinazione prossima all'orizzontale.

Nei tiranti definitivi sono presenti dispositivi atti a realizzare la protezione delle armature anche in corrispondenza del tratto di fondazione. Questo dispositivo è in genere costituito da una guaina in PVC corrugata, dotata di centratori esterni, connessa tramite giunzioni a tenuta all'ogiva o puntale terminale, ed al tampone del sacco otturatore. Un condotto di iniezione, dotato di sfiato, consente di eseguire il riempimento a volume controllato 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.

## 2.2 PROVE TECNOLOGICHE PRELIMINARI

Prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva dei tiranti, quale proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa, a sua cura, mediante l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova.

Il numero dei tiranti preliminari di prova, da eseguirsi solo per opere definitive, sarà stabilito dalla Direzione Lavori in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo.

Il numero minimo per le varie tipologie di tiranti di prova potrà essere riferito alle indicazioni fornite in tal senso dalle raccomandazioni A.I.C.A.P..

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori, in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni A.I.C.A.P su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1993).

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i tiranti di progetto.

Nel caso l'impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, dovrà dar corso a sua cura e spese a nuove prove tecnologiche in ragione dello 0,5 % del numero totale dei tiranti ancora da eseguire con un minimo di un tirante prova.

## 2.3 SOGGEZIONI GEOTECNICHE, IDROGEOLOGICHE E AMBIENTALI

Le tecniche di perforazione e le modalità di connessione al terreno dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei tiranti di progetto.

Particolare cura dovrà essere posta relativamente alla verifica dell'aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione dei tiranti.

Tale verifica verrà eseguita, su richiesta della Direzione Lavori a cura e spese dell'Impresa.

L'ambiente verrà dichiarato aggressivo quando:

- il grado idrotimetrico (durezza) dell'acqua del terreno o di falda risulti  $< 3$  °F;
  - il valore del pH dell'acqua risulti  $< 6$ ;
  - il contenuto in CO<sub>2</sub>, disciolta nell'acqua risulti  $> 30$  mg/l;
  - il contenuto in NH<sub>4</sub>, dell'acqua risulti  $> 30$  mg/l;
  - il contenuto in ioni Mg dell'acqua risulti  $> 300$  mg/l;
  - il contenuto in ioni SO<sub>4</sub> dell'acqua risulti  $> 600$  mg/l oppure  $> 6000$  mg/kg di terreno secco;
- 
-

- i tiranti si trovino in vicinanza di linee ferroviarie o di altri impianti a corrente continua non isolati e con potenze maggiori di 50 kW;
- l'opera risulti situata a distanza  $\leq 300$  m dal litorale marino.

In caso di ambiente aggressivo accertato, l'utilizzo del tipo di cemento dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori e l'impresa dovrà certificarne l'idoneità.

## **2.4 MATERIALI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI**

### **2.4.1 ACCIAI E DISPOSITIVO DI BLOCCAGGIO**

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del DM 14/01/08.

### **2.4.2 ARMATURE METALLICHE**

#### 2.4.2.1 TREFOLI TIPO C.A.P.

Si utilizzeranno trefoli costituiti da fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali secondo le prescrizioni fornite negli elaborati progettuali. Il passo ed il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

Dovranno possedere le proprietà meccaniche, garantite dal produttore, non inferiori a quelle indicate nel punto 11.3.3.2 del DM 14/01/2008 e si dovranno altresì valutare le cadute di tensione per rilassamento secondo quanto previsto dallo stesso DM.

#### 2.4.2.2 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. "Acciaio da Carpenteria".

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.

### **2.4.3 APPARECCHI DI TESTATA**

#### 2.4.3.1 DISPOSITIVI DI BLOCCAGGIO

I dispositivi di bloccaggio dei tiranti a trefoli dovranno essere conformi alle disposizioni contenute nel DM 14/01/08

#### 2.4.3.2 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.

### **2.4.4 MISCELE DI INIEZIONE**

Saranno usate miscele a base di cemento, aventi la seguente composizione per 1 m<sup>3</sup> di prodotto:

- acqua: 600 kg;
- cemento: 1200 kg;
- additivi: 10÷20 kg.

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'acqua dovrà essere conforme alle norme UNI EN 1008:2003.

Gli additivi non dovranno essere aeranti.

La miscela dovrà presentare i requisiti seguenti, periodicamente controllati durante le lavorazioni.

---

---

---

---

## 2.5 DISTANZIATORI, TAMPONI E CONDOTTI DI INIEZIONE

I distanziatori avranno lo scopo di disporre l'armatura di ancoraggio nel foro di alloggiamento in modo che sia garantito il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione.

La forma dei distanziatori dovrà quindi essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione e nello stesso tempo non dovrà 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.

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 intervalli di 2,0-2,5 m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi.

Per armature costituite da barre i distanziatori non saranno alternati a legature.

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.

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.

## 2.6 TOLLERANZE GEOMETRICHE

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori sono le seguenti:

- 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 dovrà risultare conforme al progetto;
- la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non dovrà essere maggiore di  $\pm 2^\circ$ ;
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di 10 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.

## 2.7 PERFORAZIONE

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercolazione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua.

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.

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.

## **2.8 ALLESTIMENTO DEL TIRANTE**

Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà all'allestimento del tirante:

- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1<sup>a</sup> fase), se necessaria;
- 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.

Se presente l'iniezione di 1<sup>a</sup> fase l'introduzione del tirante potrà essere eseguita solo allorchè:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali;
- i trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezioni e di tesatura;
- il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati ( $i \leq 25^\circ$ ), sia presente.

### **2.8.1 MISCELE DI INIEZIONE**

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato.

#### **2.8.1.1 CEMENTAZIONE DI 1<sup>a</sup> 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.

#### 2.8.1.2 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.

## **2.9 ELEMENTI DI PROTEZIONE**

In relazione alla aggressività dell'ambiente sono ammesse 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.

## 2.10 TESATURA E COLLAUDO

Trascorsi ventotto giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo.

L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori.

La trazione di collaudo ( $N_c$ ) è pari a 1,2 volte la trazione massima di esercizio ( $N_{es}$ ).

La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento  $N_0=0,10 N_{es}$  e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata.

I tiranti che non soddisferanno i requisiti di collaudo verranno sostituiti con nuovi tiranti di caratteristiche e posizione concordate con la Direzione Lavori, sentito il Progettista.

In tali casi, restando inteso che comunque i maggiori oneri che ne deriveranno saranno a totale carico dell'Impresa.

Ai tiranti risultanti idonei verrà applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto.

Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.

Le apparecchiature impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- per gli allungamenti di 0,1 mm;
- per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio ( $N_{es}$ ).

Esse dovranno essere tarate presso un laboratorio Ufficiale; è facoltà della Direzione Lavori rivedere a cura dell'Impresa la ripetizione della taratura in caso di impieghi prolungati, o ripetuti per più di 50 tiranti, o in caso di risultati che diano adito a dubbi sulla loro attendibilità.

## 2.11 PROTEZIONI ANTICORROSIVE 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.

---

---

### 3 BARRE D'ANCORAGGIO E BULLONI

#### 3.1 PERFORAZIONE

Valgono le prescrizioni già indicate per i tiranti di ancoraggio (punto 2.0 e seguenti – DM 14/01/2008) Nel caso di perforazione di piccolo diametro in roccia ( $\phi \leq 80 \div 100$  mm) e di manifesta stabilità del foro, potrà essere omesso l'impiego dei rivestimenti.

#### 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.

#### 3.3 INIEZIONE

##### 3.3.1 INIEZIONE DI MISCELE CEMENTIZIE

Si applicano le specifiche già indicate per i tiranti di ancoraggio (punto 2.0 e seguenti), 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.

##### 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 ( $\phi = 15 \div 20$  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. Preferenzialmente 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 fatto tenendo conto dei seguenti fattori:

- viscosità: i valori dovranno essere compresi tra 300 e 3000 cP a 20° e devono essere misurati con il metodo ASTM D2393 - 72;
- tempo di gel: valore da definire a cura del produttore o a seguito di prove preliminari, in relazione alle caratteristiche dell'ambiente, ed ai tempi di realizzazione; il valore dovrà essere misurato secondo 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;
- 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;

---

## 4 CHIODI

La posa in opera dei chiodi sarà eseguita tramite le seguenti operazioni:

**a)** perforazione, da condurre in accordo con le prescrizioni di cui alle precedenti tipologie di ancoraggio; è ammesso l'impiego di attrezzature leggere, in relazione alla natura della roccia ed alla geometria del foro;

**b)** introduzione dell'armatura;

**c)** esecuzione dell'iniezione, fino al completo riempimento dell'intercapedine.

Per chiodi in vetroresina si utilizzeranno solo prodotti chimicamente affini al materiale costituente l'armatura. In casi e per applicazioni particolari i chiodi potranno essere inseriti a pressione, con o senza battitura, con o senza jetting (attraverso la sezione cava).

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 (e conformi a quanto definito nel DM 14/01/2008).

Le caratteristiche minime richieste sono riportate nella tabella seguente:

---

## CARATTERISTICHE E LIMITI DI ACCETTABILITA' DELLE VETRORESINE PER CHIODI

CARATTERISTICHE	UNITA' DI MISURA	MATRICE		METODO DI PROVA
		POLIESTERE	RESINA EPOSSIDICA	
Peso specifico	Kg/dm <sup>3</sup>	1.65 - 1.85	1.9	UNI EN ISO 1183-1:2005 e 21.2005
Contenuto di vetro in percentuale del peso	%	50 ÷ 70	60 ÷ 75	--
Resistenza a trazione	MPa	400 ÷ 650	> 800	
Resistenza a flessione	MPa	300 ÷ 600	> 750	UNI EN ISO 178:2011
Resistenza a compressione	MPa	150 ÷ 300	450	UNI EN ISO 604:1998
Modulo di elasticità	MPa	15000 ÷ 32000	35000 ÷ 42000	

Le informazioni relative alla esecuzione dei chiodi saranno riportate, a cura dell'Impresa, su una scheda tecnica preventivamente approvata dalla DL.

## 5 INIEZIONI

### 5.1 SOGGEZIONI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI

Poichè la corretta scelta delle metodologie e dei prodotti di iniezione è basilare per la corretta realizzazione dei trattamenti, l'Impresa dovrà valutare attentamente gli elementi di conoscenza delle caratteristiche dei terreni (stratigrafia, granulometria, etc.), o i caratteri strutturali e morfologici degli ammassi rocciosi (grado di fratturazione, permeabilità Lugeon, etc.). Dovrà inoltre valutare attentamente l'influenza della falda (pressione, velocità di filtrazione, etc.).

Ove ne ricorra l'opportunità la Direzione Lavori richiederà l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari, secondo quanto precisato al punto successivo.

#### 5.1.1 SALVAGUARDIA AMBIENTALE

Gli interventi con finalità impermeabilizzanti non dovranno modificare le condizioni idrologiche del sottosuolo all'esterno delle aree immediatamente adiacenti ai trattamenti.

E' consentito esclusivamente l'impiego di prodotti stabili nel tempo, e che non cedano al terreno ed alle falde circostanti liquidi residuali inquinanti. Di norma quindi è fatto divieto all'uso di soluzioni colloidali e di reagenti organici, o di altre soluzioni in contrasto con le vigenti norme in materia di tutela ambientale.

### 5.1.2 CONTROLLO DEGLI STATI TENSO-DEFORMATIVI

I procedimenti di iniezione dovranno essere definiti ed applicati in modo da evitare che abbiano luogo modificazioni indesiderate dello stato di deformazione e dello stato di sollecitazione su opere vicine.

### 5.2 TOLLERANZE

I fori di iniezione dovranno essere realizzati nella posizione e con le inclinazioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate plano-altimetriche:  $\pm 5$  cm;
- scostamento dall'asse teorico :  $\pm 2\%$ ;
- lunghezza:  $\pm 15$  cm.

### 5.3 MATERIALI

#### 5.3.1 MISCELE CEMENTIZIE NORMALI

Di norma le miscele cementizie di iniezione per i trattamenti di impregnazione saranno preparate adottando un dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto cemento/acqua

$$0.2 \leq c/a \leq 0.6$$

con impiego di additivi stabilizzanti e disperdenti; per ottenere la stabilizzazione potrà essere utilizzato un agente colloidale, ad esempio bentonite, con rapporto

$$0.01 \leq b/a \leq 0.04$$

Per i trattamenti di intasamento di rocce fessurate il dosaggio c/a può variare nell'intervallo:

$$0.4 \leq c/a \leq 1.4$$

Il cemento impiegato dovrà essere scelto in relazione alle esigenze di penetrabilità ed alle caratteristiche ambientali, considerando, in particolare, l'aggressività dell'ambiente esterno.

E' ammesso l'uso di additivi stabilizzanti, disperdenti e/o fluidificanti.

Le schede tecniche dovranno essere preventivamente approvate dalla DL.

Le miscele cementizie dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh :  $35 \div 45$  secondi
- viscosità apparente :  $10 \div 20$  cP
- rendimento volumetrico :  $\geq 95$  %

(per miscele stabili)

#### 5.3.2 MISCELE CON CEMENTI MICROFINI

##### 5.3.2.1 CARATTERISTICHE DEI CEMENTI E DOSAGGI

Le miscele con cementi microfini saranno ottenute a seguito di processi di produzione tali da aumentare la finezza del cemento fino a valori dell'ordine di  $8500 \div 12000$  cm<sup>2</sup>/g (Blaine). I processi di macinazione e separazione dovranno quindi consentire di ottenere un fuso granulometrico delle particelle solide presenti nella sospensione caratterizzata dai seguenti valori:

- $D_{98} = 10 \div 20$   $\mu$ m
- $D_{50} = 3 \div 5$   $\mu$ m

La granulometria sarà determinata con porosimetri a mercurio o apparecchiature di equivalente precisione. Il dosaggio, in relazione agli impieghi, potrà variare nell'intervallo:

$$0.5 \leq c/a \leq 0.6$$

E' ammesso l'impiego di eventuali additivi disperdenti e fluidificanti inorganici.

Le miscele con cementi microfini dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- viscosità Marsh:  $27 \div 30$  secondi
- rendimento volumetrico:  $\geq 95$  %.

#### 5.4 MODALITÀ ESECUTIVE

Le iniezioni saranno effettuate impiegando tubi valvolati introdotti in appositi perfori all'interno del terreno da consolidare.

I perfori, eseguiti sul contorno della sezione di scavo della galleria, in avanzamento rispetto al fronte di scavo, potranno essere orizzontali, sub-orizzontali o comunque inclinati, di diametro 100-120 mm, ed eventualmente rivestiti. Preliminarmente verranno eseguite iniezioni di guaina tra le pareti del perforo ed il tubo e successivamente quelle di consolidamento, iniettando in pressione attraverso le valvole; tali iniezioni verranno eseguite in più fasi con miscele cementizie additivate eseguite a bassa pressione tra tubo e perforo e ripetute ad alta pressione, attraverso le valvole per il preconsolidamento. Il tubo impiegato sarà in vetroresina del tipo ad aderenza migliorata del diametro 60 mm e spessore 10 mm; le giunzioni dei tubi saranno eseguite con i necessari manicotti e collanti che dovranno garantire, anche in corrispondenza del giunto, la medesima resistenza a trazione e taglio dei tratti di tubo giuntati. Il tubo sarà corredato del tappo di fondo, del tubo di sfogo dell'aria e delle valvole per l'iniezione, costituite da manicotti in gomma di spessore 3,5 mm. Il terreno consolidato dovrà presentare le caratteristiche meccaniche esposte nella tabella che segue, uniformemente distribuite nell'ambito dei volumi minimi considerati:

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL TERRENO CONSOLIDATO	INTERVALLO DELLA PROVA	
	DOPO 48 h DALLA INIEZIONE	DOPO 7 h DALLA INIEZIONE
resistenza a compressione semplice	$\geq 1$ MPa	$\geq 1,5$ MPa
R.D.Q. (indice di recupero modificato) espresso come percentuale di recupero del carotaggio tenendo conto degli spezzoni di carota di lunghezza $\geq 100$ mm	$\geq 50\%$	$\geq 70\%$

L'Impresa, a sua totale cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, provvederà alla messa a punto della tecnologia d'intervento procedendo preliminarmente, mediante prove e sondaggi, alla determinazione delle caratteristiche geomeccaniche, livello di falda e permeabilità del terreno da consolidare; in base ai risultati ottenuti definirà:

la quantità e distribuzione dei tubi di iniezione;

il passo delle valvole;

la composizione delle miscele con specifico riferimento alla viscosità, che dovrà essere bassa per poter eseguire le iniezioni in tempi brevi, il rapporto acqua cemento ed l'impiego di additivi adeguati;

la finezza del cemento;



la pressione di iniezione, che di norma dovrà essere inferiore a quella di cedimento del sistema (clacquage).

L'Impresa dovrà inoltre eseguire, sempre a sua cura e sotto il controllo della Direzione Lavori, la verifica degli effetti indotti nel terreno ed infine l'accertamento dell'uniformità e delle caratteristiche meccaniche del terreno consolidato mediante prove in sito ed in laboratorio su campioni prelevati con carotaggi.

L'Impresa potrà dare corso ai trattamenti soltanto dopo che la Direzione Lavori avrà espresso il suo benestare in base ai risultati delle prove di cui sopra, con l'avvertenza che in ogni caso tale benestare non ridurrà la responsabilità dell'Impresa circa il raggiungimento delle prescrizioni progettuali in termini di spessore e resistenza del terreno consolidato.

#### **5.4.1 ESECUZIONE DEI TRATTAMENTI**

Le attrezzature impiegate dovranno essere in grado di eseguire le lavorazioni richieste con la necessaria continuità per assicurare la uniformità dei trattamenti; i tubi di iniezione dovranno essere atti a resistere a pressioni non inferiori a 12 MPa; l'impianto di miscelazione dovrà essere munito di dispositivo di pesatura del cemento e di misura dell'acqua, dosatore di additivi e contaccicli di miscelazione progressivo; la centrale di iniezione sarà attrezzata con pompe ad alta pressione munite di manometri posti a bocca' foro, con certificato ufficiale di taratura.

Qualora si dovessero riscontrare variazioni sensibili nelle caratteristiche dei terreni attraversati rispetto a quelle assunte inizialmente per la messa a punto del sistema, l'Impresa, a sua cura spese, dovrà verificare puntualmente l'idoneità dei parametri adottati provvedendo eventualmente ad una loro ritaratura in corso d'opera.

L'Impresa in ogni caso dovrà procedere a continui sondaggi nei trattamenti effettuati per verificare la rispondenza alle prescrizioni progettuali relativamente a resistenze e spessori.

A carico dell'Impresa si considerano tutte le operazioni preliminari di sondaggio, prove, progettazione e campo prove; la documentazione dei lavori; la ubicazione dei punti di trattamento; le operazioni di perforazione ed infissione dei tubi valvolati; l'esecuzione delle iniezioni di guaina e di quelle di consolidamento, compreso la fornitura di tutti i materiali ed in particolare:

- il cemento da impiegare nelle iniezioni di guaina e di consolidamento in terreni molto aperti, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità fino a  $10^{-2}$  m/s, sarà cemento del tipo normale;
- per le iniezioni di consolidamento in terreni con coefficiente di permeabilità minori di  $10^{-2}$  m/s, si useranno cementi microfini, acqua, additivi fluidificanti, ecc.

Sono, altresì, a carico dell'Impresa eventuali superfici di parete consolidata eccedenti le dimensioni teoriche di progetto.

#### **5.4.2 TRATTAMENTO DI IMPREGNAZIONE**

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto. Per pressione di iniezione si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

Nei trattamenti di impregnazione l'iniezione dovrà essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (claquage).

La distanza minima tra due fori iniettati contemporaneamente dovrà essere determinata in relazione alle pressioni di iniezioni in modo da non provocare indesiderati inconvenienti, quali sollevamenti

nelle adiacenze o comunicazioni tra fori o colonne vicine, non ancora indurite. A tal fine l'Impresa, sulla base anche delle prove preliminari, dovrà studiare la corretta sequenza di esecuzione. Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione, o viceversa, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore. Fino a quando le operazioni di iniezioni non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo d'armatura.

#### **5.4.3 TRATTAMENTI DI INTASAMENTO**

Saranno eseguiti in conformità con le modalità e le indicazioni date nel progetto di intervento. Ove previsto le iniezioni potranno essere realizzate anche in fase unica, in risalita o in avanzamento, attraverso le aste di perforazione.

#### **5.4.4 TRATTAMENTI DI RICOMPRESSIONE**

Verificato l'esatto posizionamento delle valvole, si darà luogo alle iniezioni utilizzando portate e pressioni atte a produrre la fratturazione idraulica del terreno, registrando opportunamente la pressione di picco e la successiva pressione di alimentazione della frattura. L'iniezione sarà arrestata al raggiungimento dei previsti volumi di miscela cementizia.

---

---

**SEZ. 16 "OPERE DI DIFESA"****1 DIFESA DEL CORPO STRADALE****1.1 DISGAGGIO DI MASSI**

Dopo una accurata ispezione delle pareti rocciose per l'accertamento della presenza e della disposizione di masse instabili, si dovrà provvedere con qualsiasi mezzo, incluso l'esplosivo, all'abbattimento e rimozione di dette masse, da eseguirsi a qualsiasi quota dal piano stradale.

**1.2 PARAMASSI**

Si distinguono in:

- paramassi elastici
- paramassi rigidi.

I paramassi elastici dovranno essere formati da:

- Ritti di testata in profilato HEB del tipo B450A non inferiori a 320 mm, controventati da puntoni in profilati a C non inferiori a mm 200, solidamente collegati ai montanti mediante saldatura o imbullonatura, con eventuale ausilio di fazzoletti o piastre ed angolari;
- Ritti intermedi in profilati IPE o NP del tipo B450A non inferiori a 240 mm, muniti di manicotti distanziato da reggicavo, opportunamente svasati alle estremità per evitare danni alle funi e saldati all'ala lato monte dei fitti.

Tali fitti potranno essere incastrati al piede su manufatti esistenti o su nuovi basamenti in c.a., infiggendo il profilato per una altezza non inferiore a 80 cm e sigillando con malte espansive.

Potranno, altresì, essere fissati a mezzo di cerniera meccanica, vincolata al basamento mediante idonea forcilla in acciaio B450C, per consentire la rotazione di fitti sul piano ortogonale.

Orditura longitudinale di cavi funicolari di acciaio del diametro non inferiore a 12 mm aventi ciascuno resistenza a rottura non inferiore a 10 tonnellate, opportunamente tesati infilati nei manicotti dei atti intermedi ed ormeggiati ai atti di estremità mediante cappio con morsetti; detti cavi saranno adagiati in una gola arcuata costituita da profilato a C o simile non inferiore a 35 mm opportunamente calandrato e solidamente fissato al fitto.

I cavi funicolari dovranno essere collegati a due a due mediante distanziatori, in tondino d'acciaio del diametro di 10 mm e del tipo B450A, fissati alle funi stesse e posti ad un interesse non inferiore a 50 cm, sfalsati su file attigue.

Rete metallica a doppia torsione, con maglia esagonale tipo 8x10 in accordo con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218-1 e 2 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 350 e 550 N/mm<sup>2</sup> e allungamento non inferiore al 10%, avente un diametro pari a 3,00 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) - Cerio - Lantanio conforme alla EN 10244 - Classe A con un quantitativo non inferiore a 245 g/m<sup>2</sup>.

La rete dovrà rispondere inoltre alle "Linee guida per la redazione di capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

La rete sarà stesa a ridosso dell'orditura di funi, lato monte, e legata alle funi con filo di ferro zincato, nel caso di interesse tra i cavi funicolari non superiore a 20 cm; oppure rete a maglie estensibili delle dimensioni non superiori a mm 150x150 costruita con fune, rivestita in PVC, a fili di acciaio aventi resistenza a trazione non inferiore a 160 Kg/mm<sup>2</sup>.

I paramassi, quando hanno ritti incernierati, dovranno avere sempre gli stessi opportunamente tirantati.

La verniciatura protettiva dei profilati metallici dovrà essere eseguita in accordo al seguente ciclo:

- preparazione delle superfici mediante spazzolatura meccanica al grado St3
- secondo lo Swedish-Standard Association;
- applicazione di due mani di minio oliofenolico delle spessore di 35 micron per mano;

dopo la messa in opera, applicazione di due mani:

- al cloro-caucciù intermedia (spessore 40 micron);
- un'altra al cloro-caucciù di finitura (spessore 60 micron).

Dovrà essere inoltre realizzata la spalmatura delle funi con due mani di bitume.

Prima della messa in opera delle funi verrà prelevato, previa stesura di apposito verbale, in contraddittorio con l'Impresa, uno spezzone di ogni fune da impiegare; detto campione verrà inviato ad un Laboratorio ufficialmente riconosciuto, per essere sottoposto alle prove di verifica per la determinazione del limite di rottura.

Tutti gli elementi costituenti la barriera saranno zincati a caldo, la barriera sarà del tipo ad elevato assorbimento di energia, deformabile, prodotta in regime di qualità ISO 9001 certificata, a seguito di prove in vera grandezza "crash test", da Laboratori o Istituti di Prove Ufficiali autorizzati secondo D.P.R. 380/2001 Art. 59 (Legge n.1086/1971 Art. 20) , appartenente alla classe energetica n° 3 (tre) con assorbimento minimo di 1000 kJ.

La barriera sarà sostanzialmente costituita da:

- Montanti in acciaio tubolare, HEA, HEB, IPE, ecc. dotati di cerniera ed elementi passafune posti ad interasse non superiore a 10 m.
- Controventi di monte, di testa, funi longitudinali superiori e inferiori, funi di collegamento in funi di acciaio ad anima metallica con classe di resistenza non inferiore a 180 kg/mm<sup>2</sup> muniti di cappio, dispositivo dissipatore, grilli, manicotti di chiusura e relativa morsetteria a cavallotto.
- Fondazioni costituite da barre, micropali, ancoraggi un fune spiroidale muniti di redancia e sistema di protezione anticorrosiva, dimensionate in base alle risultanze delle prove sperimentali.
- Struttura di contenimento costituita da pannelli di rete in fune con orditura a maglia quadra, romboidale o ad anelli concatenati o altra configurazione, posti in opera tra le campate, uniti con idonei elementi di giunzione al fine di rendere omogenea tutta la struttura in caso di sollecitazione da impatto. Alla rete principale dovrà essere sovrapposta una rete a maglia esagonale cm 8 x 10 a doppia torsione con filo Ø mm 3,0.
- Dissipatori di energia realizzati con elementi tubolari, asole, freni o altri dispositivi, caratterizzati da modalità di funzionamento basato su sollecitazione o deformazione di materiali comunque idonei a non danneggiare le funi di acciaio.

La barriera è sostenuta in posizione dai soli montanti, dai controventi laterali e dai controventi monte.

La barriera paramassi deve rispettare le seguenti caratteristiche tecniche e prestazionali:

- superare n° 1 (una) prova di impatto con energia maggiore o uguale al 100% (M.E.L.: Maximum Energy Level) della classe nominale di resistenza, trattenendo il blocco di prova, senza danni sostanziali ai componenti principali del sistema e presentare un'altezza residua non inferiore al 70% dell'altezza nominale;
- superare una ulteriore prova di impatto, dopo la prova al 100% (M.E.L.), e senza effettuare riparazioni, con energia non inferiore al 100% della classe nominale di resistenza con arresto del blocco di prova e mantenendo la propria funzionalità;
- superare n° 2 (due) prove di impatto eseguite in successione, senza effettuare riparazioni, con energia maggiore o uguale ad 1/3 (S.E.L.: Service Energy Level) della classe nominale di resistenza, trattenendo il blocco di prova, senza danni sostanziali ai componenti principali del

sistema e presentare un'altezza residua non inferiore al 70% dell'altezza nominale in entrambe le prove;

- superare una prova di impatto con piccoli corpi di lancio (almeno 3 (tre) con energia cinetica totale all'impatto non inferiore a 3,50 kJ al fine di verificare la resistenza alla perforazione della rete;
- la deformata massima nelle prove M.E.L. e S.E.L. non deve essere superiore a 4,00 metri in tutte le prove;
- le prove "crash test", considerato anche quanto previsto dalle Linee Guida Europee ETAG 027/2006, e considerata altresì le indicazioni delle " Direttive per l'omologazione delle reti paramassi" edite a cura dell'UFAFP Svizzero, dovranno essere effettuate secondo le seguenti modalità e prescrizioni, i cui dati dovranno essere riportati nel certificato delle prove:
  - gli impatti durante i "crash test" devono avvenire per caduta libera del blocco di prova e senza interazioni dello stesso con il terreno o altri vincoli;
  - la velocità del blocco di prova non può essere inferiore a 25 m/sec., rilevata mediante idonea strumentazione (attrezzatura video, apparecchiatura a raggi laser o similari)
  - la deformata massima dovrà essere rilevata durante la prova al momento della massima estensione della rete, mediante idonea strumentazione (attrezzatura video o altri sistemi equivalenti)
  - dovranno essere rilevati, mediante celle di carico, le forze agenti su tutti i punti di fondazione:
    - Ancoraggi di monte
    - Ancoraggi laterali
    - Eventuali ancoraggi di valle

Tutti i materiali e/o componenti devono essere nuovi di fabbrica ed accompagnati da certificazione di origine e dichiarazioni di conformità, secondo le normative UNI EN 10025 (montanti in acciaio), UNI ISO 2408 (funi d'acciaio), UNI EN 10244-2 (zincatura fili e funi), UNI EN ISO 1461 (zincatura carpenteria metallica).

Tutte le certificazioni, i manuali di montaggio e la documentazione tecnica, devono essere preventivamente sottoposte per approvazione alla D.L.

Il certificato dovrà comprendere una specifica dichiarazione relativa al corretto funzionamento della barriera e dovrà essere privo di condizioni e/o riserve.

## **1 . 3 RIVESTIMENTI DI PARETI E SCARPATE**

### **1 . 3 . 1 MANTELLATE IN LASTRE**

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente  $R_{ck} \geq 25$  MPa, in elementi di dimensioni di 50x25x5 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 B450C, 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 4-5 m, trasversalmente all'asse della mantellata; dovranno essere intasati con materiale bituminoso di appropriata caratteristiche, tale da aderire alle lastre e di non colare.

In corrispondenza dei giunti di dilatazione dovrà essere interrotta la continuità dell'armatura metallica.

#### **1 . 3 . 2 MANTELLATE A GRIGLIATO ARTICOLATO**

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato avente  $R_{ck} \geq 30$  MPa, armato con tondini di acciaio B450C 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.

#### **1 . 3 . 3 RIVESTIMENTO CON RETE METALLICA**

Il rivestimento sarà realizzato mediante posa di rete metallica, 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  $\phi=12$  mm ad aderenza migliorata del tipo B450C in numero di almeno una ogni 4 metri quadrati, lunghe fino a m 2, ancorate in fori del diametro di 2 pollici con malta cementizia.

#### **1 . 3 . 4 RIVESTIMENTO MEDIANTE IMPIEGO DI MALTA DI CEMENTO SPRUZZATA**

Per il consolidamento delle scarpate si applicheranno le norme nel DM 14/01/2008.

Tale consolidamento verrà eseguito procedendo, di norma, dall'alto verso il basso della scarpata.

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 avranno 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 mm 51 composta di filo n. 4 a doppia torsione.

Il fissaggio della rete avverrà a mezzo di staffe in ferro aventi, di norma, il diametro di mm 10 e la lunghezza non inferiore a cm 40 preventivamente trattate con antiruggine e poste ad interesse non superiore a cm 50.

Sulle pareti subverticali, dopo un'accurata bagnatura, si procederà 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 Kg. 400 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 cm 3.

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 cm 10, 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, nonché l'onere della sostituzione delle piante che non fossero attecchite.

Qualora i lavori venissero eseguiti in presenza di traffico, durante la loro esecuzione l'impresa dovrà evitare, con ogni mezzo, qualsiasi ingombro della sede stradale e dovrà preservare, a sua cura e spese, l'efficienza sia del piano viabile bitumato che dell'impianto segnaletico esistente nel tratto stradale interessato dai lavori.

#### **1 . 4 GABBIONATE**

A difesa del corpo stradale, oltre ai citati interventi, possono essere impiegate le gabbionate.

Saranno realizzate a qualsiasi altezza rispetto al piano stradale e saranno costituite da gabbioni metallici di qualsiasi tipo e dimensione.

Se necessario potrà essere posto in opera uno strato filtrante geotessile non tessuto per garantire il drenaggio delle acque piovane.

##### **1 . 4 . 1 GABBIONI METALLICI**

I gabbioni metallici dovranno avere forma prismatica ed essere costituiti da rete metallica a doppia torsione, a maglia esagonale, tessuta a macchina con trafilato di ferro a forte zincatura in ragione di 260-300 g di zinco per metro quadrato di superficie zincata e dovranno rispondere alle Norme di cui alle "Linee guida per la redazione di capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. .

La rete costituente gli elementi dovrà avere maglie uniformi, essere esente da strappi ed avere il perimetro rinforzato con filo di diametro maggiorato rispetto a quello della rete stessa, inserito nella trama della rete o ad essa agganciato meccanicamente in modo da impedire lo sfilamento e dare sufficiente garanzia di robustezza.

Gli elementi dovranno presentare una perfetta forma geometrica secondo i tipi e le dimensioni fra quelli di uso corrente.

I gabbioni dovranno essere posti in opera secondo le previsioni di progetto.

Preliminarmente l'impresa dovrà procedere alla regolarizzazione del piano di posa, quindi al posizionamento degli elementi collegandoli tra loro mediante cuciture.

Il filo da impiegare nelle cuciture dovrà avere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete e comunque non dovranno avere diametro inferiore a 2,20 mm per i gabbioni e 2,00 mm per i materassi.

Le cuciture dovranno essere tali da creare la struttura monolitica ed assicurare la sua massima resistenza in funzione delle caratteristiche delle singole opere.

Le cuciture più importanti normalmente dovranno essere effettuate passando un filo continuo dentro ogni maglia e con un doppio giro ogni 25-30 cm.

Sono ammessi altri sistemi purché siano giudicati idonei dalla Direzione Lavori.

---

---

Durante il riempimento dovranno essere posti in opera i previsti tiranti, costituiti da un unico spezzone di filo avente le stesse caratteristiche di quello usato per le cuciture, fissato alla rete di pareti adiacenti od opposte dell'elemento.

Il materiale da usarsi per il riempimento dei gabbioni e materassi potrà essere costituito da pietrame o ciottoli, di composizione compatta, sufficientemente duro, di elevato peso specifico e di natura non geliva.

Sarà escluso il pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera verrà a contatto.

Il materiale di riempimento dovrà in ogni caso essere ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori; le sue dimensioni dovranno essere comprese fra 100 e 150% della maggiore dimensione della maglia della rete, salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori.

Il pietrame dovrà essere assestato dentro all'elemento in modo da avere il minor numero di vuoti possibile ma senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento e le facce in vista saranno lavorate con le stesse modalità della muratura a secco (l'indice di porosità del gabbione dovrà essere compreso tra 0.3 e 0.4).

La chiusura degli elementi dovrà essere effettuata mediante cuciture, come indicato in precedenza.

Dopo la chiusura degli elementi, la rete delle pareti e del coperchio dovrà risultare ben tesa e con i filoni dei bordi tra di loro a contatto, evitando attorcigliamenti.

## **1 . 5 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.

### **1 . 5 . 1 TUBAZIONI**

#### **1 . 5 . 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:

- $R_{ck} \geq 25$  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 rinfiancati; il conglomerato per la platea ed i rinfianchi sarà del tipo di fondazione avente  $R_{ck} \geq 25$  MPa.

Tra tubazione e platea dovrà essere interposto uno strato di malta dosata a  $400 \text{ Kg/m}^3$  di cemento.

#### **1 . 5 . 1 . 2 TUBAZIONI IN P.V.C. RIGIDO**

La tubazione sarà costituita da tubi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma, del tipo 303 serie pesante, secondo norma UNI EN 1401-1:2009.

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 rinfiancato con conglomerato del tipo di fondazione con  $R_{ck} \geq 25$  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 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 inadeguati.

#### 1.5.1.3 POZZETTI E CHIUSINI

Dovranno essere in conglomerato cementizio armato e vibrato, ben stagionato, ed avere le seguenti caratteristiche:

- $R_{ck} \geq 30$  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. Saranno conformi alla norma UNI-EN 124:1995.

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o simili, 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 saranno indicate negli elaborati di progetto.

#### 1.5.2 CANALETTE

Le canalette saranno 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.

Nella posa in opera saranno compresi i raccordi, i tiranti, i profilati di raccordo, la bulloneria ed ogni altro onere per l'esecuzione del lavoro.

#### 1.5.2.1 CANALETTE AD EMBRICI

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente  $R_{CK} \geq 25$  MPa, in elementi di 50/40 x50x20 cm e spessore 5 cm, secondo i disegni tipo di progetto.

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.

L'elemento al piede della canaletta, quando il fosso di guardia non è rivestito e manca l'ancoraggio, dovrà essere bloccato mediante due tondini in acciaio del diametro 24 mm e lunghezza non inferiore a 80 cm, infissi nel terreno per almeno 60 cm, in modo che sporgano almeno 20 cm.

Ancoraggi analoghi dovranno essere infissi ogni tre elementi di canaletta per impedire il loro slittamento a valle.

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.

---

---

### 1.5.3 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 dare i lavori finiti.

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 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 Lavori.

(Ogni partita composta di 200 elementi per tubazioni, pozzetti e cordonature di 500 elementi per canalette, mantellate, cunette e fossi).

Le operazioni di prelievo e di prova saranno effettuate in contraddittorio redigendo apposito verbale controfirmato dalla Direzione Lavori e dall'Impresa.

Qualora la resistenza risultante dalle prove sia inferiore al valore richiesto, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

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.

### 1.5.4 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 del caso integrate da provvisorie puntellature intermedie; il contenimento del cielo o delle pareti di scavo con elementi prefabbricati in conglomerato cementizio con conglomerato cementizio lanciato a pressione con l'eventuale incorporamento di rete e centine metalliche; l'impiego di ancoraggi e bullonaggi, marciavanti e lamiera metalliche; l'uso di attrezzature speciali e di altre apparecchiature meccaniche ed in genere qualsiasi altro metodo di scavo a foro cieco.

Per l'esecuzione degli scavi in presenza di terreni particolarmente compatti, potrà essere consentito l'uso delle mine ma con cariche modeste e alloggiate in fori di profondità adeguatamente limitata, previa autorizzazione delle competenti autorità.

Per quanto concerne le prescrizioni per gli scavi in sotterraneo e per il rivestimento in conglomerato delle pareti di scavo, valgono, per quanto applicabili, le prescrizioni di cui alla sezione "Gallerie" del presente Capitolato.

### 1.5.5 RIVESTIMENTO PER CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA

#### 1.5.5.1 IN ELEMENTI PREFABBRICATI IN C.A.V.

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente  $R_{ck} \geq 30$  MPa, armato con rete di acciaio a maglie saldate del tipo B450C, 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 od a L, secondo i disegni tipo di progetto; lo spessore dovrà essere non inferiore a 7 cm e le testate dovranno essere sagomate ad incastro a mezza piolla; 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.

1.5.5.2 IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO, GETTATO IN OPERA

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, sarà eseguito con conglomerato cementizio di tipo II con Rck  $\geq$  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.

1.5.5.3 IN MURATURA DI PIETRAMA

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.

1.5.6 **CORDONATURE**

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente Rck  $\geq$  30 MPa, in elementi di lunghezza 1,00 m, di forma prismatica e della sezione indicata in progetto.

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 Rck  $\geq$  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.

---

---

## 2 **DIFESE SPONDALI**

Il tipo di rivestimento per proteggere dall'erosione le sponde, dipende materiali disponibili, dalle condizioni di stabilità delle sponde e dalla velocità della corrente.

Per sponde inclinate e stabili la protezione potrà essere eseguita in scogliera, naturale o artificiale, a grossa pezzatura, gabbioni e/o materassi in pietrame.

Qualora oltre alla protezione della sponda, si dovesse rendere necessario assicurare anche la stabilità delle stesse, si utilizzeranno gabbioni e/o materassi in pietrame, paratie, prismi in conglomerato cementizio, palificate, muri di sponda.

### 2.1 **PRISMI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Dovranno essere in conglomerato cementizio vibrato, avente Rck  $\geq$  25 MPa, in elementi di forma cubica delle dimensioni previste in progetto.

I prismi dovranno presentare facce piane, aspetto compatto e regolarità di forma; la Direzione Lavori rifiuterà quelli che non rispondessero alle caratteristiche di cui sopra.

Per il controllo della resistenza del conglomerato si procederà secondo le prescrizioni riportate alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato, con l'avvertenza che l'Impresa non dovrà porre in opera i prismi prima che siano state effettuate le prove per la determinazione della resistenza e prima che la Direzione Lavori abbia terminato le operazioni di conteggio.

---

---

A questo scopo i prismi dovranno essere costruiti in file rettilinee e parallele.

Nell'eventualità che la cassetta interessi solo le quattro facce laterali del prisma, onde assicurare la regolare conformazione dello stesso anche per la faccia a diretto contatto con il terreno, sarà necessario provvedere prima del montaggio delle casseforme a regolarizzare la superficie di appoggio spianandola e compattandola in modo adeguato.

Il calcestruzzo verrà versato nelle casseforme a strati regolari ed ogni strato sarà accuratamente vibrato in modo da evitare la formazione di vuoti e rendere l'ammasso il più possibile omogeneo e compatto.

Dovranno essere inglobate nel getto idonee armature in acciaio costituenti i ganci per la movimentazione dei prismi.

Si potrà procedere alla scasseratura delle pareti laterali non prima che siano trascorse 24 h dal getto.

La rimozione ed il trasporto dei prismi non potrà aver luogo prima che siano trascorsi trenta giorni dalla data del loro confezionamento ed in ogni caso solo previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Nel trasporto e nel collocamento in opera si dovrà usare la massima cautela per evitare che i prismi possano essere danneggiati.

Prima di iniziare le operazioni di posa l'impresa dovrà in contraddittorio con la Direzione Lavori, procedere al picchettamento della difesa riportando fedelmente sul terreno il tracciato indicato in progetto.

Terminate le operazioni di tracciamento l'Impresa potrà provvedere alla realizzazione della difesa procedendo nelle operazioni di posa dei prismi da monte verso valle.

La posa in opera dovrà avvenire nel rispetto delle sagome di progetto mediante la collocazione di ogni singolo elemento sul piano di appoggio preventivamente regolarizzato.

Ciascun elemento dovrà essere disposto in modo da garantirne una giacitura stabile indipendentemente dalla posa in opera degli elementi adiacenti; i giunti dovranno risultare sfalsati sia in senso longitudinale che in quello trasversale e permettere uno stretto contatto tra gli elementi adiacenti.

## **2 . 2 MASSI DI ROCCIA**

I massi da impiegare nella costruzione di scogliere dovranno essere inalterabili, tenaci, privi di fratture e piani di scistosità, e il loro peso di volume dovrà essere maggiore o uguale a 25 kN/m, il peso specifico  $p$  dovrà essere maggiore o uguale 26 kN/m ed il grado di compattezza  $C = P/p$  sarà maggiore o uguale 0.95.

Le categorie di massi saranno le seguenti:

- Massi di I categoria: elementi di peso complessivo fra 50 e 100 kg
- Massi di II categoria: peso fra 100 e 500 kg
- Massi di III categoria: peso fra 500 e 1500 kg
- Massi di IV categoria: peso fra 1500 e 4000 kg
- Massi di V categoria: peso oltre i 4000 kg

La roccia, costituente i massi, non dovrà risultare geliva alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 16 novembre 1939 - IVII n. 2232, relativa all'accettazione delle pietre naturali da costruzione. Per l'accertamento delle caratteristiche dei massi, l'Impresa, a sua cura e spese, dovrà predisporre, per l'invio a laboratorio, campioni costituiti da una serie di 24 cubi a facce perfettamente piane e parallele e con spigoli regolari delle dimensioni di 10 cm, e da una serie di 8 cubi con spigoli di 3 cm; su ciascun campione si indicheranno quali sono le facce parallele al piano di giacitura in cava.

La forma dei massi sarà tale che, inscrivendo ogni masso in un parallelepipedo, il minore dei lati del parallelepipedo circoscritto non risulterà inferiore alla metà del lato maggiore dello stesso. La

Direzione Lavori ha la facoltà di integrare le prove sopra prescritte con prove di caduta massi direttamente in cava, secondo modalità fissate dalla stessa.

Tutte le prove di cui sopra saranno effettuate all'inizio della fornitura e sistematicamente ripetute nel corso della fornitura stessa, secondo opportunità.

Per la classificazione dei massi secondo le categorie di cui sopra, l'Impresa dovrà disporre di:

- una bilancia tarata, della portata non inferiore a 20 tonnellate, per la pesatura dei massi che verranno approvvigionati con mezzi terrestri; tale bilancia sarà del tipo a registrazione automatica e dovrà essere montata attuando ogni accorgimento per la perfetta regolarizzazione del piano di appoggio;
- mezzi fluviali, utilizzati per la formazione ed il ricarica delle scogliere radenti e dei pennelli, dotati cri appositi dinamometri tarati per la determinazione del peso di ciascun masso.

Nell'esecuzione dei lavori i massi di maggiore dimensione dovranno essere posti verso l'esterno e quelli di minore dimensione verso l'interno, cosicché risulti graduale il passaggio dei massi di peso maggiore a quelli di peso minore.

Il completamento e la sistemazione delle scogliere dovrà essere effettuato a tutta sagoma, procedendo per tratti successivi che dovranno essere mano a mano completata secondo la sagoma prescritta, in modo da realizzare una perfetta continuità fra i vari tratti.

Non saranno accettati i massi che, all'atto della posa in opera, dovessero presentare lesioni o rotture, cosa come quelli che, nelle operazioni di posa, dovessero cadere fuori sagoma.

### **2 . 3 GABBIONI**

Si realizzeranno in conformità alle indicazioni del punto 1.4.1 della presente Sezione.

### **2 . 4 MATERASSI IN PIETRAMME**

Il materasso in pietrame è costituito da una struttura metallica, avente forma parallelepipedica di notevole ampiezza e piccolo spessore, divisa in più celle, costituita da una rete metallica a maglia esagonale a doppia torsione, fortemente zincata ed eventualmente protetta con rivestimento in materiale plastico; tale elemento viene riempito in opera con ciottoli o pietrisco di idonee dimensioni.

Il materasso sarà realizzato da un telo continuo di rete sul quale, alla distanza di 1,00m l'uno dall'altro, verranno inseriti i diaframmi dello stesso tipo di rete in modo tale da formare una struttura cellulare di larghezza da 2,00 m a 3,00 m, il telo continuo servirà per formare sia la base che le pareti laterali dell'elemento. il coperchio sarà costituito da un telo di rete separato da quello di base.

I teli di rete saranno delimitati, esternamente lungo i bordi, da fili di diametro più grosso di quello usato per fabbricare la rete, che rinforzeranno la struttura e faciliteranno, durante la messa in opera, le legature di chiusura delle tasche e di unione degli elementi fra di loro.

La rete metallica a maglia esagonale e doppia torsione sarà realizzata in accordo alla norma UNI EN 10223-3:2014 tessuta con trafilato di ferro, a forte zincatura, in accordo a quanto previsto dalla "Linee guida per la redazione di capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. .

Per materassi lavoranti in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore 0.4-0.6 mm.

La pezzatura varierà tra 1 e 1,5-2 volte la dimensione D della maglia della rete.

L'indice di porosità sarà contenuto tra 0.3 e 0.4. Non è richiesto impiego di materiale con caratteristiche particolari, purché non si tratti di materiale gelivo o di marne friabili; è opportuno che il pietrame sia di natura compatta e con peso specifico non inferiore a 2000 Kg/m<sup>3</sup>.

---

---

Prima della posa in opera il singolo materasso verrà allestito effettuando le sole legature di unione fra i diaframmi ed i lembi laterali del telo base che costituiscono le pareti dell'elemento.

La linea di piegatura delle pareti laterali sarà ben definita, nella posizione voluta, da un filo metallico di diametro maggiore.

E' preferibile che i singoli elementi di materasso siano allestiti fuori opera, anche quando la scarpata sulla quale si debba eseguire il rivestimento non sia molto inclinata, e ciò per maggiore comodità e per non danneggiare il terreno già livellato.

Dopo aver predisposto sul piano di posa un certo numero di elementi, già assemblati nella loro forma cellulare, si dovrà procedere a collegarli fra di loro con solide cuciture lungo tutti gli spigoli che si vengono a trovare a contatto.

Le legature saranno eseguite passando il filo in modo continuo in tutte le maglie, con un doppio giro ogni due maglie, e il collegamento in opera dei materassi sarà eseguito ad elementi vuoti per rendere più facile tale operazione.

Qualora i materassi fossero senza diaframmi, all'interno saranno apposti dei tiranti tra parti opposte. Quindi si procederà alla operazioni di riempimento.

Ultimate tali operazioni si procederà alla chiusura degli elementi utilizzando il singolo coperchio, oppure rete in rotoli ed effettuando le dovute legature di unione sia lungo i bordi laterali che lungo quelli dei diaframmi interni.

Si eseguiranno prima le legature che fissano il coperchio ai bordi laterali dell'elemento, poi quelle che lo collegano ai diaframmi trasversali.

Normalmente le scarpate di appoggio si faranno inclinate di 1:1,5 o di 1:2 secondo la natura del terreno, tenendo la pendenza massima in casi di terre vegetali di media consistenza e la minima con quelle argillose.

Qualora si stia procedendo ad un rivestimento d'alveo, il materasso verrà disposto sulle sponde trasversalmente al corso d'acqua e cioè secondo la massima inclinazione delle sponde e perpendicolarmente al filo della corrente.

Questa disposizione non è tassativa; potrà a volte convenire disporre gli elementi in senso longitudinale alla corrente come ad esempio nei rivestimenti del fondo, e, nel caso di corsi d'acqua con notevole velocità, anche nei rivestimenti di sponda; a determinare la scelta fra i due suddetti sistemi interverranno anche la maggior facilità di posa in opera o ragioni costruttive di varia natura.

La posa in opera direttamente in acqua sarà eseguita come per i gabbioni.

## **2 . 5 SOGLIE DI FONDO**

Le soglie di fondo sono strutture trasversali all'alveo e poco emergenti dal fondo, destinate ad evitarne l'approfondimento in quanto costituenti un livello inerodibile nell'alveo stesso.

Saranno preferibilmente scavate sezioni trapezie, e la soglia sarà costituita da pietrame di grossa pezzatura, o si potranno realizzare come platee in calcestruzzo o in gabbioni e/o materassi di pietrame, soprattutto per la difesa di opere particolari, quali pile di ponti o altro, nel qual caso la soglia si prolungherà a monte e a valle dell'opera.

---

---

## **3 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, dei drenaggi e dispositivi per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee, nonché delle modalità di esecuzione dell'opera e dell'eventuale rinterro, così come indicato dalle vigenti disposizioni di legge.

### **3 . 1 MURI IN MURATURA**

Verranno realizzati mediante l'impiego di muratura di pietrame a secco e/o di pietrame e malta. Per ciò che attiene le caratteristiche dei materiali costituenti l'opera si rimanda alla sezione "Murature" del presente Capitolato.

### **3 . 2 MURI IN CALCESTRUZZO**

Potranno essere realizzati in calcestruzzo semplice e/o armato. Per ciò che attiene le caratteristiche dei materiali costituenti l'opera si rimanda alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

### **3 . 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 punto 1.4.1 della presente Sezione di 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 0.50 m, 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 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.

---

---

## **4 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 B450C , 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 Rck  $\geq$  30 MPa ed armatura in barre in acciaio B450A 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 sub orizzontali 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 4x4 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.

Nella formazione del rilevato costituente il terrapieno armato dovranno essere applicate norme e prescrizioni alla sezione "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

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.

#### **4 . 1 STRUTTURE DI SOSTEGNO A SCOMPARTI CELLULARI**

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 10÷15% 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  $R_{ck} \geq 35$  MPa ed armatura in barre di acciaio B450C 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 sarà 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.

Inoltre è prevista la possibilità di utilizzo di blocchi per muri di contenimento, che consentono significativi risparmi nei costi dovuti ai ridotti tempi richiesti per l'installazione e ad una minore quantità di terreni acquistati, oltre ad i seguenti vantaggi:

- Installazione veloce ed economica in qualsiasi condizione atmosferica
  - Posatura a secco senza l'uso di malte
- 
-



- Altezza raggiunta senza l'uso del basamento reticolare
- Può essere installato con ridotti spazi di lavoro
- Aspetto di pietra naturale che ben si armonizza con l'ambiente circostante
- Flessibilità nella progettazione e nella consegna
- Struttura prefabbricata senza uso di armature
- Ridotta manodopera e disgregazione del sito ridotta al minimo
- Manutenzione minima

#### **4 . 2 STRUTTURE DI CONTENIMENTO IN ELEMENTI SCATOLARI**

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'arretramento 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 od 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  $R_{ck} \geq 30$  MPa, ed essere armati con barre e/o rete elettrosaldata di acciaio del tipo B450C 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.

---

---

## **5 OPERE DI SOSTEGNO IN TERRA RINFORZATA**

### **5 . 1 DIFESA DEL CORPO STRADALE**

#### **5 . 1 . 1 DISGAGGIO DI MASSI**

Prima di dare inizio alle attività di rimozione di masse pericolose, si dovrà disporre di:

- una planimetria della zona oggetto del lavoro con l'indicazione delle masse da disgiungere;
- una breve relazione sulle modalità di rimozione;
- data o periodo in cui avverranno le attività.

Nel caso di impiego di esplosivi, saranno riportate anche le misure di sicurezza adottate.

---

---

Nel caso di impiego di esplosivi verranno i controlli indicati nella specifica relativa al loro impiego e riportata alla sezioni "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

Alla fine dei lavori la DL accerterà che:

- tutte le masse identificate come pericolose siano state rimosse;
- che non siano stati provocati danni a manufatti pre-esistenti;
- che non siano state poste in instabilità ulteriori masse.

L'esito delle verifiche dovrà essere riportato su apposita relazione, redatta dall'Impresa, che dovrà essere controfirmata dalla DL.

#### 5 . 1 . 2 PARAMASSI

##### 5 . 1 . 2 . 1 CONTROLLI SUI MATERIALI

Tutti i seguenti materiali:

- profilati in acciaio
- cavi funicolari
- reti metalliche
- lamiere lisce e sagomate

dovranno essere accompagnati, per ogni lotto di fornitura, da certificazione del fornitore dimostrante la conformità alle specifiche del presente Capitolato e forniti dalla DL.

La certificazione dei profilati dovrà attestare la conformità alle specifiche anche del ciclo di verniciatura, nel caso che i profilati vengano forniti in elementi già tagliati e verniciati.

##### 5 . 1 . 2 . 2 CONTROLLI IN POSA IN OPERA

Durante le fasi di posa in opera la DL dovrà effettuare le seguenti verifiche, redigendo apposito verbale:

- Verifica che il ciclo di verniciatura dei profilati per i paramassi elastici, sia alle specifiche del presente Capitolato. Nel caso che gli elementi in profilato provengano dal fornitore già verniciati, si dovrà controllare l'integrità del trattamento protettivo.
- Verifica della corrispondenza alle specifiche di Capitolato degli elementi dei paramassi elastici (se questi non provengano già preparati dal fornitore e delle barriere rigide e dell'assemblaggio in opera di questi.
- Prova del limite di rottura dei cavi funicolari, su spezzoni di ogni fune da impiegare.

I campioni potranno essere prelevati in contraddittorio con la DL; le prove dovranno essere eseguite presso un laboratorio ufficiale approvato.

#### 5 . 2 RIVESTIMENTI DI PARETI E SCARPATE

Gli elementi componibili prefabbricate o le reti metalliche per i rivestimenti dovranno provenire da un fornitore qualificato ed approvato, il quale dovrà certificare la conformità dei suoi prodotti alle specifiche indicate alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

Alla D.L. dovranno essere con sufficiente anticipo i fornitosi.

Per tutti i manufatti in elementi prefabbricati di conglomerato cementizio vibrato, e/o centrifugato, il controllo della resistenza del conglomerato sarà eseguito a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, prelevandola ogni partita un elemento dal quale ricavare quattro provini cubici da sottoporre a prove di compressione presso un laboratorio indicato dalla stessa Direzione Lavori.

(Ogni partita. composta di 200 elementi per tubazioni, pozzetti e cordonature di 500 elementi per canalette, mantellate, cunette e fossi).

---

---

Le operazioni di prelievo e di prova saranno effettuate in contraddittorio redigendo apposito verbale controfirmato dalla Direzione Lavori e dall'Impresa.

Qualora la resistenza risultante dalle prove sia inferiore al valore richiesto, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

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.

#### 5 . 2 . 1 GABBIONI E MATERASSI METALLICI

Prima della messa in opera di ogni partita di gabbioni o materassi metallici giunta in cantiere, l'impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori il relativo certificato di collaudo e garanzia rilasciato dal produttore, redatto secondo quanto indicato nella "Linee guida per la redazione di capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione" del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP. .

La Direzione Lavori procederà al collaudo del materiale di ogni partita.

Preliminarmente effettuerà una ricognizione a vista dei gabbioni e/o dei materassi per controllare che nei punti di torsione della rete lo zinco non presenti sollevamento o screpolature.

Nel caso che tali anomalie fossero presenti in più del 10% delle verifiche, la partita sarà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.

Procederà quindi al prelevamento di campioni di filo, ciascuno della lunghezza di almeno 40 cm, in ragione di almeno un campione ogni 100 gabbioni o materassi ed un campione ogni lo matasse di filo per cuciture, per determinare la quantità di zinco presente, espressa in grammi per metro quadrato di superficie zincata, che dovrà risultare uguale o superiore ai valori riportati nella tabella che segue:

Diametro dei fili	quantità di zinco (PER m <sup>2</sup> DI SUPERFICIE ZINCATA)
1,8 mm 2,0 mm 2,2 mm	240 g
2,4 2,7	260 g
3,0 mm 3,4 mm	270 g
3,8 mm ed oltre	290 g

Metà di ciascun campione verrà sottoposto a prova per verificare il peso unitario dello strato di zinco mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura.

Sull'altra metà dovranno essere eseguite prove per verificare l'uniformità dello spessore dello strato di zincatura mediante cinque immersioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata, senza che compaiono sul ferro depositi di rame aderente.

Entrambe le prove dovranno essere effettuate, a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i Laboratori indicati dalla stessa Direzione Lavori, nel rispetto della Norma UNI EN 10244-1:2009.

Qualora il peso unitario dello strato di zinco risulti inferiore a quello indicato in tabella in più del 20% dei campioni e l'uniformità dello strato risulti carente in eguale misura, la partita sarà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla dal cantiere a sua cura e spese.

Del pari la partita sarà rifiutata in assenza od incompletezza del certificato di collaudo e garanzia che il produttore deve rilasciare per ogni partita.

Per quanto riguarda il pietrame, deve avere caratteristiche che rispondano ai requisiti prescritti dal Capitolato di Costruzione, come di seguito dettagliato:

- non gelivo, alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 1 6/11/39 n. 2232.
- non friabile,
- non dilavabile,
- di buona durezza,
- di peso specifico rilevante (maggiore di 2000 Kg/m<sup>3</sup> per i materassi)

Le prove sulle suddette caratteristiche saranno eseguite nel laboratorio di cava, o in altro laboratorio e i relativi certificati saranno vistati dalla DL.

Le prove in corso di fornitura saranno eseguite su lotti quantitativamente definiti dalla DL, in funzione delle caratteristiche della cava, del materiale, delle dimensioni dei massi e delle opere da realizzare.

Durante l'esecuzione dei lavori saranno effettuate le seguenti verifiche:

**a)** Verifica dell'esistenza del certificato di analisi della pezzatura del pietrame.

Questa deve essere compresa tra 1÷1.5 volte la dimensione massima della maglia della rete impiegata, salvo quanto diversamente specificato nel progetto, e sarà specificata nell'ordine di fornitura alla cava.

Questa prova sarà eseguita in cava e ne dovrà essere redatto apposito certificato accompagnante ogni lotto di fornitura.

**b)** verifica che le modalità operative di riempimento del materiale consentano di ottenere un indice di porosità rientrante nei valori di riferimento: 0,3 ÷ 0,4 .

La prova sarà effettuata, prima dell'inizio dei lavori, utilizzando il laboratorio di cantiere, su un campione per ogni tipo di gabbione o materasso da utilizzare.

In corso d'opera saranno eseguiti controlli giornalieri sull'applicazione della procedura operative per la posa in opera dei materiali:

**a)** verifica a spot, sul lotto giornaliero di lavori, della conformità delle legature dei gabbioni e dei materassi a quanto prescritto dal presente Capitolato Speciale, sia sui singoli elementi che sugli accoppiamenti e sulle inserzioni di diaframmi di rinforzo.

**b)** verifica a spot, sul lotto giornaliero di lavori, dell'inserimento di tiranti tra le pareti opposte di ogni singolo elemento di gabbione, nel caso che questo non sia munito di diaframmi intermedi.

## **5 . 2 . 2 OPERE IN PIETRAME: CONTROLLI DEI MASSI E LORO POSIZIONAMENTO**

Si dovranno effettuare prima della loro posa in opera, seguenti controlli:

**a)** classificazione mediante pesatura a spot, con la bascula disponibile in cantiere, e suddivisione dei massi in base alle categorie riportate al punto 2.2 del presente Capitolato.

Ogni mucchio dovrà riportare chiare indicazioni sulla classe dei massi in esso contenuti.

**b)** Verifica dell'assenza di rotture o lesioni, da effettuare a spot per i massi fino alla terza categoria e su ogni singolo, masso per le categorie superiori.

**c)** Controllo che venga rispettato il posizionamento dei massi secondo le dimensioni, così come prescritto dal presente Capitolato e la ripartizione proporzionale delle varie categorie prescritta dal progetto.

**d)** Provvedere all'eliminazione incondizionata di tutti i massi che, durante la posa, dovessero cadere fuori sagoma.

L'attuazione dei controlli suddetti, dovrà essere effettuata almeno sul lavoro svolto giornalmente.

### 5 . 3 MURI DI SOSTEGNO

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 al DM 14/01/2008.

La Direzione Lavori, dopo che il Progettista avrà preso visione della previsione di utilizzazione del manufatto prefabbricato e il suo organico inserimento nel progetto, autorizzerà l'impresa a porre in opera la struttura prefabbricata.

Nella realizzazione dei componenti in conglomerato cementizio vibrato semplice od armato, normale o precompresso, nonché per gli acciai di armatura dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato i geotessili dovranno rispondere alle caratteristiche di cui ai punti 2.4.7.4 e 2.4.6 della sezione "Movimenti di terra" del presente Capitolato.

Per tutte le strutture di sostegno e contenimento di cui al presente punto, gli oneri di brevetto nonché quelli relativi ai calcoli di progetto dei muri prefabbricati sono a carico dell'Impresa.

Quando previsto in progetto, i muri avranno paramento a faccia vista realizzato con lastre in pietra di Luserna o porfido, dello spessore non inferiore a 2 cm, disposte secondo le indicazioni di progetto ed inglobate nel getto.

Relativamente agli scavi di fondazione, l'impresa dovrà rispettare rigorosamente i disegni di progetto; eventuali eccedenze dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a cura e spese dell'Impresa.

#### 5 . 3 . 1 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 5,0 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 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  $R_{ck} \geq 35$  MPa; quello per la platea gettato in opera dovrà avere  $R_{ck} \geq 30$  MPa; l'acciaio di armatura dovrà essere del tipo B450C 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.

---

---

### **5 . 3 . 2 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 10x1,5 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  $R_{ck} \geq 45$  MPa; l'acciaio per l'armatura lenta dovrà essere del tipo B450A controllato in stabilimento; i trefoli di precompressione dovranno essere formati con fili aventi  $f_p(1) k \geq 1670$  MPa e  $f_{ptk} \geq 1860$  MPa.

### **5 . 3 . 3 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 riferenti alle 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 5.3.2, ribadendo, in particolare, che eventuali eccedenze di scavo dovranno essere colmate con getti di conglomerato cementizio a cura e spese dell'Impresa.

### **5 . 3 . 4 MURI DI SOSTEGNO IN MURATURA**

Per quanto riguarda le opere di sostegno in muratura di pietrame, si dovrà verificare che il materiale impiegato, soddisfi i requisiti riportati nella sezione "Murature" del presente Capitolato.

### **5 . 3 . 5 MURI DI SOSTEGNO IN CALCESTRUZZO**

Per quanto riguarda i calcestruzzi e gli acciai di armatura valgono le prescrizioni riportate alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

### **5 . 3 . 6 MURI DI SOSTEGNO IN ELEMENTI PREFABBRICATI (C.A.V. , C.A.P.)**

Per l'accettazione ed i controlli di qualità di questi manufatti, e in particolare di quelli prodotti in serie, valgono le prescrizioni delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art.21 della Legge 05/11/1971 n. 1086 e DM 14/01/2008.

La Direzione Lavori potrà prescrivere prove sperimentali atte a prevedere il comportamento della struttura da realizzare con tali manufatti, avuto particolare riguardo alla durata nel tempo, alla

---

---

efficienza dei collegamenti, agli effetti dei fenomeni di ritiro e viscosità e dei carichi alternati o ripetuti.

Sui manufatti saranno effettuati controlli, a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, sulla resistenza del calcestruzzo, prelevando da ogni lotto almeno un manufatto dal quale ricavare, mediante carotaggio o taglio con sega a disco, quattro provini da sottoporre a verifica della resistenza a compressione.

Qualora la resistenza media a compressione dei quattro provini risultasse inferiore a quella richiesta e comunque non al di sotto del 90% della stessa, alla partita sarà declassata del 10% del valore verrà applicata una penale con le medesime modalità previste dall'art.15; qualora risultasse inferiore al 90% della resistenza richiesta, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

In facoltà della Direzione Lavori sottoporre a controllo, a cura dell'Impresa, anche altri manufatti oltre il primo, sui quali verificare anche:

- il rispetto del copriferro, previsto in un minimo di 2 cm;
- eventuali difetti superficiali e di finitura;
- la resistenza a compressione tramite prova pull out con tasselli Fischer.

#### **5 . 3 . 7 MURI DI SOSTEGNO TERRA RINFORZATA**

Per quanto riguarda questa tipologia di opere, si richiede che i materiali impiegati e le loro modalità di posa in opera, soddisfino i requisiti indicati ai punti 2.4.6 e 2.4.7.4 della Sez. Movimenti di Terra del presente Capitolato.

#### **5 . 3 . 8 MURI IN TERRA RINFORZATA E RINVERDITA**

Il paramento inclinato rinverdibile è composto da pannelli in rete elettrosaldata da mm 8 a maglia cm 15 x 15, posti in opera con un sistema di irrigidimento costituito da due barre sagomate del diametro di 10 ed 6 mm per realizzare l'inclinazione prevista. I pannelli sono rivestiti all'interno da una geostuoia biodegradabile in fibra naturale trapuntata, preconcimata e preseminata.

Al paramento con opportuni ganci sono collegate armature orizzontali formate da aste in acciaio ad aderenza migliorata di lunghezza predeterminata in funzione della qualità del materiale di rilevato e dell' altezza dello stesso.

Una volta montato il pannello di altezza 95 cm, viene steso uno strato di rilevato ed uno strato di terreno vegetale in prossimità del paramento. Dopo la prevista compattazione vengono infissi nella geostuoia ed appoggiati sul terreno vegetale arbusti radicati, di lunghezza pari a circa 40 cm, uno ogni metro circa. Ripetendo l'operazione di posa del rilevato e del terreno vegetale e l'infissione degli arbusti, sfalzati rispetto ai precedenti, si ottiene una densità di circa 5 arbusti di rinverdimento per metro quadro.

---

---

---

---

**SEZ.17 “OPERE DI DRENAGGIO”**

---

---

**1 CLASSIFICAZIONE, DEFINIZIONI E NORMATIVE.****1.1 CLASSIFICAZIONE**

I dreni sono identificati dalle seguenti tipologie esecutive:

- microdreni
- trincee drenanti
- pozzi drenanti.

**1.1.1 MICRODRENI**

I microdreni sono costituiti da fori appositamente realizzati nel terreno mediante sonde di perforazione ed attrezzi con tubi parzialmente o totalmente filtranti.

I microdreni possono avere lunghezza variabile ed essere inclinati fino alla quasi orizzontalità, a seconda dello scopo per cui il progetto ne prevede la installazione.

**1.1.2 TRINCEE DRENANTI**

Le trincee drenanti consistono in scavi di sezione prestabilita, riempiti con materiale arido permeabile, di granulometria selezionata. Le trincee sono di norma eseguite lungo le linee di massima pendenza delle scarpate da proteggere. La loro profondità può variare da 4÷5 m a 10÷15 m, per cui le attrezzature di scavo dovranno essere prescelte in base alle esigenze progettuali e alle loro effettive capacità operative.

Il fondo dello scavo dovrà essere adeguatamente impermeabilizzato, mediante posa di canalette in elementi prefabbricati in c.a. oppure impregnando con bitume il corrispondente tratto dei geotessili impiegati per rivestire le pareti dello scavo.

**1.1.3 POZZI DRENANTI**

I pozzi drenanti sono utilizzati negli interventi di consolidamento di scarpate instabili, allo scopo di intercettare le acque di falda sino a grande profondità.

L'intervento consiste nella realizzazione di batterie di pozzi di diametro generalmente compreso fra 1.2 e 2 m, a interassi variabili fra 6 e 10 m circa, filtranti su tutto il mantello, reciprocamente collegati sul fondo con uno o più collettori di raccolta e scarico.

Le acque di drenaggio vengono smaltite per gravità, realizzando i collettori di fondo con una pendenza in genere non inferiore al 2%.

---

---

**2 MICRODRENI****2.1 GENERALITÀ**

I dreni hanno la funzione di captare venute localizzate di acqua o di limitare al valore richiesto il regime delle pressioni interstiziali.

Le caratteristiche dei dreni per quanto concerne tipo, interasse, lunghezza, diametro e disposizione saranno definite dal progetto; l'Impresa dovrà realizzare i dreni con le prescritte caratteristiche,

---

---



sottoponendo preventivamente alla DL eventuali proposte di variazione rispetto alle caratteristiche tipologiche prefissate, che dovranno comunque essere tali da garantire le medesime capacità e funzionalità.

## 2.2 CARATTERISTICHE DEI TUBI FILTRANTI

Il tubo filtrante avrà caratteristiche (diametro, lunghezza, e apertura della fessurazione) conforme al progetto.

Il materiale costituente dovrà essere plastico non alterabile, con spessore e resistenza tale da garantire la corretta posa in opera nelle specifiche condizioni del sito e di ciascuna operazione. Qualora non diversamente prescritto, lo spessore sarà di almeno 2.5 mm, l'apertura della finestratura di 0.2 mm, il diametro esterno del tubo di almeno 40 mm.

Il tratto cieco avrà diametro interno uguale a quello del tratto finestrato. La parte terminale dei tubi di ciascun dreno, per una lunghezza di almeno 5 m, sarà sufficientemente resistente da non subire danni o deformazioni consistenti, una volta in opera, in conseguenza del congelamento dell'acqua in essa contenuta.

La perforazione dovrà essere condotta con modalità approvate, comunque con un solo diametro per tutto il foro, con eventuali maggiorazioni di tale diametro in corrispondenza del tratto equipaggiato con tubazione cieca, qualora ritenuto utile o necessario per il raggiungimento della profondità richiesta.

La perforazione sarà sempre accompagnata da rivestimento provvisorio, senza impiego di fluidi diversi da acqua eventualmente additivata con polimeri biodegradabili in 20÷40 ore.

E' ammesso uno scostamento massimo dell'asse teorico non superiore al 3%.

Al termine della perforazione il foro sarà energicamente lavato con acqua pulita.

Si eviterà, se non altrimenti approvato, di perforare contemporaneamente dreni con interasse inferiore a 10 m.

Il dreno sarà inserito nell'interno del rivestimento provvisorio, che sarà solo successivamente estratto. La bocca del tubo dovrà sporgere di 4-6 cm dal paramento di boccaforo e verrà protetta da staffe di acciaio sporgenti.

Nel caso di dreni con tratto cieco maggiore di 10 m in lunghezza, il tubo dovrà essere dotato di accessori atti a separare il tratto filtrante da quello cieco mediante cementazione dell'intercapedine tra tubo e foro lungo il tratto cieco.

A questo scopo dovranno essere predisposti:

2 valvole a manicotto distanti 100 e 150 cm dal punto di giunzione tra tratto filtrante e cieco;

un sacco otturatore in tela juta o simili, avente 40 cm di diametro e lunghezza di circa 200 cm, legato alle estremità e disposto a copertura delle valvole, nel tratto di tubo cieco più profondo; alcune valvole a manicotto lungo la parte cieca del tubo non occupato dal sacco otturatore.

La cementazione si eseguirà ponendo in opera una miscela cementizia, mediante un condotto di iniezione munito di doppio otturatore, subito dopo l'estrazione del rivestimento provvisorio.

La sequenza operativa sarà la seguente:

posizionamento del sacco otturatore in corrispondenza della valvola inferiore;

iniezione di un volume di miscela corrispondente al volume del sacco otturatore completamente espanso, con una pressione di iniezione alla quota della valvola compresa tra  $0.2 \sigma_H$  ed un prudenziale margine rispetto alla pressione che procura la lacerazione e la sfilatura del tubolare dalle sue legature alle estremità ( $\sigma_H$  equivale alla differenza di quota tra valvola inferiore e bocca foro);

spostamento del doppio otturatore sulla valvola appena sopra il sacco otturatore iniettato e riempimento con miscela in pressione fino al suo rifluimento a bocca foro.

Ove previsto dal progetto il tratto filtrante sarà rivestito con un foglio di geotessile, le cui caratteristiche saranno di volta in volta specificate, e comunque non inferiori a quanto prescritto nella tabella seguente:

**CARATTERISTICHE MINIME E LIMITI DI ACCETTABILITA' DEI GEOTESSILI PER DRENAGGI**

<i>Spessore</i>	2.5 mm
<i>Peso</i>	300 g/m <sup>2</sup>
<i>resistenza a trazione (UNI EN 29073-3:1993 E UNI EN ISO 13934-1:2013)</i>	350 N/5 cm
<i>allungamento (UNI EN 29073-3 E UNI EN ISO 13934-1)</i>	70%
<i>trazione trasversale (UNI EN 29073-3 E UNI EN ISO 13934-1)</i>	500 N/5 cm
<i>allungamento trasversale (UNI EN 29073-3 E UNI EN ISO 13934-1)</i>	30%
<i>permeabilità</i>	5 x 10 <sup>-3</sup> cm/sec

Terminate le operazioni di installazione ed eventuale cementazione dei tubi, il dreno dovrà essere lavato con acqua mediante una lancia con tratto terminale metallico dotato di ugelli per la fuoriuscita radiale del liquido; la lancia scorrerà entro il tubo grazie a dei pattini opportunamente disposti e tali da prevenire ogni danneggiamento del dreno.

Il lavaggio sarà eseguito a partire da fondo dreno, risalendo a giorno in forma graduale e progressiva dopo aver osservato la fuoriuscita di acqua limpida da bocca foro. Il lavaggio sarà se necessario ripetuto fino alla sicura creazione di un filtro rovescio naturale nel terreno circostante il dreno, in modo tale da assicurare che nelle fasi di esercizio il drenaggio delle acque non sia accompagnato da indesiderati fenomeni di trasporto solido.

A installazione e lavaggio avvenuti, ogni dreno sarà mantenuto tale da permettere l'accesso alla bocca per periodiche ispezioni e misure della portata emunta.

### 3 TRINCEE DRENANTI

Per trincee di modesta profondità (6 ÷ 7 m) è possibile utilizzare degli escavatori a braccio rovescio, con benna a cucchiaio. In tal caso lo scavo procederà con continuità, e le operazioni di posa dei geotessili e di riempimento saranno effettuate a seguire.

Per l'esecuzione di trincee drenanti profonde saranno utilizzate le attrezzature e le tecniche di scavo dei diaframmi.

Lo scavo della trincea dovrà essere necessariamente eseguito a secco, provvedendo al suo immediato riempimento con il materiale drenante. Nei casi in cui la coesione del terreno non sia tale da garantire la stabilità dello scavo, potranno essere utilizzati fanghi biodegradabili. In alternativa si realizzeranno schermi costituiti da pozzi drenanti.

Le pareti dello scavo saranno di norma rivestite con un foglio di geotessile le cui caratteristiche saranno stabilite dal progettista, in relazione alla granulometria del terreno naturale e del materiale di riempimento.

Di norma il geotessile deve essere prodotto utilizzando poliestere insensibile ai raggi ultravioletti, alla aggressione salina e non putrescibile. Il processo meccanico di produzione deve prevedere la legatura dei filamenti (agugliatura), senza aggiunta di leganti.

In ogni caso il geotessile dovrà avere caratteristiche non inferiori a quanto riportato nella tabella precedente e rispondere alle prescrizioni riportate nella Sez. Movimenti di Terra del presente Capitolato.

I vari fogli di geotessile dovranno essere cuciti tra loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione dei fogli dovrà essere di almeno cm 50.

La parte inferiore del geotessile, a contatto con il fondo della trincea e per un'altezza di almeno cm 30 sui fianchi, dovrà essere impregnata con bitume a caldo, o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul geotessile. Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del "geotessile" stesso o, per trincee poco profonde, anche dopo la sua sistemazione in opera. Si dovrà prevedere la fuoriuscita di una quantità di geotessile sufficiente ad una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità del drenaggio (2 volte la larghezza della trincea).

Sul fondo dello scavo si disporrà un tubo drenante, corrugato e formato in PVC del diametro non inferiore a 80 mm, per la raccolta delle acque drenate.

Il cavo rivestito sarà quindi immediatamente riempito con materiale drenante, curando in particolare che il geotessile aderisca alle pareti dello scavo.

Si utilizzerà materiale lapideo pulito e vagliato, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm e trattenuto al crivello 10 mm UNI.

Il riempimento verrà arrestato a circa 50 cm dal piano campagna. Quindi saranno risvoltati i fogli di geotessile e si ritomberà il tutto con argilla compattata.

---

---

## 4 POZZI DRENANTI

### 4.1 ATTREZZATURE

Per la realizzazione di schermi di pozzi drenanti saranno utilizzate le attrezzature per l'esecuzione di pali trivellati con impiego di colonne di rivestimento provvisorio. E' tassativamente esclusa la possibilità di impiego di fanghi bentonitici. Possibilmente la perforazione dovrà essere effettuata "a secco"; l'impiego di acqua o di fanghi biodegradabili potrà essere autorizzato, in determinate circostanze, dalla DL.

Per la realizzazione dei collettori di fondo saranno utilizzate sonde a rotazione e/o rotopercussione a manovra corta, le cui dimensioni dovranno essere compatibili con il diametro dei pozzi. Le sonde potranno essere a funzionamento automatico, telecomandato o manuale.

Il diametro della perforazione non dovrà essere inferiore a 120 mm.

I collettori dovranno essere realizzati introducendo un tubo in PVC ondulato o gracato, ad elevato allungamento e flessibilità, avente diametro minimo di 75-85 mm, ed in grado di resistere alle pressioni interne ed esterne.

Alle sonde dovranno essere asservite attrezzature di servizio integrate, costituite da una gru, motore e centralina idraulica, pompe sommerse per lo svuotamento provvisorio dei pozzi, etc.

La perforazione della condotta di fondo dovrà essere eseguita in conformità a tutte le prescrizioni in materia di igiene e sicurezza sul lavoro.

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa dovrà trasmettere alla Direzione Lavori una planimetria con indicati tutti i pozzi drenanti, numerati progressivamente, specificando i previsti allestimenti finali (pozzi drenanti, pozzi ispezionabili, etc.) e la sequenza di esecuzione.

---

---

Di norma i lavori dovranno iniziare dal pozzo posto più a valle, in modo da consentire il funzionamento dell'impianto sin dalle prime fasi di lavoro.

In generale la pendenza media della condotta di fondo non dovrà essere inferiore al 2%.

Tale condotta può essere realizzata anche a gradini.

#### **4.2 ESECUZIONE DEI COLLEGAMENTI TRA I POZZI**

Prima di effettuare i collegamenti dovranno essere controllati tutti i parametri geometrici delle perforazioni verticali ed orizzontali, allo scopo di assicurare la necessaria precisione plano-altimetrica del collegamento. L'Impresa deve trasmettere alla Direzione Lavori le modalità di controllo della geometria delle perforazioni.

Detta tubazione deve essere continua ed attraversare il pozzo immersa nel materiale drenante. In questo tratto il tubo dovrà essere forato e rivestito di geotessile per la captazione dell'acqua drenata. L'intercapedine tra tubazione e perforazione sarà adeguatamente impermeabilizzata utilizzando una miscela cementizia plastica.

#### **4.3 ALLESTIMENTO DEFINITIVO DEI POZZI**

Sono possibili i seguenti allestimenti:

- pozzi drenanti a tutta sezione;
- pozzi drenanti ispezionabili;
- pozzi drenanti con rivestimento strutturale.

##### **4.3.1 POZZI DRENANTI A TUTTA SEZIONE**

Impermeabilizzato il fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo, si eseguirà il riempimento con materiale arido pulito provvedendo contemporaneamente all'estrazione del rivestimento provvisorio. Si utilizzerà di norma un fuso granulometrico compreso fra 2÷25 mm circa, con passante al vaglio 200 ASTM non superiore al 5%; il materiale dovrà essere lavato ed esente da materiali organici coesivi.

Per favorire il corretto assestamento della ghiaia potrà essere opportuno facilitarne la discesa mediante il deflusso di una piccola portata di acqua.

Completato il riempimento, si provvederà alla realizzazione di un tappo superiore di impermeabilizzazione, separato dal materiale drenante per mezzo di una membrana geotessile o in PVC.

##### **4.3.2 POZZI ISPEZIONABILI**

Si tratta di pozzi aventi rivestimento definitivo  $\phi$  1.5 m, in modo da realizzare una intercapedine di spessore 15 cm.

In presenza di tubo forma, questo sarà estratto contemporaneamente alla immissione del materiale drenante, curando che rimanga sempre immerso nello stesso per impedirne la contaminazione; si dovrà, anche in questo caso, procedere alla impermeabilizzazione del fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo. La presenza del rivestimento definitivo consente in ogni momento di accedere alla tubazione di collegamento per verificare il normale funzionamento ed eseguire, se necessario, eventuali manutenzioni.

Il mantello drenante di questi pozzi sarà ottenuto tramite il riempimento di questa corona anulare esterna con il materiale granulare arido 2÷25 mm.

Eseguita l'impermeabilizzazione del fondo (esterno ed interno) si procederà al versamento del materiale drenante mediante opportuni convogliatori.

---

---

---

---

Eseguito anche il tappo superiore, si provvederà ad installare all'interno del rivestimento definitivo una scala metallica munita di gabbia di protezione.

Infine verrà posto in opera il chiusino di testa, in cemento armato prefabbricato, munito di botola in ghisa.

#### **4.3.3 POZZI DRENANTI CON RIVESTIMENTO STRUTTURALE**

Si tratta di pozzi aventi diametro minimo  $\phi$  2 m, il cui mantello drenante, di spessore medio  $s = 10$  cm, è coassiale ed esterno ad un rivestimento in conglomerato cementizio armato di 30 cm di spessore.

Si dovrà, anche in questo caso, procedere alla impermeabilizzazione del fondo del pozzo sino a 20 cm sopra la quota prevista per la condotta di fondo

Esecutivamente il pozzo sarà realizzato inserendo entro la perforazione  $\phi$  2 m due rivestimenti ondulati  $\phi$  1.2 e  $\phi$  1.8 m, coassiali, al cui interno verrà quindi posizionata l'armatura. I due rivestimenti, il cui spessore ( $\geq 2.7$  mm) è comunque da dimensionare in base alla profondità del getto di cls, fungono da cassero "a perdere". Se realizzati in acciaio zincato essi possono essere considerati, sotto certe condizioni, collaboranti permanentemente.

Posizionati i lamierini e l'armatura si eseguirà il riempimento dell'intercapedine esterna con materiale drenante e quindi il getto di cls, previo adeguato puntellamento interno. Le acque di drenaggio vengono raccolte all'interno del pozzo tramite 2÷3 perforazioni radiali del rivestimento in c.a.

L'allestimento del pozzo sarà infine completato in maniera analoga a quanto previsto per i pozzi ispezionabili (scala, chiusino, botola, etc.).

Ove previsto dal progetto si installeranno dall'interno dei pozzi delle raggere di tubi microfessurati in PVC. L'importanza di questi micro-dreni è dovuta alla possibilità che offrono di incrementare la captazione delle acque in terreni poco permeabili, o al contatto tra coltre e substrato.

L'allontanamento definitivo delle acque sarà ottenuto mediante il loro recapito dai pozzi terminali ad un sistema di canalette superficiali, da disporre lungo opportune direttrici.

---

---

---

---

**SEZ.18 “OPERE SPECIALI-POSA IN OPERA CONDOTTE”**

---

---

**1 TECNOLOGIA SPINGITUBO****1.1 GENERALITÀ**

Lo spingitubo è una tecnologia no dig consistente in una trivellazione orizzontale controllata con successiva infissione di tubi (controtubo).

Come tutte le tecnologie no dig permette la posa in opera di condotte interrato senza eseguire scavi a cielo aperto.

È analoga al Microtunnelling ma si differenzia da questo per l'assenza di fresa posta sulla testa di perforazione e per il fatto che lo scavo non può essere direzionato.

L'Impresa, a sua cura e spese, predispone il relativo progetto secondo le norme vigenti da parte degli enti proprietari dei sedimi da attraversare. Il tutto sarà presentato alla DL che avrà cura di inoltrarlo all'Ente Appaltante per l'iter burocratico del rilascio della relativa concessione.

È utilizzata frequentemente per attraversamenti trasversali di strade statali, linee ferroviarie, piste d'aeroporto e anche per l'attraversamento di piccoli corsi d'acqua.

Dovranno altresì essere adottate, negli attraversamenti idraulici, tutte le metodologie necessarie ad evitare sifonamenti, smottamenti e quant'altro potessa compromettere la stabilità e sicurezza delle opere incontrate.

Una volta realizzato l'attraversamento, (che normalmente viene completato con due pozzetti in calcestruzzo armato, uno di monte e l'altro di valle, in corrispondenza delle estremità del controtubo), viene introdotta la condotta interrata all'interno del controtubo.

**1.2 MODALITÀ DI REALIZZAZIONE**

Prima di effettuare l'attraversamento con la tecnologia dello spingitubo, viene realizzata, ad una adeguata distanza dall'opera da attraversare, una cameretta di spinta a una profondità variabile in funzione della quota dell'attraversamento.

La formazione della livelletta per la posa delle tubazioni dovrà essere eseguita con attrezzatura laser. Quando il controtubo viene realizzato con tubazioni in acciaio, dalla direttrice inferiore del tubo alla platea di fondo della cameretta sono necessari circa 60 cm per poter saldare le tubazioni stesse man mano che vengono spinte all'interno della trivellazione.

Nel caso di manufatti in calcestruzzo armato (es. tubazioni) dalla direttrice inferiore del tubo alla platea di fondo sono necessari circa 40 cm.

Realizzata la cameretta di spinta, in essa si posiziona l'attrezzatura di spinta, costituita da:

- martinetti idraulici,
- scudo di testata completo di attrezzi per lo scavo sul fronte e pistoncini direzionali,
- laser autolivellante per il controllo planaltimetrico del fronte di scavo.

Si procede quindi alla spinta dello scudo e delle tubazioni in c.a. o di quelle in acciaio saldate fra loro man mano che si procede con lo scavo sul fronte.

---

---

**2 TECNOLOGIA MICROTUNNELLING**

---

---

## 2.1 GENERALITÀ

Il microtunnelling è una tecnologia non dig idonea per la posa in opera di nuove condotte, che consente attraversamenti in galleria di strade, ferrovie, corsi d'acqua, zone soggette a tutela ambientale, ecc.

Il sistema può essere impiegato per installare tubazioni aventi diametro da 250 mm a 3.000mm; in casi particolari si possono installare tubazioni aventi diametro superiore.

La lunghezza massima di spinta varia da circa 100 m a 350 m, con l'aumentare del diametro delle tubazioni impiegate.

La perforazione avviene di regola secondo tracciati rettilinei con pendenza massima della livelletta pari al 30% in salita e pari al 10% in discesa.

Si possono realizzare comunque anche attraversamenti con tracciato in tre dimensioni (curvature nel piano orizzontale e verticale) sfruttando la deformabilità del giunto dei tubi costituenti la condotta.

## 2.2 PARTI COMPONENTI

Le principali parti componenti il sistema di microtunnelling sono:

- il microtunneller munito di testa fresante,
- cilindri di spinta e centrale oleodinamica,
- tubazioni di rivestimento scavo (jacking pipes),
- sistema laser costituito da una sorgente e da un bersaglio,
- sistema di smaltimento dello smarino costituito da una tubazione di alimentazione dell'acqua e dalla relativa pompa che viene fatta affluire verso la testa fresante e dal tubo di smarino con la relativa pompa per l'allontanamento verso l'esterno del materiale di scavo.

L'elemento principale del microtunnelling è il microtunneller che è uno scudo telecomandato munito di una fresa rotante che disgrega il materiale durante l'avanzamento.

In funzione delle condizioni geologiche si utilizzano teste fresanti diverse:

- teste per argilla
- teste per ghiaia
- teste per roccia

I tubi impiegati come rivestimento definitivo della galleria devono essere in grado di resistere alla forza di spinta assiale applicata durante la messa in opera, al carico del terreno di ricoprimento e ad eventuali altri carichi esterni applicati in superficie.

Normalmente si utilizzano tubi in calcestruzzo armato o acciaio. È escluso l'impiego di tubazioni flessibili quali quelle in materiali plastici che non sopporterebbero le sollecitazioni di compressione del gruppo di spinta.

## 2.3 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Individuata la profondità di posa della condotta si predispongono due pozzi, uno di partenza ed uno di arrivo.

Il microtunneller viene posizionato sul fondo del pozzo di partenza ed inizia a perforare il terreno a sezione piena.

L'avanzamento dell'attrezzatura avviene a mezzo di un carrello di spinta dotato di martinetti (che fanno contrasto su un muro in calcestruzzo armato opportunamente dimensionato, realizzato all'interno del pozzo di monte) che agiscono sui tubi installati, i quali all'avanzare del fronte di scavo, vengono man mano posizionati in coda al microtunneller e trasmettono a questo la spinta.

Con l'avanzamento del microtunneller il materiale di scavo è sospinto all'interno dello scudo dove viene frantumato fino a dimensioni tali da poter essere trasportato all'esterno con circolazione di acqua o di acqua e bentonite in circuito chiuso.

In base al metodo di recupero del materiale di risulta prodotto dalla testa di perforazione, le macchine per il microtunnelling si dividono in due famiglie:

- *Sistema di smarino a coclea*

La coclea, alloggiata all'interno di tubi camicia posti a loro volta all'interno delle tubazioni, oltre a trasmettere il moto alla testa di perforazione, consente il recupero del materiale di scavo che, portato a giorno mediante un contenitore, è pronto per essere smaltito.

Questo metodo è particolarmente indicato nel caso di terreni argillosi o sabbiosi e con bassi livelli di acqua di falda.

- *Sistema di smarino idraulico*

il materiale di risulta è portato in superficie miscelato con acqua o acqua + bentonite in circuito chiuso. La separazione della soluzione, avviene in appositi contenitori di sedimentazione o in separatori vibranti. Questo sistema è indicato per tutti i tipi di terreno e con livelli di falda alti.

Gli aspetti fondamentali che influenzano la scelta del sistema (smarino a coclea o idraulico) più idoneo per la realizzazione della condotta sono:

- Il livello di falda
- La condizione del terreno in relazione ai diametri delle tubazioni
- Lunghezza di spinta

Il sistema è guidato dall'esterno mediante una consolle di comando ubicata in un container esterno, da cui è possibile controllare e variare i parametri di avanzamento in funzione della reazione del terreno attraversato.

La posizione della testa fresante viene indicata in continuo da un computer che elabora le informazioni raccolte da un sistema di puntamento laser, costituito da un besaglio fotosensibile, solidale con l'elemento di perforazione, colpito da un raggio laser originato da una sorgente ubicata nel pozzo di partenza.

---

---



**SEZ. 19 "BARRIERE FONOASSORBENTI"****1 QUALITÀ E CERTIFICAZIONE DEI MATERIALI  
CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA SPECIFICHE DI MESSA IN  
OPERA**

Nella esecuzione dei lavori, l'Impresa dovrà attenersi alle prescrizioni che di seguito vengono riportate per le principali categorie di lavoro, nonché a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia.

Per tutte le categorie di lavori e quindi anche per quelle relativamente alle quali non si trovino, nelle presenti specifiche tecniche, prescritte speciali norme di esecuzione, l'Impresa dovrà attenersi ai migliori procedimenti prescritti dalla tecnica e dalla normativa vigente nonché agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione Lavori all'atto esecutivo.

Tutte le forniture ed i lavori in genere, principali ed accessori, previsti o eventuali, dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione.

Per quanto non espressamente citato in questo capitolato, nonché per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali e le modalità di esecuzione delle opere di tipo civile, complementari alla realizzazione della barriera acustica, si rimanda alle norme ed alle disposizioni delle specifiche sezioni del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

**1.1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI – PROVE DEI MATERIALI –  
CERTIFICAZIONI**

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

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

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori. Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute e i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

**1.2 CERTIFICATI DI QUALITÀ**

Per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali prescritti dal presente atto, l'Impresa, prima della messa in opera, dovrà esibire al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i certificati rilasciati da un laboratorio ufficiale richiesti dal presente capitolato o che verranno eventualmente richiesti dal Direttore stesso. Tali certificati dovranno contenere i dati relativi alla provenienza ed alla individuazione dei singoli materiali o la loro composizione, agli

impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o fornitura in rapporto ai dosaggi e composizioni proposte. Tali certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

#### **1 . 2 . 1 PROVE DEI MATERIALI**

In relazione a quanto prescritto circa le qualità e caratteristiche dei materiali, e la loro accettazione, l'Impresa fornitrice sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, attraverso il prelevamento e l'invio dei campioni ai laboratori ufficiali indicati dalla Stazione Appaltante, nonché a tutte le relative prove.

I dati delle prove o i campioni saranno prelevati in contraddittorio, anche presso gli stabilimenti di produzione, per cui l'Impresa si impegna a garantire l'accesso presso detti stabilimenti ed a fornire l'assistenza necessaria.

Di detti dati o campioni potrà essere ordinata la conservazione nell'Ufficio Compartimentale, previa apposizione di sigillo e firma del Direttore dei Lavori e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

---

---

## **2        PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO E FORNITURE**

Gli interventi di realizzazione di protezioni antifoniche devono essere realizzati sulla base del progetto acustico e delle relative prescrizioni di Capitolato, sotto il controllo del Direttore dei Lavori, il quale dovrà assicurare che sia sottoposta ad approvazione ogni eventuale modifica del progetto approvato.

Al Direttore dei Lavori ed al Costruttore, ciascuno per la sua parte, spetta la responsabilità della conformità dell'opera al progetto e della qualità dei materiali impiegati.

### **2 . 1 FASE DI ESECUZIONE: ACCETTAZIONE DEI MATERIALI E MESSA IN OPERA**

#### **2 . 1 . 1 ACCETTAZIONE**

La fase di accettazione fornisce la certificazione preventiva dei materiali e si compone di:

- prove per certificare i materiali dal punto di vista fisico-chimico e meccanico
- prove per certificare i materiali dal punto di vista acustico, costituite da tre prove:
- prova di laboratorio in camera riverberante;
- prova su barriera campione in campo aperto ed in condizioni normalizzate;
- prova con metodo impulsivo.

#### **2 . 1 . 2 MESSA IN OPERA**

I controlli e le prove eseguite in fase di messa in opera hanno invece lo scopo di garantire la corretta esecuzione delle opere e la loro rispondenza alle specifiche fissate nel progetto esecutivo.

### **2 . 2 COLLAUDO TECNICO**

Nell'ambito delle attività di sua competenza, al collaudatore compete l'onere di verificare la rispondenza dell'opera intera e delle sue parti a quanto previsto dal progetto acustico e dalle sue eventuali modifiche.

---

---

## **2 . 3 CONTROLLI DI QUALITÀ NELLA FASE DI MESSA IN OPERA**

Tutti i materiali impiegati debbono essere verificati in accordo a quanto specificato nell'ordine di acquisto e nella specifica tecnica del fornitore il quale dovrà essere qualificato e notificato alla D.L.. Al fornitore deve essere richiesto di effettuare, per ogni lotto di pannelli fornito, delle prove di collaudo secondo quanto specificato nei capitoli relativi alle specifiche di messa in opera, per verificare che lo stesso risponda alle caratteristiche progettuali e alle specifiche tecniche e normative richiamate nel Capitolato di Costruzione e nelle specifiche tecniche allegate all'ordine di acquisto.

L'esito delle verifiche deve essere riportato in una apposita relazione di collaudo, corredata di tutti i certificati di prova richiesti nella normativa e specifiche citate.

Detta relazione deve essere consegnata alla D.L. almeno 15 giorni prima della posa in opera delle protezioni antifoniche, costituendo la stessa fase vincolante per il montaggio delle stesse.

L'esito del controllo sulla relazione di collaudo deve essere annotato sul P.C.Q., così come le eventuali osservazioni della D.L. o le prove aggiuntive richieste dalla stessa.

Tutti i materiali dovranno pervenire in cantiere provvisti di certificazione di provenienza (fornitore).

I controlli da effettuare in fase di posa in opera sono:

- controllo certificazioni di fornitura;
- verifica esistenza prescrizioni progettuali di montaggio idonee a rispettare le prescrizioni del Capitolato di Costruzione e delle specifiche tecniche;
- verifica della corretta installazione in accordo al progetto e alle modalità di posa in opera sopra richiamate, effettuata a spot sui pannelli installati in ogni giorno di lavoro;
- controllo della corretta messa a terra della barriera protettiva: al termine di ogni lotto di barriera protettiva si dovranno effettuare delle prove di messa a terra in accordo alle prescrizioni della norma C.E.I. 9.6.

Tutti i suddetti controlli debbono essere annotati sui relativi P.C.Q.

## **2 . 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

La certificazione sulle prove di controllo materiali di seguito descritte, da effettuarsi ad opera di un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente), sarà a carico del costruttore/fornitore.

I risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti.

## **2 . 5 PANNELLI METALLICI**

I pannelli metallici sono costituiti da una struttura metallica scatolare forata, all'interno della quale è inserito materiale fonoassorbente, costituito da complessi porosi (fibre o schiume) che sfruttano i fenomeni di attrito e di risonanza.

### **2 . 5 . 1 CARATTERISTICHE DELLE PARTI METALLICHE**

Il pannello deve essere costruito in metallo protetto a tutti gli effetti contro la corrosione.

Il trattamento protettivo delle superfici deve essere eseguito sia all'interno che all'esterno del pannello e, in ogni caso, dopo le varie fasi di lavorazione della lamiera (tranciatura, punzonatura, piegatura, ecc.), a meno che il pannello non sia realizzato in lamiera di alluminio con trattamento protettivo secondo il sistema coil-coating. Il trattamento della superficie deve garantire una forte resistenza meccanica e realizzare una superficie esente da pori sia all'interno, sia all'esterno del pannello.

Il fornitore dovrà indicare il numero, lo spessore e la natura degli strati protettivi nonché allegare le schede tecniche relative al trattamento anticorrosivo ed ai prodotti vernicianti impiegati.

Il colore delle protezioni anticorrosive sarà comunicato preventivamente dal Committente.

---

---

In caso di incendio i materiali impiegati non devono sviluppare gas tossici o fumi opachi.

#### 2.5.1.1 CARATTERISTICHE SPECIFICHE DEI PANNELLI IN ACCIAIO ZINCATO E VERNICIATO

Lo spessore della lamiera di acciaio non rivestita deve essere di almeno 1,5 mm.

Le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alle norme UNI EN 10346:2015, UNI EN 10143:2006, UNI EN 13306:2018 e UNI 10147:2002. Il rivestimento di zinco deve essere conforme alla Euronorma 147, con granatura del tipo Z 275 come dalle sopraccitate norme. Lo spessore totale della protezione anticorrosiva deve essere non inferiore a 80 µm.

Il trattamento di zincatura dovrà essere effettuato dopo tutte le lavorazioni meccaniche. Inoltre la protezione anticorrosiva del pannello deve corrispondere alle seguenti caratteristiche:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Spessore della protezione anticorrosiva	I valori dichiarati
Aderenza secondo UNICHIM MU 630	Sia a secco (dry adesion, a tempo zero), sia dopo immersione in acqua a 40° per 150 ore (wet adesion): grado 1
Resistenza alla scalfittura secondo UNI 1518:2001 (da eseguire solo sulla faccia esposta)	60 N
Resistenza all'impronta secondo UNI EN ISO 2815:2005	70
Resistenza alla corrosione da nebbia salina secondo UNI EN ISO 9227:2017	Dopo 500 ore di esposizione: l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza

#### 2.5.1.2 CARATTERISTICHE SPECIFICHE DEI PANNELLI IN ALLUMINIO VERNICIATO

La lamiera d'alluminio deve essere il lega Alluminio-Magnesio-Manganese (Al-Mg-Mn, lega AA 4015 o similari) secondo norma UNI EN ISO 9001:2015, avente una buona resistenza alla corrosione. Lo spessore della lamiera non rivestita deve essere almeno 1.2 mm.

Prima della verniciatura deve essere eseguito un trattamento della superficie idoneo a garantire un buon ancoraggio del film di vernice.

Tale pretrattamento deve essere costituito da sgrassaggio e risciacquo deionizzato, seguiti da cromatazione, fosfocromatazione oppure ossidazione anodica.

Per le facce esposte lo spessore del film di vernice deve essere almeno 40 µm, mentre per le facce non esposte si dovrà avere uno spessore minimo di 20 µm.

L'alluminio non deve essere stabilmente in contatto con rame o leghe di rame.

Il film di vernice deve inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Spessore della protezione anticorrosiva	I valori dichiarati
Aderenza secondo UNICHIM MU 630	Sia a secco (dry adesion, a tempo zero), sia dopo immersione in acqua a 40°C per 150 ore (wet adesion): grado 0
Resistenza alla scalfittura secondo UNI EN ISO 1518:2011 (da eseguire	60 N

solo sulla faccia esposta)	
Resistenza all'impronta secondo UNI EN ISO 2815:2005	70
Resistenza alla corrosione da nebbia salino-acetica secondo dalla UNI EN ISO 9227:2017	Dopo 1500 ore di esposizione: l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza.

### 2.5.1.3 CARATTERISTICHE SPECIFICHE DEI PANNELLI IN ALLUMINIO ANODIZZATO

Lo spessore della lamiera di alluminio anodizzato deve essere di almeno 1,5 mm.

Le superfici anodizzate dovranno avere aspetto privo di venature, inclusioni, cavità, crateri porosi e di altri difetti e non manifestare variazioni di lucentezza e di colore.

Il trattamento elettrochimico deve essere eseguito sui pezzi solo dopo aver effettuato tutte le lavorazioni meccaniche (tagli, forature, fresature, ecc.). Lo strato anodico deve essere di spessore non inferiore a 15 µm e deve risultare ben fissato e continuo.

Il trattamento anodico deve inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Spessore della strato anodico secondo UNI EN 12373-6:2000	15 µm su entrambe le facce.
Fissaggio secondo UNI EN 12373-6:2000	1. Qualità del fissaggio = "buona" secondo la classificazione di cui al punto 9 della suddetta Norma.
Continuità degli strati anodici	Determinata con prova effettuata su cinque punti della superficie scelti a caso, con una goccia di reagente costituito da uguali volumi di acido cloridrico puro e da una soluzione al 6% in peso di bicromato di potassio, preparato al momento dell'impiego: dopo 8 minuti dal deposito del reagente sulla superficie anodizzate non dovrà manifestarsi alcuna colorazione verde.

### 2.5.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA MASCHERINA ANTERIORE (LATO FONOASSORBENTE)

La lamiera forata rivolta verso la sorgente di rumore, qualora presenti aperture circolari, dovrà avere per singolo foro un'area inferiore a 78 mm<sup>2</sup> (raggio = 5 mm circa).

Qualora invece le aperture siano di forma rettangolare, il lato minore dovrà essere compreso tra 6 e 10 mm e il lato maggiore dovrà essere non superiore a 150 mm.

Si dovranno prendere in considerazione tutti gli accorgimenti idonei a garantire la durabilità del materiale fonoassorbente, ad es. prevedendo l'installazione del materiale fonoassorbente senza contatto diretto con la lamiera forata. Dovranno inoltre essere previste opportune forature per il drenaggio.

Il disegno del forato deve essere in ogni caso preventivamente approvato dal Committente.

### 2.5.3 CARATTERISTICHE DEL MATERIALE FONOASSORBENTE

Il materiale fonoassorbente, inserito all'interno della struttura scatolata metallica è costituito da complessi porosi. Generalmente si tratta di uno strato di lana minerale conformato in modo tale da assorbire sia per porosità che per risonanza; esso deve avere uno spessore di almeno 6 cm e deve avere una densità maggiore di 80 kg/m<sup>3</sup>, se trattasi di lana di roccia, o maggiore di 48 kg/m<sup>3</sup>, se trattasi di lana di vetro.

Deve essere: imputrescibile, inerte agli agenti chimici ed atmosferici, ininfiammabile o autoestingente. Saranno preferiti sistemi fonoassorbenti con membrana microporosa lato sorgente di rumore per evitare impregnazioni o ritenzioni di liquidi che ne degradino le caratteristiche meccaniche ed acustiche.

Le caratteristiche di fonoassorbenza devono mantenersi elevate nel tempo con curve di decadimento lente: a 5 anni dall'installazione si tollererà una diminuzione del 10% del coefficiente di assorbimento ed a 10 anni del 20%.

Le prove previste per accertare l'idoneità di detto materiale sono le seguenti:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Diametro medio delle fibrille secondo UNI 6484/69.	Il diametro medio delle fibrille deve essere compreso tra 6 e 9 $\mu\text{m}$ .
Massa volumica apparente secondo UNI 6485/69.	La massa volumica apparente deve essere maggiore di 85 $\text{kg}/\text{m}^3$ oppure di 48 $\text{kg}/\text{m}^3$ a seconda che si tratti di lana di roccia o di lana di vetro.
Resistenza al fuoco secondo la FEDERAL STANDARD USA STD 302	Ininfiammabile
Grado di igroscopicità secondo UNI 6543/69 (tempo di prova 1 giorno).	Il grado di igroscopicità non deve essere superiore allo 0,2% in volume.
Resistenza all'acqua secondo il seguente procedimento: si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100x100x5 mm completamente immerso in acqua distillata per 24 ore a temperatura ambiente.	Al termine della prova non devono essere avvenuti né sfaldamenti né colorazione rispettivamente del provino e dell'acqua.
Resistenza al calore secondo il seguente procedimento: si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100x100x5 mm in una stufa a 150°C per 24 ore poggiando su una delle due facce quadrate (100x100 mm).	Al termine della prova non devono essere avvenute variazioni delle dimensioni originarie del provino superiori a $\pm 5$ mm relativamente ai parametri lunghezza e larghezza. La variazione che si verifica sullo spessore deve essere inferiore a $\pm 1$ mm.
Ancoraggio della lana minerale secondo il seguente procedimento: il pannello, disposto in posizione verticale, verrà sottoposto per 24 ore a vibrazione, anch'essa verticale, a 10 Hz, di ampiezza picco-picco 1 mm.	Al termine della prova, l'ancoraggio deve aver resistito alla sollecitazione applicata.

## 2 . 6 PANNELLI TRASPARENTI

Qualora particolari esigenze architettoniche o paesaggistiche lo suggeriscano, è possibile impiegare pannelli in materiali trasparenti: polimetilmetacrilato, policarbonato o vetro.

e lastre dovranno essere della qualità e delle dimensioni richieste, di un solo pezzo, di spessore uniforme e prive di difetti, con facce piane perfettamente parallele. Dovranno essere in grado di resistere agli agenti atmosferici, all'acqua e ai vari componenti chimici usati per eventuali operazioni di pulizia. I pannelli dovranno essere intelaiati sui quattro lati.

Nella progettazione di barriere acustiche con pannelli trasparenti bisogna prestare particolare attenzione al minimizzare le riflessioni di luce potenzialmente pericolose per i conducenti dei veicoli in transito.

La trasparenza dei pannelli inoltre costituisce un pericolo per gli uccelli, che deve essere ridotto inserendo opportune sagome di rapaci locali.

#### 2 . 6 . 1 PANNELLI IN POLICARBONATO

I pannelli in policarbonato dovranno avere spessore minimo di 8 mm ed essere protetti su entrambe le superfici dai raggi UV. Il fattore di trasmissione totale (diretta + diffusa) dopo prova di invecchiamento accelerato (secondo ASTM G 26/93) per 4000 ore (2000 ore per faccia) non dovrà scendere al di sotto del 95% del valore iniziale (la prova va condotta secondo ASTM D1003-92).

Lo strato di protezione dagli UV deve essere omogeneo col substrato (identico coefficiente di dilatazione termica lineare) onde evitare fenomeni di deformazione o microfessurazioni dovuti a sollecitazioni meccaniche o termiche.

Particolare cura dovrà essere posta nell'attacco pannello-montante, per poter assorbire le dilatazioni termiche del materiale che raggiungono il valore di 1 cm/m.

La guarnizione, compatibile con il policarbonato, deve essere in EPDM della durezza di 70 shores e realizzata con profilo ad U che consenta sia di ammortizzare le sollecitazioni ed evitare la fuoriuscita dalla sede, sia di evitare la deformazione della lastra stessa. Per il fissaggio dei profili di contenimento della lastra potranno essere impiegati distanziali, in modo che la lastra conservi la sua planarità, evitando antiestetiche deformazioni dovute ad un cattivo fissaggio. La dimensione dell'incastro dovrà tenere conto delle dilatazioni termiche e delle deformazioni ai carichi del vento.

I pannelli in policarbonato dovranno rispondere inoltre alle caratteristiche tecniche sotto riportate:

Caratteristiche	Metodo ASTM	prova	Esigenza minima
Densità minima	D792		1,1 g·cm-3
Resistenza a flessione	D790		100 MN·m-2
Resistenza a trazione minima	D638		65 MN·m-2
Resistenza minima all'urto Charpy con intaglio	D256		1,5 kJ·m-2
Temperatura di rammollimento VICAT minima	D1525		110°C
Coefficiente max di dilatazione termica lineare	D696		80·10-6 °C-1
Trasmissione della luce minima per lastre non colorate	D1003	Illuminante A	90%
Indice d'ingiallimento massimo dopo 1000 ore con lampada solare	D1925		2%

Le prove si riferiscono a lastre incolore dello spessore di 3 mm.

#### 2 . 6 . 2 PANNELLI IN POLIMETILMETACRILATO (PMMA)

I pannelli in polimetilmetacrilato devono essere di tipo colato o estruso con spessore minimo di 15 mm. Essi devono essere conformi, per quanto riguarda inclusioni e tolleranze di spessore, alla norma DIN 16957 e realizzati partendo da metacrilato puro; l'impiego di materiale rigenerato per la costruzione delle lastre non è ammesso.

La guarnizione, compatibile con il metacrilato, deve essere in EPDM della durezza di 70 shores e realizzata con profilo ad U che consenta sia di ammortizzare le sollecitazioni ed evitare la fuoriuscita dalla sede, sia di evitare la deformazione della lastra stessa. Per il fissaggio dei profili di contenimento della lastra potranno essere impiegati distanziali, in modo che la lastra conservi la sua

planarità, evitando antiestetiche deformazioni dovute ad un cattivo fissaggio. La dimensione dell'incastro dovrà tenere conto delle dilatazioni termiche e delle deformazioni ai carichi del vento.

I pannelli in PMMA dovranno inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche tecniche:

Caratteristiche	Metodo prova ASTM	Esigenza minima
Densità minima	D792	1,1 g·cm-3
Resistenza a flessione	D790	80 MN·m-2
Resistenza a trazione minima	D638	57 MN·m-2
Resistenza minima all'urto Charpy con intaglio	D256	70 kJ·m-2
Temperatura di rammollimento VICAT minima	D1525	140°C
Coefficiente max di dilatazione termica lineare	D696	80·10-6 °C-1
Trasmissione della luce minima per lastre non colorate	D1003 Illum. A	85%
Indice d'ingiallimento massimo dopo 1000 ore con lampada solare	D1925	6%

Le prove si riferiscono a lastre incolore dello spessore di 3 mm.

### 2 . 6 . 3 PANNELLI IN VETRO

I pannelli devono essere realizzati con vetri di sicurezza stratificati, temperati, martellati o armati, fonoisolanti (categoria B3 secondo la norma UNI EN 1793-2:2018) in lastre di VETRO stratificato temperato, trasparente incolore, dello spessore complessivo pari a 21,52 (10+1.52pvb+10) mm, complete di idonee guarnizioni e telaio perimetrale in acciaio zincato e verniciato completo di idone accessori per il montaggio.

Le lastre di vetro stratificato utilizzate sono conformi:

- alle UNI EN 572-1:2016 e UNI EN 572-2:2012, e UNI EN ISO 12543-6:2011 per le caratteristiche del materiale di base e la limitazione dei difetti ottici e visivi;
- alle UNI EN ISO 12543, parti 1, 2, 3 e 4 per qualità e caratteristiche fisico-tecniche, idoneità applicativa e per grado di sicurezza, prestazioni antivandalismo, resistenza ad alta temperatura, all'umidità ed all'irraggiamento solare simulato;
- alle UNI EN ISO 12543-5:2011 per le dimensioni, gli scostamenti limite e le finiture dei bordi;
- alla UNI 7697 per i criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie;
- alla UNI 6028 per la molatura delle lastre;
- alla UNI EN 12150-1:2015 per il trattamento serigrafico.

Le lastre di vetro stratificato utilizzate hanno i requisiti fotometrici richiesti dalle norme UNI EN 410 e UNI EN 673:2011.

Il vetro dovrà inoltre presentare alta resistenza all'abrasione e consentire un agevole rimozione di eventuali scritte vandaliche.

### 2 . 7 PANNELLI IN CALCESTRUZZO

#### 2 . 7 . 1 PANNELLI IN CALCESTRUZZO ARMATO NORMALE O PRECOMPRESSO

Gli elementi che costituiscono la barriera dovranno essere realizzati in calcestruzzo armato che risponda ai seguenti requisiti:

Caratteristica	Esigenza
Classe $R_{ck}$	$> 40 \text{ N/mm}^2$
Rapporto acqua/cemento	$< 0,45$
Slump	$< 0,1\%$
Tipo di cemento	Pozzolánico o altoforno



Spessore pannello	≥ 8 cm
Barre di armatura	Acciaio B450C controllato
Coefficiente di permeabilità	Con prova a carico costante alla pressione di 1400 kPa su provini di 100 mm di diametro oppure, preliminarmente ai getti, su provini cubici aventi lo spigolo di 150 mm, dovrà essere inferiore o uguale a $10^{-10} \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$

Su richiesta del Committente le superfici di calcestruzzo potranno essere protette con opportuni impregnanti, in modo da garantire l'idrofobizzazione del supporto trattato, con caratteristiche di trasparenza, traspirazione, resistenza alle intemperie, agli UV, alle muffe, ai cloruri, agli alcali ed agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche e nell'atmosfera

La protezione della superficie deve impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale. Tale trattamento non deve produrre effetti apprezzabili sul coefficiente di assorbimento acustico.

Il trattamento potrà essere costituito da una soluzione composta da acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata in stabilimento sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione.

#### 2.7.2 PANNELLI IN CALCESTRUZZO ARMATO NORMALE O PRECOMPRESSO E CALCESTRUZZO DI ARGILLA ESPANSA O POMICE

Questa tipologia è costituita da pannelli a due o più strati nei quali la funzione portante è assicurata dallo strato in calcestruzzo armato, che deve avere le caratteristiche riportate al punto 3.3.1 e spessore minimo 8 cm, mentre lo strato in calcestruzzo di argilla espansa o pomice, rivolto verso la sorgente di rumore, deve essere tale da realizzare le caratteristiche di fonoassorbimento richieste.

Per le caratteristiche di tali pannelli e degli inerti si dovrà fare riferimento rispettivamente alla normativa UNI EN 13055-1:2003.

In particolare lo strato in calcestruzzo di argilla espansa o pomice dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Caratteristica	Esigenza
Composizione inerti (secondo UNI EN 13055-1:2003)	100% argilla espansa o pomice con granulometria: passante al crivello 12 mm 100% 10 mm 90-100% 5 mm 5-35% 3 mm 0-10% 2 mm 0-5%
Massa volumica in mucchio degli inerti (UNI EN 13055-1:2003)	Preferibilmente compresa tra 350 e 600 kg/m <sup>3</sup> e comunque mai superiore a 1100 kg/m <sup>3</sup>
Tipo di cemento	Pozzolatico o altoforno, dosato non oltre i 250 kg per m <sup>3</sup> di inerti per non intasare i pori con perdita di efficacia antirumore.
Resistenza alla compressione	In media 10 N/mm <sup>2</sup> , da misurarsi su cubetti stagionati con spigolo di 100 mm
Spessore strato in cls alleggerito	Può essere costante o variabile ma comunque mai inferiore ai 4 cm

Barre di armatura	Acciaio B450C controllato e fili per la precompressione come al D.M. 14/01/08.
-------------------	--------------------------------------------------------------------------------

I pannelli dovranno avere apposita protezione della struttura cellulare in argilla espansa o pomice esposta agli agenti atmosferici mediante trattamento, per intrusione, con idoneo prodotto ad elevato potere idrorepellente, traspirante, trasparente, con ottimo ancoraggio al materiale trattato, resistente alle intemperie, agli UV, alle muffe, agli alcali, agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche e nell'atmosfera. Tale prodotto deve assicurare un'elevata durata delle proprie caratteristiche (almeno 10 anni), deve consentire l'eventuale applicazione di vernice sulla faccia esposta del pannello ed inoltre in caso di incendio deve garantire l'assenza di esalazioni tossiche o fumi opachi.

La protezione della superficie deve impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale. Tale trattamento non deve produrre effetti apprezzabili sul coefficiente di assorbimento acustico.

Il trattamento potrà essere costituito da una soluzione composta da acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata in stabilimento sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione.

Eventuali sistemi di protezione diversi da quello sopra descritto potranno essere autorizzati dal Committente previa presentazione di appositi certificati che ne caratterizzino l'efficacia.

### 2.7.3 PANNELLI IN CALCESTRUZZO ARMATO ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA STRUTTURALE

Il pannello, di spessore non inferiore ai 20 cm, è costituito da un impasto omogeneo di calcestruzzo con argilla espansa che assolve contemporaneamente alle funzioni portante e di abbattimento del rumore.

Per le caratteristiche di tali pannelli e degli inerti si dovrà fare riferimento rispettivamente alla normativa UNI EN 13055-1:2003.

Caratteristica	Esigenza
Composizione inerti (secondo UNI EN 13055-1:2003)	100% argilla espansa o pomice con granulometria: passante al crivello 12 mm 100% 10 mm 90-100% 5 mm 5-35% 3 mm 0-10% 2 mm 0-5%
Massa volumica in mucchio degli inerti (secondo UNI EN 13055-1:2003)	Preferibilmente compresa tra 350 e 800 kg/m <sup>3</sup> e comunque mai superiore a 1200 kg/m <sup>3</sup>
Tipo di cemento	Pozzolatico o altoforno, dosato a 350 – 400 kg per m <sup>3</sup> di inerti e non oltre, per non intasare i pori, con conseguente perdita di efficacia antirumore.
Resistenza alla compressione	$R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$
Massa volumica pannello	$\geq 1400 \text{ kg/m}^3$
Spessore pannello	Non inferiore ai 20 cm
Barre di armatura	Acciaio B450C controllato e fili per la precompressione

come al D.M. 14/01/08.
------------------------

I pannelli dovranno avere apposite delle parti esposte agli agenti atmosferici mediante trattamento, per intrusione, con idoneo prodotto ad elevato potere idrorepellente, traspirante, trasparente, con ottimo ancoraggio al materiale trattato, resistente alle intemperie, agli UV, alle muffe, agli alcali, agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche e nell'atmosfera.

Tale prodotto deve assicurare un'elevata durata delle proprie caratteristiche (almeno 10 anni), deve consentire l'eventuale applicazione di vernice sulla faccia esposta del pannello ed inoltre in caso di incendio deve garantire l'assenza di esalazioni tossiche o fumi opachi.

La protezione della superficie deve impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale. Tale trattamento non deve produrre effetti apprezzabili sul coefficiente di assorbimento acustico.

Il trattamento potrà essere costituito da una soluzione composta da acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata in stabilimento sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione.

Eventuali sistemi di protezione diversi da quello sopra descritto potranno essere autorizzati dal Committente previa presentazione di appositi certificati che ne caratterizzino l'efficacia.

## **2 . 8 PANNELLI IN LEGNO**

I pannelli in legno normalmente sono costituiti da una struttura scatolare al cui interno è alloggiato un materassino di lana minerale che, in combinazione con una eventuale camera d'aria retrostante agisce da dissipatore acustico.

La struttura è formata da:

- griglia anteriore formata da listelli di legno opportunamente sagomati;
- tamponatura posteriore realizzata con tavole in legno di opportuno spessore;
- materiale fonoassorbente;
- eventuali travi in legno disposte orizzontalmente alle estremità del pannello.

Poiché la barriera è direttamente esposta agli agenti atmosferici, i pannelli devono essere realizzati in legno di buona qualità, accuratamente lavorati e trattati in modo ottimale. Il legno deve resistere al deperimento organico e va trattato con prodotti speciali secondo le norme DIN 68 800 parte 3<sup>a</sup> per evitare la formazione di funghi. In particolare il legno sarà sottoposto all'impregnazione di oli minerali ecologici o sali indilavabili preservanti in autoclavi a vuoto e pressione.

In alternativa possono essere utilizzati pannelli costruiti in legno d'Azobè, di Golden Teak od altre essenze appartenenti alla classe di resistenza Prima secondo la normativa DIN 68364, per i quali non è necessario il trattamento in autoclave ma è sufficiente un trattamento con impregnanti ad azione insetticida e fungicida. Tali legni devono avere una certificazione di durabilità non inferiore ai 20 anni rilasciata da un Laboratorio Ufficiale.

Particolare cura va posta nel trattamento degli elementi più prossimi al suolo.

Per la sicurezza della circolazione in caso di incendio, i pannelli (pur essendo ininfiammabili) devono essere resistenti al fuoco; i montanti devono essere ininfiammabili e agire da barriera contro il fuoco, altrimenti sarà necessaria, ogni 100 m, una zona larga almeno 4 m realizzata con elementi ininfiammabili.

I pannelli dovranno essere facilmente smontabili e sostituibili in caso di danneggiamenti; a tal fine, su richiesta del Committente, le dimensioni del singolo pannello devono essere contenute, per permettere il montaggio dello stesso senza l'impiego di mezzi meccanici che possono arrecare

disturbo al flusso veicolare. Particolare cura deve essere posta nello studio delle giunzioni, che devono essere progettate in modo da tenere conto di eventuali movimenti di contrazione e rigonfiamento. La bulloneria per l'assemblaggio dei diversi componenti sarà preferibilmente in acciaio inox.

I montanti saranno realizzati in legno massiccio o con profilati metallici secondo le particolari esigenze tecnico architettoniche del sito da proteggere, in accordo con le indicazioni del Committente.

Per le caratteristiche del materiale fonoassorbente si rimanda a quanto detto nel caso dei pannelli metallici al paragrafo 2.5.1.

## **2 . 9 PANNELLI IN LATERIZIO FORATO**

Le barriere formate da pannelli in laterizio forato sono schermi fonoassorbenti che sfruttano la proprietà di attenuazione del rumore di una cavità per risonanza.

La massa d'aria contenuta all'interno della cavità, sotto l'effetto delle onde sonore incidenti, si pone in vibrazione ed attraverso lo smorzamento dovuto ai molteplici urti sulle pareti ne trasforma l'energia in calore.

L'assorbimento per risonanza, essendo legato alle dimensioni del foro di ingresso e della cavità, funziona per una specifica frequenza: per coprire la gamma di frequenze richieste si realizzano blocchi in laterizio con serie di fori comunicanti con l'esterno con diverse dimensioni delle cavità interne.

Questo sistema, pur non comprendendo tutto il campo di frequenze assorbite dai pannelli tradizionali con fibre minerali (con gli elementi in laterizio normalmente si coprono le frequenze fra 100 e 1000 Hz), ha però il vantaggio di un costo contenuto per altezze non eccessive.

La struttura portante di queste schermature è generalmente costituita da pilastri in cemento armato, con cordolo inferiore ed eventuale trave di collegamento superiore sempre in cemento armato.

Varianti di questo tipo di barriera si possono ottenere con blocchi di calcestruzzo dotati delle stesse cavità risonanti.

## **2 . 1 0 MONTANTI**

### **2 . 1 0 . 1 MONTANTI METALLICI**

I montanti metallici devono essere realizzati in acciaio acciaio zincato e verniciato o corten con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S235JR (ex Fe 360 B) secondo la norma *EN 10027-1:2016* e zincati a caldo per immersione in conformità alla *UNI EN ISO 1461:2009* per uno spessore non inferiore a 85 µm (previo ciclo di sabbiatura SA 2112 oppure trattamento di decapaggio chimico), successivamente alla zincatura sarà da eseguirsi un ulteriore trattamento protettivo di verniciatura, tale che, lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere di almeno 200 µm in modo da realizzare una superficie esente da pori. La carpenteria di sostegno è composta da profilati metallici tipo HE saldati ad idonea piastra di base predisposta con n° 4 fori per l'ancoraggio al cordolo in c.a. mediante tirafondi/barre filettate e completa di eventuali irrigidimenti/fazzoletti (gruppo di n° 4 tirafondi/barre filettate opportunamente dimensionati per l'ancoraggio della piastra di base al cordolo in c.a. realizzati in acciaio zincato a caldo di classe 8.8).

La successiva verniciatura deve essere effettuata a polveri o a smalto e seguita da polimerizzazione a 140°.

Lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere di almeno 180 µm in modo da realizzare una superficie esente da pori.

---

---

Il fornitore deve comunque indicare il sistema del trattamento previsto per protezione anticorrosiva della superficie dei diversi elementi ed allegare le schede tecniche dei prodotti vernicianti e le modalità di applicazione.

Il colore delle protezioni anticorrosive sarà comunicato preventivamente dal Committente.

In caso di incendio i materiali impiegati non devono sviluppare gas tossici o fumi opachi.

Le prove previste sul montante sono le seguenti:

- verifica della zincatura;
- misura degli spessori degli strati protettivi;
- controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti alle caratteristiche dichiarate.

Sui profili costituenti i montanti che non risultino "prodotti qualificati" ai sensi del DM 14/01/2008 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche" devono essere effettuate tutte le prove meccaniche e chimiche previste dalle norme UNI in numero atto a fornire un'idonea conoscenza delle proprietà di ogni singolo lotto di fornitura e comunque almeno tre saggi per ogni 20 t di ogni singolo profilo.

Tutti i singoli valori sperimentali dovranno rispettare le prescrizioni di cui al DM citato per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, tabelle UNI corrispondenti, e caratteristiche chimiche.

#### **2 . 1 0 . 2 MONTANTI IN CALCESTRUZZO ARMATO**

I montanti in calcestruzzo armato normalmente sono elementi prefabbricati; essi devono essere realizzati con calcestruzzo rispondente agli stessi requisiti prescritti al paragrafo 2.7.1 per i pannelli in calcestruzzo armato.

I montanti avranno predisposti al proprio interno gli eventuali dispositivi per l'ancoraggio delle pannellature prefabbricate.

#### **2 . 1 0 . 3 MONTANTI IN LEGNO**

I montanti in legno devono essere realizzati in legno secondo le specifiche prescritte per i pannelli in legno, seguendo gli stessi trattamenti specificati nel paragrafo 2.8. Per la parte infissa dovranno essere messi in atto tutti gli accorgimenti per evitare l'imputrescenza.

#### **2 . 1 1 PORTE DI ISPEZIONE E DI SICUREZZA**

Le porte di ispezione e di sicurezza devono essere poste ad una distanza non superiore a 300 m l'una dall'altra; la distanza è da considerarsi quale valore massimo e pertanto è lasciato al progettista il corretto distanziamento delle vie d'uscita in relazione al contesto ambientale, morfologico, ecc. in cui viene inserita la protezione acustica.

Le porte dovranno rispettare le seguenti prescrizioni:

- Larghezza libera:  $\geq 85$  cm.
- Altezza libera:  $\geq 190$  cm.

Le caratteristiche antifoniche delle porte devono corrispondere a quelle delle pareti. A tal fine le porte devono essere realizzate con un pannello dello stesso tipo di quelli utilizzati per le pareti, montato su opportuno telaio. Particolare attenzione dovrà essere posta nella realizzazione delle giunzioni tra parti fisse e parte mobile, facendo in modo che i coefficienti di assorbimento e di isolamento dell'intera parete non siano pregiudicati.

Le porte devono essere provviste di maniglione di apertura di tipo antipánico, apribile solo dall'interno; dall'esterno l'apertura deve essere possibile solo con apposita chiave in dotazione ai posti di manutenzione.

La segnalazione delle porte deve essere seguita secondo le norme per le uscite di sicurezza.

Le porte devono essere facilmente apribili anche in caso di gelo.

---

---

Le porte possono essere sostituite da interruzioni della barriera secondo le indicazioni del progettista.

## 2 . 1 2 ACCESSORI

### 2 . 1 2 . 1 SIGILLANTI E GUARNIZIONI

Sigillanti e guarnizioni devono garantire nel tempo l'ermeticità acustica e deve quindi resistere all'invecchiamento da agenti naturali (raggi UV, variazioni di temperatura, ecc.).

Il fornitore dovrà specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per i sigillanti e le guarnizioni specie per quanto riguarda la qualità dell'elemento elastico e la sua resistenza all'invecchiamento. Inoltre detti materiali dovranno rispettare le seguenti prescrizioni della norma DIN 53571:

Caratteristica	Esigenza minima
Allungamento alla rottura a + 20°C	Almeno 380%
Allungamento alla rottura a - 20°C	Almeno 350%
Resistenza alla rottura a + 20°C	Superiore a 10 N/mm <sup>2</sup>

Il profilo della guarnizione dovrà essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nel momento di maggiore sollecitazione e contemporaneamente ammortizzare le vibrazioni dello stesso.

Le guarnizioni da utilizzare con i pannelli in policarbonato o in metacrilato e dovranno essere realizzate con materiale compatibile con tali prodotti.

I sigillanti dovranno anch'essi essere compatibili col policarbonato o col metacrilato e non dovranno contenere acido acetico.

La D.L. avrà la facoltà di eseguire le prove che riterrà opportune per la verifica di tali caratteristiche.

### 2 . 1 2 . 2 ACCESSORI METALLICI

Tutti gli elementi metallici non precedentemente contemplati (viti, dadi, rivetti, rondelle elastiche, distanziatori, tirafondi, ecc.) devono essere in acciaio inossidabile AISI 306 o AISI 430 o in acciaio zincato a caldo per immersione in accordo alle Norme UNI EN 12532:2001, UNI EN 10143:2006, UNI 10147:2002 e dalla UNI EN 13306:2018, per uno spessore non inferiore a 60 µm (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti in acciaio zincato).

Nel caso di pannelli in lega leggera possono essere usati elementi metallici sia in acciaio inox che in alluminio.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, valgono le seguenti prescrizioni:

- Tirafondi: il materiale dovrà avere caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo S235JR della Norma UNI EN 10263-1-2-3-4-5:2003.
- Piastre di base: saranno realizzate con acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo Fe S235JR secondo la Norma UNI EN 10025-1-2:2007-18.
- Bulloni: dovranno appartenere alla classe di resistenza 8.8 della UNI 3740-1:1999.

---



---

### 3 CARATTERISTICHE ACUSTICHE: BARRIERE FONOASSORBENTI E CONTEMPORANEAMENTE FONOSOLANTI

#### 3.1 SPECIFICHE DI ACCETTAZIONE

La fase di accettazione consiste nella certificazione preventiva dei materiali e per quanto riguarda le caratteristiche acustiche è distinta in due momenti: il primo riguardante le prove di laboratorio in camera riverberante; il secondo riguardante prove su campioni di barriera in campo aperto ed in condizioni normalizzate.

Le prove sono a carico del costruttore/fornitore che deve certificare l'efficacia acustica del manufatto facendo eseguire presso un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente) una serie di test che rispondano ai requisiti di accettazione fonici. I relativi certificati debbono essere accompagnati da una dichiarazione del Laboratorio che attesti che nell'ambito delle norme e prescrizioni relative siano state rispettate le metodologie standard di esecuzione.

Le prove di laboratorio hanno lo scopo di omologare preventivamente i materiali: la prova in camera riverberante consente di valutare le caratteristiche intrinseche dei materiali, mentre le prove in campo aperto sono necessarie per valutare l'efficacia delle barriere nel loro complesso.

#### 3.1.1 PROVE DI LABORATORIO IN CAMERA RIVERBERANTE

L'indice I di isolamento acustico deve essere superiore o uguale a 30 dB per i pannelli monoassorbenti e a 24 dB per quelli biassorbenti. Il suo valore sarà determinato secondo la norma UNI EN ISO 140-3:2006 e la UNI EN ISO 717-1:2013 e successivi aggiornamenti.

Le proprietà fonoassorbenti dei materiali saranno valutate mediante la determinazione del coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha$  secondo la norma UNI EN ISO 354:2003.

I pannelli aventi la capacità di assorbire l'energia acustica incidente sono classificati in due categorie, da scegliersi in base alle condizioni di impiego:

- TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente;
- TIPO II: a medio potere fonoassorbente.

Essi devono garantire, alle varie frequenze centrali di banda d'ottava, i seguenti valori minimi del coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha$ , in riferimento alla norma UNI EN ISO 354:2003:

- TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente $\alpha$
125	0.40
250	0.70
500	0.80
1000	0.80
2000	0.80
4000	0.75

- TIPO II: a medio potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente $\alpha$
125	0.35
250	0.40
500	0.50

---



---

---

---

1000	0.60
2000	0.55
4000	0.50

La Norma UNI EN ISO 354:2003 se da una parte prevede che le misure siano effettuate in 1/3 di ottava, dall'altra fornisce, invece, le tabelle di confronto con dati in ottave: è chiaro che per il raffronto bisognerà mediare i tre valori dei tre terzi per ottenere il corrispondente valore in ottava. Nel caso di elementi biassorbenti i campioni saranno provati separatamente sulle due facce.

### 3.1.2 PROVA DI ATTENUAZIONE IN CAMPO LIBERO SU BARRIERA NORMALIZZATA (MISURA DI "INSERTION LOSS")

Al fine di valutare il comportamento della barriera dal punto di vista acustico dovrà essere eseguita una prova di attenuazione in campo libero in una configurazione standard con sorgente puntiforme, rispettando la metodologia indicata in seguito.

La prova va eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione del Committente potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

La velocità del vento nella zona di prova deve essere inferiore a  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

La barriera utilizzata per le prove, realizzata con i pannelli inseriti negli appositi montanti ed ogni altro elemento costitutivo disposto come previsto per i normali impieghi, deve avere un'altezza di 3 m ed una lunghezza di 18 m.

I pannelli della fila inferiore devono essere posati su un letto di sabbia o sul terreno vegetale livellato al fine di assicurare la necessaria ermeticità acustica nella zona di appoggio.

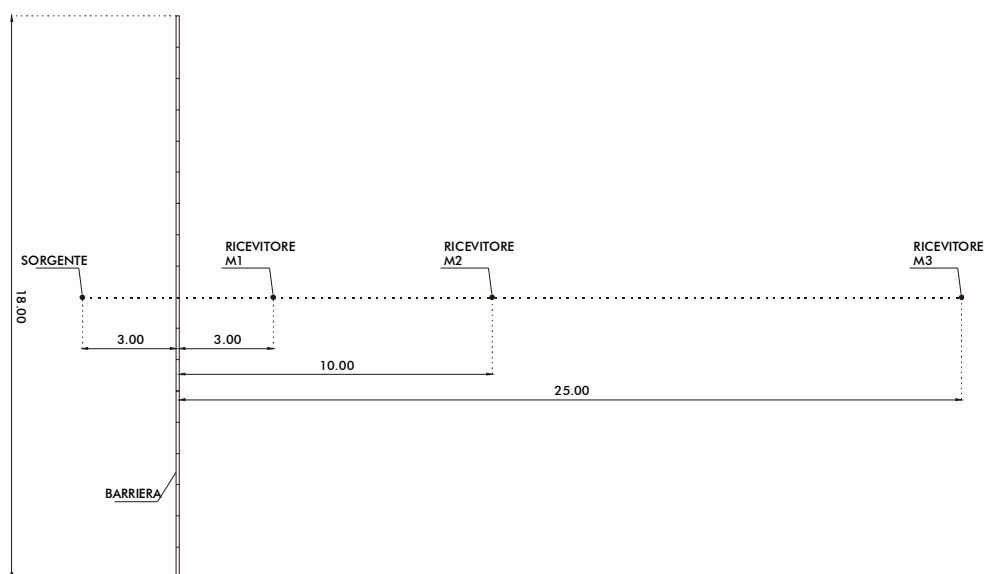
Le misure vanno eseguite in corrispondenza del montante centrale utilizzando una sorgente campione di rumore bianco e rosa e un ricevitore posti nelle posizioni indicate in Fig.1.

---

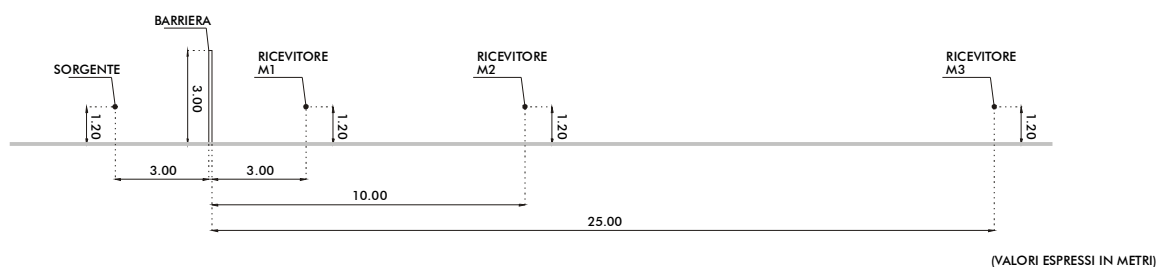
---



## PLANIMETRIA SCHEMATICA



## SEZIONE SCHEMATICA



(VALORI ESPRESSI IN METRI)

Figura 1: schema della prova in campo libero

Le misure devono essere condotte in banda d'ottava nel campo 125 ÷ 4000 Hz con un fonometro integratore con tempo di integrazione di almeno 10 s per ogni banda di ottava, ovvero un analizzatore in tempo reale con tempo di integrazione di almeno 30 s. E' inoltre richiesta la misura globale utilizzando il filtro di ponderazione A con tempo di integrazione di almeno 10 s.

La sorgente di rumore sarà costituita da un altoparlante con diametro inferiore o uguale a 15 cm. Le caratteristiche di direzionalità della sorgente sonora dovranno essere misurate in loco e riportate nel certificato di prova.

Le misurazioni effettuate nella prova, sia per quanto riguarda il livello totale che i livelli per le singole bande di frequenza, saranno ritenute valide solo se il livello misurato è superiore di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato nello stesso punto.

L'attenuazione sonora in campo libero è calcolata, per ognuna delle bande d'ottava e per il valore globale ponderato A, con la formula:

$$\Delta L = L_{p0} - L_p$$

dove:

$L_{p0}$  = livello di pressione sonora nella posizione di misura in assenza di barriera;

$L_p$  = livello di pressione sonora nella posizione di misura in presenza di barriera.

L'attenuazione della barriera in corrispondenza dei punti di misura dovrà essere di almeno: 22 dB(A) a 3 m, 18 dB(A) a 10 m e di 16 dB (A) a 25 m, sia per il rumore bianco sia per quello rosa. Per tali valori di attenuazione è ammessa una tolleranza massima di 4 dB(A).

Ai fini della misura le letture saranno valide solo se superiori di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato in quel punto per ciascuna banda di frequenza. Inoltre, durante le misurazioni, dovrà essere garantita l'assenza di altre fonti di rumore significative che potrebbero incidere sul rumore di fondo stesso.

Nel caso in cui la sorgente sonora sia costituita da più altoparlanti, essi dovranno avere il loro asse alla stessa altezza e il diametro dell'altoparlante maggiore non dovrà essere superiore a 0.15 m. Le curve di direttività degli altoparlanti alle varie frequenze dovranno essere misurate in loco e riportate nel verbale di misura. La sorgente dovrà essere il più possibile omnidirezionale o avere almeno una simmetria rotazionale intorno al proprio asse orizzontale rivolto verso la barriera.

Tutta la strumentazione dovrà rispondere alle caratteristiche previste dalla IEC 804 per i fonometri integratori. I filtri di banda d'ottava dovranno essere in accordo con la IEC 225. Il microfono di misura dovrà avere il diametro non maggiore di ½ pollice ed essere del tipo per campo libero.

Il valore dell'attenuazione sonora dovrà essere presentato in forma tabellare e grafica, rappresentando l'andamento del livello sonoro in funzione della frequenza.

### 3 . 1 . 3 PROVA DI UNA BARRIERA TIPO SECONDO LA NORMA AFNOR S 31-089

Questo metodo di prova consente di individuare in campo aperto i coefficienti di fonoisolamento e di valutare il coefficiente di fonoassorbimento della barriera in funzione della frequenza. Consente di valutare sia le caratteristiche dei materiali costituenti lo schermo che la qualità della posa in opera (guarnizioni, giunzioni, montanti).

Permette di determinare le seguenti proprietà fisiche dei pannelli:

- potere fonoisolante (espresso in dB): capacità di un materiale di “opporsi” alla propagazione del rumore attraverso di esso.  
*Potere fonoisolante (dB) = Livello su uno diretto - Livello su uno trasmesso*
- potere fonoassorbente (espresso in %): capacità di un materiale di “dissipare” l'energia sonora incidente su di esso.

$$\text{Potere fonoassorbente (\%)} = \frac{\text{Energia acustica riflessa}}{\text{Energia acustica incidente}}$$

Oltre alla valutazione delle proprietà fonoassorbenti e fonoisolanti degli schermi acustici, questa norma può permettere di identificare l'origine delle principali variazioni delle caratteristiche acustiche dello schermo in prova (fessure ad es.).

Con questa tecnica non è possibile valutare l'attenuazione totale prodotta dalla barriera nei punti disturbati (“insertion loss”), in quanto essa è fortemente influenzata anche dall'altezza, lunghezza e posizione della schermatura.

Si prescrive che la perdita locale di energia acustica per trasmissione,  $T_{LT}$  nelle bande di ottava di 1000 e 2000 Hz, deve essere maggiore o uguale a 26 dB con una tolleranza di 5 dB.

### 3 . 2 SPECIFICHE DI MESSA IN OPERA

L'opera dovrà essere realizzata utilizzando esclusivamente materiali che abbiano superato il processo di accettazione indicato in precedenza. Tale rispondenza, così come il corretto assemblaggio dei singoli componenti della struttura, sarà verificata durante la fase di messa in opera a cura della Direzione Lavori.

La costruzione della barriera deve risultare acusticamente ermetica, in particolare in corrispondenza dei giunti di dilatazione, delle uscite di sicurezza, dei raccordi di manufatti, ecc.

Questa proprietà deve essere assicurata mediante un corretto montaggio, senza lasciare quindi fessure o giochi fra pannello e pannello, fra pannelli e montanti e fra pannelli ed elementi di supporto di base. L'esecuzione delle opere dovrà rispettare i vincoli indicati sui disegni tipologici allegati.

La verifica acustica di corretta installazione si esegue secondo i criteri descritti nel capitolo 4.1.3 (prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089) sulla barriera dimensionata in fase di progetto.

La perdita locale di energia acustica per trasmissione,  $T_{LT}$  rilevata in opera nelle bande d'ottava di 1000 e 2000 Hz deve risultare maggiore o uguale ai valori riscontrati nella prova AFNOR S 31-089 eseguita per la fase di accettazione, detratti di una tolleranza di 5 dB.

Questa prova sarà a carico del fornitore/installatore ed eseguita da un istituto riconosciuto idoneo dalle parti.

Sarà condotta sotto la responsabilità del direttore dei lavori che provvederà a farla eseguire a spot in vari punti con particolare attenzione a quelle zone con pezzi speciali (porte di ispezione, posti telefonici, ecc.).

I risultati di questa prova saranno confrontati con quelli ottenuti nella fase di prequalifica della barriera per rilevare le eventuali contraddizioni e/o situazioni anomale.

---

---

## **4 CARATTERISTICHE ACUSTICHE: BARRIERE FONOISOLANTI**

### **4 . 1 SPECIFICHE DI ACCETTAZIONE**

La fase di accettazione consiste nella certificazione preventiva dei materiali e per quanto riguarda le caratteristiche acustiche è distinta in due momenti: il primo riguardante le prove di laboratorio in camera riverberante; il secondo riguardante prove su campioni di barriera in campo aperto ed in condizioni normalizzate.

Le prove sono a carico del costruttore/fornitore che deve certificare l'efficacia acustica del manufatto facendo eseguire presso un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente) una serie di test che rispondano ai requisiti di accettazione fonici. I relativi certificati debbono essere accompagnati da una dichiarazione del Laboratorio che attesti che nell'ambito delle norme e prescrizioni relative siano state rispettate le metodologie standard di esecuzione.

Le prove di laboratorio hanno lo scopo di omologare preventivamente i materiali: la prova in camera riverberante consente di valutare le caratteristiche intrinseche dei materiali, mentre le prove in campo aperto sono necessarie per valutare l'efficacia delle barriere nel loro complesso.

#### **4 . 1 . 1 PROVE DI LABORATORIO IN CAMERA RIVERBERANTE**

L'indice I di isolamento acustico deve essere superiore o uguale a 30 dB. Il suo valore sarà determinato secondo la norma UNI EN ISO 140-3:2006 e la UNI EN ISO 717-2:2013.

#### **4 . 1 . 2 PROVA DI ATTENUAZIONE IN CAMPO LIBERO SU BARRIERA NORMALIZZATA (MISURA DI "INSERTION LOSS")**

Al fine di valutare il comportamento della barriera dal punto di vista acustico dovrà essere eseguita una prova di attenuazione in campo libero in una configurazione standard con sorgente puntiforme, rispettando la metodologia indicata in seguito.

La prova va eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla

---

---

barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione del Committente potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

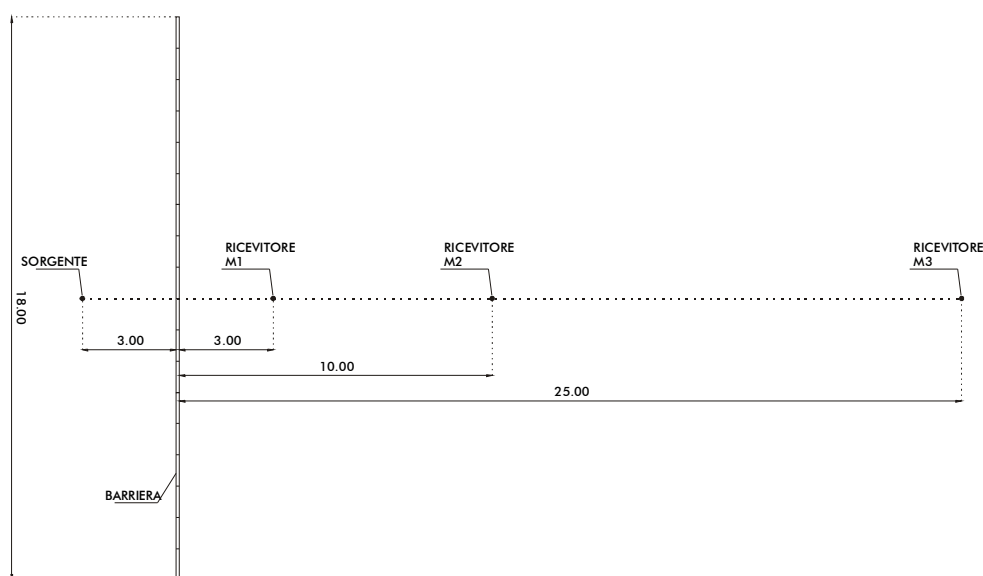
La velocità del vento nella zona di prova deve essere inferiore a  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

La barriera utilizzata per le prove, realizzata con i pannelli inseriti negli appositi montanti ed ogni altro elemento costitutivo disposto come previsto per i normali impieghi, deve avere un'altezza di 3 m ed una lunghezza di 18 m.

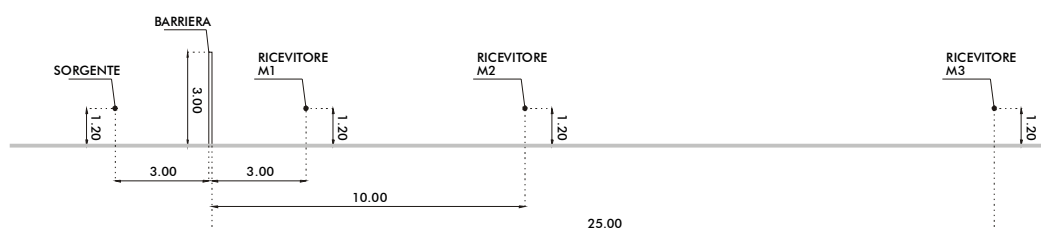
I pannelli della fila inferiore devono essere posati su un letto di sabbia o sul terreno vegetale livellato al fine di assicurare la necessaria ermeticità acustica nella zona di appoggio.

Le misure vanno eseguite in corrispondenza del montante centrale utilizzando una sorgente campione di rumore bianco e rosa e un ricevitore posti nelle posizioni indicate in Fig. 1.

#### PLANIMETRIA SCHEMATICA



#### SEZIONE SCHEMATICA



(VALORI ESPRESSI IN METRI)

Figura 2: schema della prova in campo libero

Le misure devono essere condotte in banda d'ottava nel campo  $125 \div 4000 \text{ Hz}$  con un fonometro integratore con tempo di integrazione di almeno 10 s per ogni banda di ottava, ovvero un analizzatore in tempo reale con tempo di integrazione di almeno 30 s. E' inoltre richiesta la misura globale utilizzando il filtro di ponderazione A con tempo di integrazione di almeno 10 s.

La sorgente di rumore sarà costituita da un altoparlante con diametro inferiore o uguale a 15 cm. Le caratteristiche di direzionalità della sorgente sonora dovranno essere misurate in loco e riportate nel certificato di prova.

Le misurazioni effettuate nella prova, sia per quanto riguarda il livello totale che i livelli per le singole bande di frequenza, saranno ritenute valide solo se il livello misurato è superiore di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato nello stesso punto.

L'attenuazione sonora in campo libero è calcolata, per ognuna delle bande d'ottava e per il valore globale ponderato A, con la formula:

$$\Delta L = L_{p0} - L_p$$

dove:

$L_{p0}$  = livello di pressione sonora nella posizione di misura in assenza di barriera;

$L_p$  = livello di pressione sonora nella posizione di misura in presenza di barriera.

L'attenuazione della barriera in corrispondenza dei punti di misura dovrà essere di almeno: 22 dB(A) a 3 m, 18 dB(A) a 10 m e di 16 dB (A) a 25 m, sia per il rumore bianco sia per quello rosa. Per tali valori di attenuazione è ammessa una tolleranza massima di 4 dB(A).

Ai fini della misura le letture saranno valide solo se superiori di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato in quel punto per ciascuna banda di frequenza. Inoltre, durante le misurazioni, dovrà essere garantita l'assenza di altre fonti di rumore significative che potrebbero incidere sul rumore di fondo stesso.

Nel caso in cui la sorgente sonora sia costituita da più altoparlanti, essi dovranno avere il loro asse alla stessa altezza e il diametro dell'altoparlante maggiore non dovrà essere superiore a 0.15 m. Le curve di direttività degli altoparlanti alle varie frequenze dovranno essere misurate in loco e riportate nel verbale di misura. La sorgente dovrà essere il più possibile omnidirezionale o avere almeno una simmetria rotazionale intorno al proprio asse orizzontale rivolto verso la barriera.

Tutta la strumentazione dovrà rispondere alle caratteristiche previste dalla IEC 804 per i fonometri integratori. I filtri di banda d'ottava dovranno essere in accordo con la IEC 225. Il microfono di misura dovrà avere il diametro non maggiore di ½ pollice ed essere del tipo per campo libero.

Il valore dell'attenuazione sonora dovrà essere presentato in forma tabellare e grafica, rappresentando l'andamento del livello sonoro in funzione della frequenza.

#### 4.1.3 PROVA DI UNA BARRIERA TIPO SECONDO LA NORMA AFNOR S 31-089

Questo metodo di prova consente di individuare in campo aperto i coefficienti di fonoisolamento e di valutare il coefficiente di fonoassorbimento della barriera in funzione della frequenza. Consente di valutare sia le caratteristiche dei materiali costituenti lo schermo che la qualità della posa in opera (guarnizioni, giunzioni, montanti).

Permette di determinare le seguenti proprietà fisiche dei pannelli:

potere fonoisolante (espresso in dB): capacità di un materiale di “opporsi” alla propagazione del rumore attraverso di esso.

*Potere fon oisolante (dB) = Livello su ono dirett o - Livello su ono trasme sso*

potere fonoassorbente (espresso in %): capacità di un materiale di “dissipare” l'energia sonora incidente su di esso.

$$\text{Potere fonoassorbente (\%)} = \frac{\text{Energia acustica riflessa}}{\text{Energia acustica incidente}}$$

Oltre alla valutazione delle proprietà fonoassorbenti e fonoisolanti degli schermi acustici, questa norma può permettere di identificare l'origine delle principali variazioni delle caratteristiche acustiche dello schermo in prova (fessure ad es.).

Con questa tecnica non è possibile valutare l'attenuazione totale prodotta dalla barriera nei punti disturbati (“insertion loss”), in quanto essa è fortemente influenzata anche dall'altezza, lunghezza e posizione della schermatura.

Si prescrive che la perdita locale di energia acustica per trasmissione,  $T_{LT}$  nelle bande di ottava di 1000 e 2000 Hz, deve essere maggiore o uguale a 26 dB con una tolleranza di 5 dB.

#### **4 . 2 SPECIFICHE DI MESSA IN OPERA**

L'opera dovrà essere realizzata utilizzando esclusivamente materiali che abbiano superato il processo di accettazione indicato in precedenza. Tale rispondenza, così come il corretto assemblaggio dei singoli componenti della struttura, sarà verificata durante la fase di messa in opera a cura della Direzione Lavori.

La costruzione della barriera deve risultare acusticamente ermetica, in particolare in corrispondenza dei giunti di dilatazione, delle uscite di sicurezza, dei raccordi di manufatti, ecc.

Questa proprietà deve essere assicurata mediante un corretto montaggio, senza lasciare quindi fessure o giochi fra pannello e pannello, fra pannelli e montanti e fra pannelli ed elementi di supporto di base. L'esecuzione delle opere dovrà rispettare i vincoli indicati sui disegni tipologici allegati.

La verifica acustica di corretta installazione si esegue secondo i criteri descritti nel capitolo 4.1.3 (prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089) sulla barriera dimensionata in fase di progetto.

La perdita locale di energia acustica per trasmissione,  $T_{LT}$  rilevata in opera nelle bande d'ottava di 1000 e 2000 Hz deve risultare maggiore o uguale ai valori riscontrati nella prova AFNOR S 31-089 eseguita per la fase di accettazione, detratti di una tolleranza di 5 dB.

Questa prova sarà a carico del fornitore/installatore ed eseguita da un istituto riconosciuto idoneo dalle parti.

Sarà condotta sotto la responsabilità del direttore dei lavori che provvederà a farla eseguire a spot in vari punti con particolare attenzione a quelle zone con pezzi speciali (porte di ispezione, posti telefonici, ecc.).

I risultati di questa prova saranno confrontati con quelli ottenuti nella fase di prequalifica della barriera per rilevare le eventuali contraddizioni e/o situazioni anomale.

---

---

### **5 BIOMURI: CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ED ACUSTICHE**

I biomuri sono costituiti da strutture a sezione trapezoidale o rettangolare, formate da un reticolo portante spaziale tridimensionale, drenante, realizzato mediante sovrapposizione di appositi elementi prefabbricati in c.a.v. o in legno opportunamente trattato, in modo da formare dei contenitori aventi larghe superfici aperte al cui interno viene insilato del materiale inerte terroso, che permette l'impianto di essenze vegetali rampicanti e/o cespugli.

Possono anche essere posati in modo da formare un muro di sostegno, disposto in adiacenza all'infrastruttura stradale, che sostiene un terrapieno che si ricongiunge dal lato opposto, con varie forme e pendenze, al piano campagna.

La realizzazione del muro consiste nella fornitura e posa in opera degli elementi prefabbricati, comprese le basi di appoggio, il riempimento con il terreno, il rinverdimento effettuato con essenze resistenti e sempreverdi, nonché tutte le opere ed i lavori necessari per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

La struttura normalmente risulta composta da spazi aperti o nicchie esposte all'acqua piovana ma deve essere attentamente valutata la necessità di un sistema di irrigazione da alimentare in modo opportuno.

#### **5 . 1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

I materiali che costituiscono l'opera di sostegno del biomuro sono elementi che formano il reticolo di sostegno, che possono essere:

---

---

- prefabbricati in c.a.v.;
- in legno trattato;
- terreno di riempimento.

Gli elementi di sostegno ed il terreno di riempimento occorrente per la costruzione delle opere dovranno risultare rispondenti ai requisiti di cui ai punti seguenti.

#### 5.1.1 CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI PREFABBRICATI

Gli elementi prefabbricati costituenti il muro devono essere modulari e vincolabili, atti a qualsivoglia configurazione planimetrica, comprese le curvilinee, e devono permettere la realizzazione dell'opera con paramento verticale o a scarpa.

Importante è la giusta valutazione della proporzione tra quantità di terreno e di cemento armato; inoltre, visto che il cemento armato riflette l'energia sonora, nel formare il paramento esposto del manufatto si deve fare in modo di ridurre al minimo indispensabile la struttura in cemento armato a vista infittendo quanto più possibile la vegetazione oppure rivestendo le superfici esposte in modo che risultino almeno parzialmente fonoassorbenti.

Le dimensioni e la forma geometrica di questi elementi prefabbricati variano sia per la funzione da loro esplicata nell'ambito della struttura reticolare, sia per le diverse esigenze produttive delle case costruttrici; in ogni caso i singoli elementi dovranno presentare gli appositi alloggiamenti necessari per garantire il loro incastro durante la realizzazione del muro, e dovranno rispettare i requisiti riportati nella specifica e nei disegni di progetto.

Le caratteristiche geometriche degli elementi e le modalità esecutive della struttura dovranno essere tali da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento.

La struttura reticolare così formata deve avere una modularità costante, componibile tridimensionalmente, in modo da poter realizzare muri cellulari di sezione anche variabile il cui peso, al netto del materiale di riempimento, dovrà essere non inferiore a 300 Kg/m<sup>3</sup>.

La configurazione e le dimensioni delle opere da realizzare si uniformeranno ai disegni di progetto allegati o che in corso d'opera saranno forniti dalla D.L.

Gli elementi del muro cellulare sono prefabbricati mediante specifico macchinario che consente la produzione a sforno immediato, ovvero ad immediata scasseratura dell'elemento prefabbricato, subito dopo l'esecuzione delle operazioni di getto e di vibratura.

Particolare cura deve essere adottata nella fondazione degli elementi principali portanti specialmente se si sta operando sui bordi dei rilevati: si potranno utilizzare micropali stabilizzati o fondazioni a platea, a seguito degli opportuni calcoli statici.

Detti elementi prefabbricati, prodotti in dimensioni e forma diverse a seconda delle funzioni esplicate nell'ambito della struttura, devono avere una adeguata armatura metallica, secondo le norme tecniche costruttive relative alle opere di calcestruzzo armato di cui alla Legge 5.11.1971 n. 1086 e successive modificazioni, e una resistenza caratteristica del conglomerato cementizio a 28 gg  $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$  al fine di poter sostenere tutte le sollecitazioni derivanti dalle spinte delle terre sia interne che esterne in zona sismica di prima categoria.

I materiali che costituiscono i singoli elementi prefabbricati devono avere le seguenti caratteristiche:

Caratteristica	Esigenza
Barre e reti elettrosaldade di armatura	Acciaio B450C controllato o B450A controllato.
Tipo di cemento	325 o superiore, dosato a 400 kg/m <sup>3</sup> impasto
Rapporto acqua/cemento	0.45
Vibratura	9000 Hz
Resistenza alla compressione	$R_{ck} \geq 35 \text{ N/mm}^2$ (350 kgf/cm <sup>2</sup> )

Prima dell'inizio dei lavori la D.L. si riserva la facoltà di accettare l'idoneità (dimensionale e costruttiva) degli elementi componenti la struttura.

La stessa confermerà e/o preciserà, all'atto esecutivo le caratteristiche dimensionali e costruttive nel loro insieme e le modalità di realizzazione dei lavori.

É facoltà del Committente, infatti la possibilità di apportare ai lavori le variazioni od aggiunte che reputa necessarie nell'interesse della buona riuscita e dell'economia dei lavori, senza che l'Appaltatore possa trarne motivi per avanzare pretesa di compensi od indennizzi di qualsiasi natura e specie non stabiliti nei Capitolati d'Appalto.

#### **5 . 1 . 2 CARATTERISTICHE DEGLI ELEMENTI IN LEGNO TRATTATO**

La gabbia in legno deve essere costituita da elementi modulari a incastro trattati con miscela preservante CCA, a carico di ritenzione di 16 l/m<sup>3</sup>, densità umida di 8 kN/m<sup>3</sup>.

#### **5 . 1 . 3 CARATTERISTICHE DEL TERRENO DI RIEMPIMENTO**

I migliori valori di fonoassorbimento si ottengono con composta completamente matura, terra vegetale ricca di humus o con miscuglio di queste due terre. Un terriccio completamente maturo oltre ad aumentare la caratteristica fonoassorbente permette una vegetazione permanente. La premessa da soddisfare è il tenore di sostanze organiche convertibili e, come già accennato, un elevato tenore di humus.

Le caratteristiche di un terriccio completamente fermentato che determinano la sua particolare attitudine come materiale di riempimento sono le seguenti:

- elevata percentuale di sostanza organica per il bilancio dell'humus;
- elevato volume delle porosità;
- elevato ritenimento idrico;
- elevato contenuto di organismi del terreno;
- quote di elementi principali ed oligoelementi;
- elevata capacità di scambio di ioni (potere di fissare le sostanze nutritive);
- insensibile all'erosione;
- insensibile agli assestamenti del terreno;
- buona ventilazione.

Resta stabilito che tutte le pratiche e gli oneri inerenti al reperimento del materiale, comprese l'eventuale ricerca, occupazione, apertura e gestione cave sono a carico esclusivo dell'Impresa fornitrice, rimanendo il Committente sollevato dalle conseguenze di qualsiasi difficoltà che la stessa potesse incontrare a tale riguardo; questa dovrà indicare, al momento della consegna dei lavori, le cave o i fornitori di cui intende servirsi che, a loro volta, dovranno essere adeguate e capaci a fornire in tempo utile tutto il materiale necessario ai lavori, che soddisfi le prescritte caratteristiche. L'Impresa fornitrice resta responsabile di fornire il quantitativo e di garantire la qualità dei materiali necessari al normale avanzamento dei lavori, anche se, per far fronte a tale impegno dovessero cambiare la natura del materiale oppure la cava o il fornitore; tutto ciò senza che l'Impresa fornitrice possa accampare pretese di speciali compensi o di indennità.

Nessuno speciale compenso od indennità potrà richiedere l'Impresa fornitrice in conseguenza delle maggiori spese o difficoltà che potrà incontrare in questo campo per la completa osservanza delle norme di legge o delle maggiori prescrizioni che potessero dettare le autorità competenti.

#### **5 . 2 ESSENZE VEGETALI**

Le piante in essi contenute possono essere scelte in base ai seguenti criteri (da Stern e Partner, Architetti del paesaggio, Zurigo):

---

---



- Tipo di paesaggio circostante:
  - nell'area urbana;
  - fuori dall'area urbana, cioè in un paesaggio naturale;
  - vicino a vegetazione di:
  - piante indigene, cioè piante di naturale/spontanea crescita;
  - piante antropogene esotiche o importate da altre regioni o continenti.
- Condizioni microclimatiche:
  - generali condizioni geografiche e climatiche;
  - condizioni particolari nel muro;
  - posizione del muro (parte superiore, media o bassa);
  - tipo di terra, miscuglio di terra;
  - esposizione al sole, all'ombra, al vento e influenza della pioggia.
- Limitata possibilità di cubatura:
  - luogo trafficato, spazio limitato particolarmente nella parte bassa, molto vento dovuto al passaggio del traffico/auto;
  - lato esterno confinante direttamente con la strada.
- Piante raggruppate nelle aree:
  - area con piante sempreverdi;
  - area di piccoli cespugli;
  - area con tipi di piante rampicanti o cascanti;
  - aree con piante a crescita bassa che coprono la superficie della terra;
  - area con piante grasse di piccola crescita.
- Esposizione rispetto al paesaggio:
  - dominante aree di priorità/importanti;
  - associato a piante per colmare/riempire il buco/squarcio di frane.

### **5 . 3 SPECIFICHE DI ACCETTAZIONE**

La fase di accettazione consiste nella certificazione preventiva dei materiali; per quanto riguarda la fornitura degli elementi modulari prefabbricati e in legno, l'Impresa fornitrice è tenuta a produrre adeguata certificazione che ne comprovi le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Per l'accettazione del terreno di riempimento, in considerazione dei requisiti previsti in progetto, la D.L. potrà richiedere l'esecuzione di analisi granulometriche, limiti di Attenberg e prove di taglio diretto con scatola di Casagrande.

Dopo la messa in opera di ogni strato la D.L. potrà richiedere la verifica del grado di costipamento mediante prove di controllo della densità in sito e della densità di riferimento in laboratorio. Le prove geotecniche in sito ed in laboratorio dovranno essere eseguite da un laboratorio ufficiale approvato dalla D.L.

### **5 . 4 CARATTERISTICHE ACUSTICHE**

Dal punto di vista delle caratteristiche acustiche la fase di accettazione è distinta in due momenti: il primo riguardante le prove di laboratorio in camera riverberante; il secondo riguardante prove su campioni di barriera in campo aperto ed in condizioni normalizzate.

Le prove sono a carico del costruttore/fornitore che deve certificare l'efficacia acustica del manufatto facendo eseguire presso un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente) una serie di test che rispondano ai requisiti di accettazione fonici. I relativi certificati debbono essere accompagnati da una dichiarazione del Laboratorio che attesti che nell'ambito delle norme e prescrizioni relative siano state rispettate le metodologie standard di esecuzione.

---

---

**5.4.1 PROVE DI LABORATORIO IN CAMERA RIVERBERANTE**

L'indice I di isolamento acustico deve essere superiore o uguale a 24 dB. Il suo valore sarà determinato secondo la norma dalla UNI EN ISO 140-3:2006 e la UNI EN ISO 717-1:2013 e successivi aggiornamenti.

Le proprietà fonoassorbenti dei materiali saranno valutate mediante la determinazione del coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha$  secondo la norma UNI EN ISO 354:2003.

I pannelli aventi la capacità di assorbire l'energia acustica incidente sono classificati in due categorie, da scegliersi in base alle condizioni di impiego:

- TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente;
- TIPO II: a medio potere fonoassorbente.

Essi devono garantire, alle varie frequenze centrali di banda d'ottava, i seguenti valori minimi del coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha$ , in riferimento alla norma UNI EN ISO 354:2003 e successivi aggiornamenti:

- TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente $\alpha$
125	0.40
250	0.70
500	0.80
1000	0.80
2000	0.80
4000	0.75

- TIPO II: a medio potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente $\alpha$
125	0.35
250	0.40
500	0.50
1000	0.60
2000	0.55
4000	0.50

La Norma UNI EN ISO 354:2003 se da una parte prevede che le misure siano effettuate in 1/3 di ottava, dall'altra fornisce, invece, le tabelle di confronto con dati in ottave: è chiaro che per il raffronto bisognerà mediare i tre valori dei tre terzi per ottenere il corrispondente valore in ottava.

Nel caso di elementi biassorbenti i campioni saranno provati separatamente sulle due facce.

**5.4.2 PROVA DI ATTENUAZIONE IN CAMPO LIBERO SU BARRIERA NORMALIZZATA (MISURA DI "INSERTION LOSS")**

Al fine di valutare il comportamento della barriera dal punto di vista acustico dovrà essere eseguita una prova di attenuazione in campo libero in una configurazione standard con sorgente puntiforme, rispettando la metodologia indicata in seguito.

La prova va eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione del Committente potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

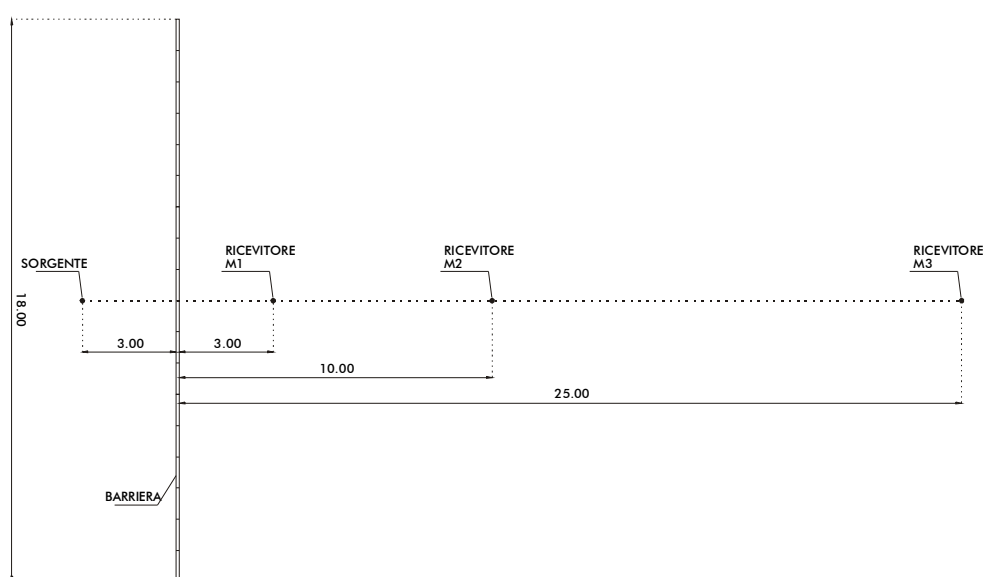
La velocità del vento nella zona di prova deve essere inferiore a 5 m·s<sup>-1</sup>.

La barriera utilizzata per le prove, realizzata con i pannelli inseriti negli appositi montanti ed ogni altro elemento costitutivo disposto come previsto per i normali impieghi, deve avere un'altezza di 3 m ed una lunghezza di 18 m.

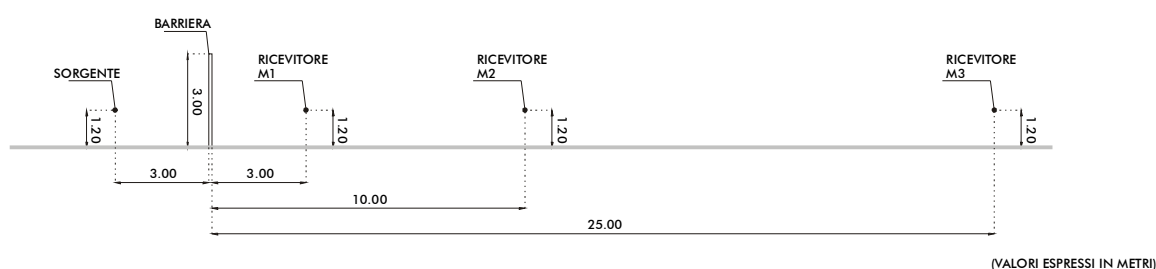
I pannelli della fila inferiore devono essere posati su un letto di sabbia o sul terreno vegetale livellato al fine di assicurare la necessaria ermeticità acustica nella zona di appoggio.

Le misure vanno eseguite in corrispondenza del montante centrale utilizzando una sorgente campione di rumore bianco e rosa e un ricevitore posti nelle posizioni indicate in Fig. 3.

#### PLANIMETRIA SCHEMATICA



#### SEZIONE SCHEMATICA



(VALORI ESPRESSI IN METRI)

Figura 3: schema della prova in campo libero

Le misure devono essere condotte in banda d'ottava nel campo  $125 \div 4000$  Hz con un fonometro integratore con tempo di integrazione di almeno 10 s per ogni banda di ottava, ovvero un analizzatore in tempo reale con tempo di integrazione di almeno 30 s. E' inoltre richiesta la misura globale utilizzando il filtro di ponderazione A con tempo di integrazione di almeno 10 s.

La sorgente di rumore sarà costituita da un altoparlante con diametro inferiore o uguale a 15 cm. Le caratteristiche di direzionalità della sorgente sonora dovranno essere misurate in loco e riportate nel certificato di prova.

Le misurazioni effettuate nella prova, sia per quanto riguarda il livello totale che i livelli per le singole bande di frequenza, saranno ritenute valide solo se il livello misurato è superiore di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato nello stesso punto.

L'attenuazione sonora in campo libero è calcolata, per ognuna delle bande d'ottava e per il valore globale ponderato A, con la formula:

$$\Delta L = L_{p0} - L_p$$

dove:

$L_{p0}$  = livello di pressione sonora nella posizione di misura in assenza di barriera;

$L_p$  = livello di pressione sonora nella posizione di misura in presenza di barriera.

L'attenuazione della barriera in corrispondenza dei punti di misura dovrà essere di almeno: 22 dB(A) a 3 m, 18 dB(A) a 10 m e di 16 dB (A) a 25 m, sia per il rumore bianco sia per quello rosa. Per tali valori di attenuazione è ammessa una tolleranza massima di 4 dB(A).

Ai fini della misura le letture saranno valide solo se superiori di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato in quel punto per ciascuna banda di frequenza. Inoltre, durante le misurazioni, dovrà essere garantita l'assenza di altre fonti di rumore significative che potrebbero incidere sul rumore di fondo stesso.

Nel caso in cui la sorgente sonora sia costituita da più altoparlanti, essi dovranno avere il loro asse alla stessa altezza e il diametro dell'altoparlante maggiore non dovrà essere superiore a 0.15 m. Le curve di direttività degli altoparlanti alle varie frequenze dovranno essere misurate in loco e riportate nel verbale di misura. La sorgente dovrà essere il più possibile omnidirezionale o avere almeno una simmetria rotazionale intorno al proprio asse orizzontale rivolto verso la barriera.

Tutta la strumentazione dovrà rispondere alle caratteristiche previste dalla IEC 804 per i fonometri integratori. I filtri di banda d'ottava dovranno essere in accordo con la IEC 225. Il microfono di misura dovrà avere il diametro non maggiore di ½ pollice ed essere del tipo per campo libero.

Il valore dell'attenuazione sonora dovrà essere presentato in forma tabellare e grafica, rappresentando l'andamento del livello sonoro in funzione della frequenza.

## 5 . 5 SPECIFICHE DI MESSA IN OPERA

L'opera dovrà essere realizzata utilizzando esclusivamente materiali che abbiano superato il processo di accettazione indicato in precedenza. Tale rispondenza, così come il corretto assemblaggio dei singoli componenti della struttura, sarà verificata durante la fase di messa in opera a cura della Direzione Lavori.

La costruzione della barriera deve risultare acusticamente ermetica, in particolare in corrispondenza dei giunti di dilatazione, delle uscite di sicurezza, dei raccordi di manufatti, ecc.

Questa proprietà deve essere assicurata mediante un corretto montaggio degli elementi e un corretto infilaggio del terreno, nonché mediante l'impianto di adeguate essenze vegetali rampicanti e/o cespugli.

L'esecuzione delle opere dovrà rispettare i vincoli indicati sui disegni tipologici allegati.

## 5 . 6 ELEMENTI ANTIDIFFRATTIVI: CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ED ACUSTICHE

L'efficacia in sito di uno schermo acustico è, in gran parte, limitata dal fenomeno della diffrazione sullo spigolo superiore: per ridurre questo fenomeno è possibile installare sulla sommità di barriere antifoniche o su manufatti esistenti degli appositi dispositivi antidiffrittivi.

Tali dispositivi consentono, grazie alle loro caratteristiche di fonoassorbenza, di ridurre l'altezza di una qualsiasi barriera con benefici economici e di impatto ambientale.

### 5 . 6 . 1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Gli apparecchi antidiffrittivi sono normalmente realizzati in elementi lineari con le seguenti caratteristiche:

- Elemento esterno: è costituito da componenti in lamiera di acciaio zincato o di alluminio opportunamente sagomati e forati.

- Elemento interno fonoisolante: è costituito un elemento tubolare in acciaio zincato di adeguato spessore.
- Materiale fonoassorbente: interposto tra i due elementi interno ed esterno, è costituito da lana minerale.
- Coprigiunti ed elementi terminali: consentono la giunzione e la chiusura dei dispositivi antidiffrattivi.
- Strutture di sostegno: consentono il fissaggio dei dispositivi antidiffrattivi alle barriere o ad altri manufatti.

I componenti in acciaio zincato e in alluminio, così come i materiali fonoassorbenti devono essere conformi a quanto richiesto per le parti omologhe dei pannelli fonoassorbenti metallici (si vedano i paragrafi ..e..) per quanto riguarda caratteristiche meccaniche, di durezza, di protezione dalla corrosione, ecc.

#### 5 . 6 . 2 CARATTERISTICHE ACUSTICHE

L'importanza del fenomeno della diffrazione dipende dalla localizzazione della sorgente acustica e del punto di misura rispetto allo schermo acustico.

Quindi, contrariamente alla trasmissione e all'assorbimento, la diffrazione non è una caratteristica intrinseca: così le distanze relative sorgente–schermo e schermo–punto di misura, hanno una notevole importanza nei confronti della prestazione del sistema antidiffrattivo provato.

Peraltro è molto importante essere in grado di caratterizzare questo fenomeno in condizioni di riferimento al fine di consentire da una parte la qualificazione in fabbrica e dall'altra il confronto dei prodotti in condizioni simili.

Come è stato detto la diffrazione non è una caratteristica intrinseca del materiale, perciò è necessario analizzare il contesto in cui la barriera sarà messa in opera: inserita come rialzo della barriera (ed esempio su una barriera esistente), mantenendo fissa l'altezza massima oppure ancora dimensionando la barriera di efficacia equivalente nel caso di nuove barriere.

Le tre tipologie di analisi sono mostrate nello schema:

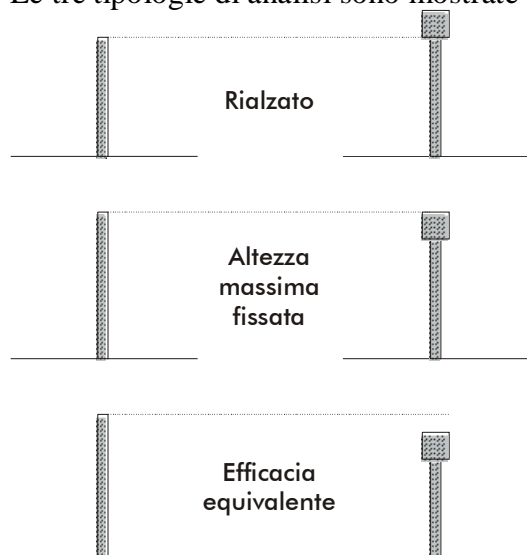


Figura 4 tipologie di analisi sugli elementi antidiffrattivi

#### 5 . 6 . 3 METODOLOGIA DI PROVA

La metodologia di prova descritta segue la prima tipologia di analisi.

La prova consiste nell'adottare il metodo impulsivo (largamente sperimentato in Francia), al fine di determinare il parametro IL (*Insertion Loss*, perdita di energia in diffrazione):

$$IL_{AD} = IL_1 - IL_2$$

dove:

$IL_1$  = attenuazione della barriera con l'aggiunta dell'elemento antidiffrattivo

$IL_2$  = attenuazione ottenuta dalla sola barriera

$IL_1$  e  $IL_2$  sono ottenuti dalla formula:

$$IL = 20 \cdot \log\left(\frac{P_d}{P_i}\right) - 20 \cdot \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

dove:

$P_d$  = pressione acustiche diffratta dallo spigolo superiore

$P_i$  = pressione acustica incidente

$d_1$ ,  $d_2$  = distanze sorgente-microfono secondo il seguente schema:

$$d_2 = d_{2,1} + d_{2,2}$$

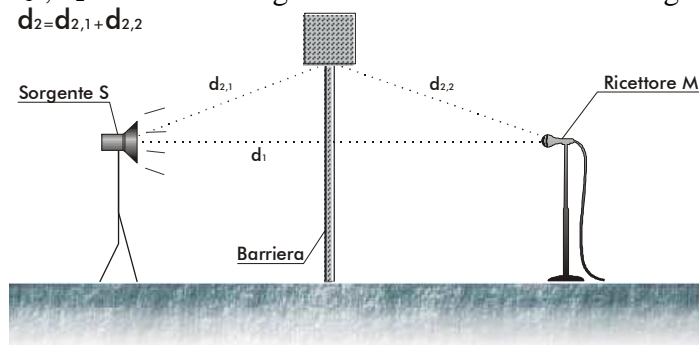


Figura 5: schema per il calcolo dei valori di IL

Il parametro  $IL$  è di solito positivo: ciò vuol dire che l'inserimento del dispositivo antidiffrattivo permette normalmente di ottenere una diminuzione di livello sonoro al di là dello schermo; può essere negativo in alcuni casi marginali.

La sorgente sonora è costituita da un generatore di rumore rosa in un campo di frequenza compreso fra 100 e 5000 Hz.

L'efficacia in diffrazione dipende fortemente dalla frequenza, come la trasmissione (debole alle basse frequenze e forte alle alte frequenze), e anche dall'altezza del microfono rispetto allo schermo.

#### 5 . 6 . 4 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA

La prova 4 consiste nel mettere in opera uno o più pannelli preferibilmente in calcestruzzo in modo da formare una barriera lunga 8 m, come indicato sullo schema in Fig. 6.

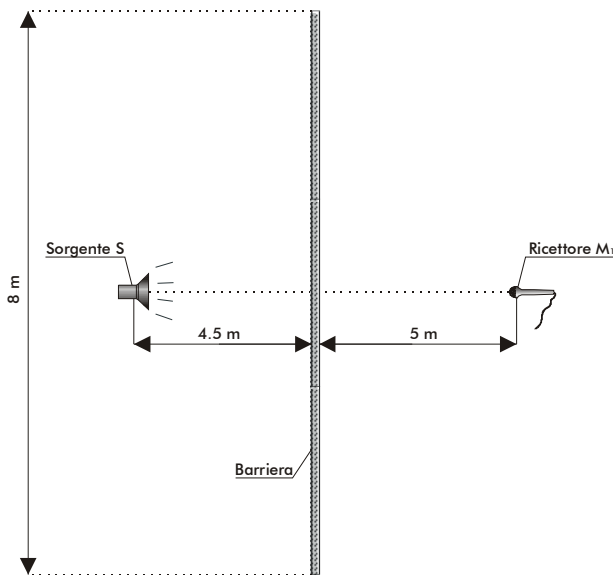
Lo spazio davanti e dietro dovrà essere libero per permettere il posizionamento dei microfoni.

La prova va eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione del Committente potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

L'altezza della barriera deve essere di 3 m al fine di conservare la coerenza con le misure di trasmissione e di assorbimento.

E necessario ripetere l'esperimento per almeno 5 altezze dei microfoni in modo da avere una caratterizzazione completa dell'irraggiamento acustico

## PLANIMETRIA SCHEMATICA



## SEZIONE SCHEMATICA

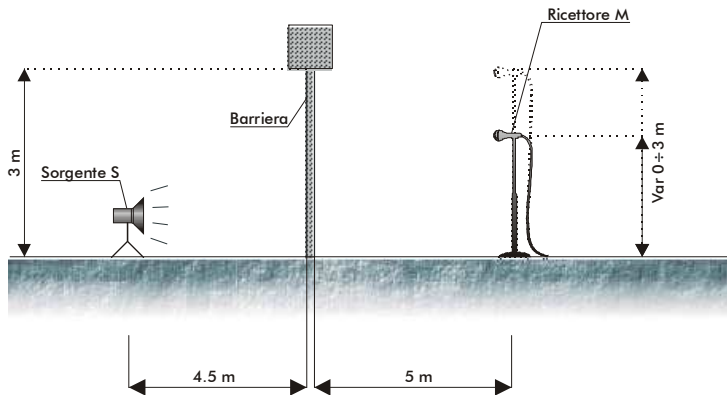


Figura 6: schema della prova su elementi antidiffrattivi

## 6 ALTRI TIPI DI SCHEMI ACUSTICI

### 6.1 RIMODELLAMENTI MORFOLOGICI

I rimodellamenti morfologici utilizzati come barriere al rumore emesso dall'infrastruttura stradale possono essere realizzati per mezzo di:

- terrapieni a pendenza naturale;
- strutture in terra rinforzata o geosacchi.

Le barriere di questo tipo sono chiamate anche naturali perché in esse l'elemento naturale (terra, vegetazione, humus) assolve sia al ruolo funzionale che alla funzione estetica.

**6 . 1 . 1 TERRAPIENI A PENDENZA NATURALE**

I terreni a pendenza naturale integrati da vegetazione presentano ottime prestazioni acustiche e di inserimento paesaggistico, ma hanno lo svantaggio di una notevole occupazione planimetrica e di richiedere una grande quantità di materiale: per queste ragioni è una tecnologia conveniente solo se viene prevista fin dalle prime fasi di progettazione dell'infrastruttura.

Il terrapieno deve essere progettato secondo calcoli di stabilità sviluppati sulla base delle caratteristiche geotecniche del terreno da utilizzare per il rilevato e dovrà essere realizzato secondo la conseguente configurazione;

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione di scavi e sbancamenti, di preparazione o sagomatura dei pendii, nonché la eventuale predisposizione di elementi drenanti alla base, il reperimento del materiale costituente il rilevato, il ciclo di idrosemina ed ogni altra categoria accessoria di lavoro si rimanda alle prescrizioni della sezione "opere in verde" del presente Capitolato.

Il terreno di riempimento può provenire sia da scavi precedentemente eseguiti, sia da cave di prestito, e dovrà appartenere ai gruppi A1-a, A3, A2-4 e A2-5 della classificazione UNI EN 13242:2013, UNI EN 13285:2018, UNI EN ISO 14688-1:2018 con esclusione di pezzature superiori a 25 cm. I gruppi A2-6 A2-7 potranno essere impiegati purché l'indice plastico  $I_p$  sia inferiore a 30; per i materiali con passante al setaccio n. 200 (0.0074 mm) maggiore del 35% è necessario che il passante ai 20 micron (0.020 mm) sia inferiore al 40% e l'indice plastico  $I_p < 30$ .

Qualora siano richiesti particolari capacità drenanti al manufatto, il materiale dovrà appartenere alla classi A1, A3.

In ogni caso saranno esclusi i materiali che, presentino angoli di resistenza al taglio minori di quelli previsti in progetto e comunque inferiori a  $25^\circ$ ; il peso di volume del terreno di riempimento dovrà essere superiore a  $1.7 \text{ t/m}^3$ .

**6 . 1 . 2 STRUTTURE IN TERRA RINFORZATA**

Il rimodellamento morfologico consiste nella realizzazione di rilevato o terrapieno a scarpata stabilizzata, con paramento esterno rinverdito, armato mediante manufatti a struttura regolare detti "geogriglie", costituiti da polietilene ad alta densità o polipropilene stabilizzato od altri polimeri, aventi elevata resistenza meccanica, chimica e fisica e stabilizzati all'azione di raggi U.V., con inclinazione fino a  $90^\circ$  rispetto al piano orizzontale.

Il terrapieno deve essere progettato secondo calcoli di stabilità sviluppati sulla base delle caratteristiche geotecniche del terreno da utilizzare per il rilevato e dovrà essere realizzato secondo la conseguente configurazione. La tipologia e le caratteristiche meccaniche delle georeti nonché il loro posizionamento dovranno essere conformi alle risultanze dei calcoli sviluppati.

La realizzazione avverrà mediante formazione di strati successivi con sequenze ripetitive di posa della geogriglia, stesa e compattamento del materiale a strati sovrapposti ognuno di altezza non superiore a 25 cm.

Le geogriglie da impiegarsi dovranno avere una struttura regolare formata dalla stiratura mono-biassiale di un foglio continuo ed avere aperture, geometria, costole e giunzioni nelle sezioni di incrocio tali da permettere un significativo collegamento meccanico con il materiale da rinforzare. Dovranno inoltre avere una elevata rigidità a flessione ed un elevato modulo elastico in relazione al materiale da rinforzare, ed una elevata continuità della resistenza elastica lungo tutte le costole e giunzioni della struttura.

Le geogriglie dovranno essere resistenti al degrado dovuto ai raggi ultravioletti, ai danneggiamenti durante una normale posa in opera, ed a tutte le forme di degrado chimico o biologico normalmente incontrate nel materiale che deve essere consolidato. Il livello di sollecitazione e le caratteristiche delle geogriglie dovranno essere certificate per una vita di oltre 120 anni.



Per le modalità di esecuzione di scavi e sbancamenti, di preparazione o sagomatura dei pendii, nonché per la eventuale predisposizione di elementi drenanti alla base si rimanda alle disposizioni della sezione “Movimenti di Terra” del presente Capitolato.

Il terreno di riempimento può provenire sia da scavi precedentemente eseguiti, sia da cave di prestito, e dovrà appartenere ai gruppi A1-a, A3, A2-4 e A2-5 della classificazione UNI EN 13242, UNI EN 13285, UNI EN ISO 14688-1 con esclusione di pezzature superiori a 25 cm. I gruppi A2-6 A2-7 potranno essere impiegati purché l'indice plastico  $I_p$  sia inferiore a 30; per i materiali con passante al setaccio n. 200 (0.0074 mm) maggiore del 35% è necessario che il passante ai 20 micron (0.020 mm) sia inferiore al 40% e l'indice plastico  $I_p < 30$ . Qualora siano richiesti particolari capacità drenanti al manufatto, il materiale dovrà appartenere alla classi A1, A3.

In ogni caso saranno esclusi i materiali che, presentino angoli di resistenza al taglio minori di quelli previsti in progetto e comunque inferiori a  $25^\circ$ ; il peso di volume del terreno di riempimento dovrà essere superiore a  $1.7 \text{ t/m}^3$ .

Una variante di questo sistema consiste nell'utilizzo dei “geosacchi”: si procede alla realizzazione di una parete con sacchi sovrapposti di tessuto non tessuto riempiti di miscela di terreno vegetale e concimi. Il lato della parete rivolto verso l'infrastruttura potrà essere quasi verticale mentre l'altro lato formerà con il piano d'appoggio un angolo acuto.

Le superfici esterne delle pareti saranno adeguatamente trattate al fine di ottenere un rivestimento vegetante in un periodo massimo di 180 giorni.

Le modalità costruttive e la conformazione del terrapieno consentono di considerare questo tipo di barriera come una struttura monolitica appoggiata al suolo, quindi dovranno essere verificate le consuete condizioni di stabilità al ribaltamento, allo scivolamento e allo schiacciamento. La scarpata o il rilevato stradale dovranno essere predisposti alla posa dei geosacchi mediante livellamento e/o gradonatura. Alla base del piano di posa potranno essere realizzati drenaggi longitudinali per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche per impedire il ruscellamento della scarpata.

Il sacco contiene terriccio di alta qualità con l'aggiunta di semi di varie essenze, oligoelementi ed attivanti della flora batterica. L'involucro è costituito da tessuto non tessuto imputrescibile, cucito a forma di sacco e con numerosi tagli per consentire una migliore germinazione e la fuoriuscita delle plantule. Le dimensioni e il peso di ciascun geosacco devono consentire una facile lavorabilità al fine di un'agevole costruzione della barriera.

## 6 . 2 BARRIERE VEGETALI (FASCE BOScate)

Le barriere vegetali sono schermature costituite da vegetazione specializzata per tipo di essenza e sesto di impianto, le quali, pur in misura modesta, consentono di deviare, assorbire, riflettere e rifrangere il rumore.

Esse sono costituite da uno o più filari di arbusti e/o alberi, preferibilmente della famiglia dei sempreverdi, impiantati ad una distanza tale da consentire una regolare crescita delle stesse.

Per la scelta della tipologia di piante e la modalità di esecuzione e manutenzione si rimanda alle disposizioni riportate nella sezione opere a verde.

## 7 ALTRI TIPI DI INTERVENTO

### 7.1 INTERVENTI PER RIDURRE IL RUMORE EMESSO DAL TRAFFICO

#### 7.1.1 PAVIMENTAZIONI ANTIRUMORE

Le pavimentazioni antirumore sono classificate secondo le seguenti tipologie:

- microtappeti realizzati con conglomerati bituminosi aventi granulometria fine o molto fine ed inerti porosi, oppure tramite trattamenti superficiali a base di resina epossidica;
- rivestimenti con conglomerati bituminosi drenanti, di spessore sottile (da 3 a 8 cm) e porosità variabile costituiti da una miscela di pietrischetti frantumati, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con bitume modificato;
- rivestimenti con conglomerati bituminosi drenanti o conglomerati di calcestruzzo poroso, di spessore medio-alto (da 15 a 50 cm) e porosità crescente dal basso verso l'alto;
- pavimentazioni eufoniche costituite da uno strato di conglomerato bituminoso drenante di spessore 4÷6 cm posto al di sopra di una piastra continua in conglomerato di cemento armato comprendente elementi idonei a migliorare l'assorbimento alle basse frequenze.

Le caratteristiche di assorbimento acustico delle pavimentazioni ad effetto antirumore potranno essere verificate con i seguenti metodi:

- in laboratorio applicando il metodo ad onde stazionarie (attrezzatura denominata "tubo di Kundt") in condizioni di incidenza normale su carote di 10 cm di diametro, prelevate in situ dopo il 15° giorno dalla stesa del conglomerato
- in situ applicando il metodo dell'impulso riflesso (Norme ISO 11819-1 e 2, ISO 13472-1 e 2 per misure in situ) con una incidenza radente di 30°.

#### 7.1.2 GIUNTI SILENZIOSI

Si definiscono giunti silenziosi i giunti che generano incrementi del livello sonoro equivalente, rispetto ai tratti adiacenti, inferiori ai seguenti valori:

Giunti a piccola escursione (< 50 mm)	
Tipo di veicolo	dB(A)
Leggero	1,5
Pesante	2,0

Giunti a grande escursione (> 50 mm)	
Tipo di veicolo	dB(A)
Leggero	2,5
Pesante	3,0

### 7.2 RIVESTIMENTI FONOASSORBENTI IN GALLERIA

L'intervento consiste nella posa di pannelli prefabbricati in calcestruzzo con spessore di 10 ÷ 20 cm. Nella parte superiore i pannelli saranno opportunamente sagomati in modo da poter ottenere l'alloggiamento per il corpo illuminante ed una piccola plancia per l'appoggio dei cavi di alimentazione delle lampade stesse e di tutte le apparecchiature elettriche necessarie.

La superficie in vista del pannello dovrà essere finita a calcestruzzo canettato colore naturale, risultante dal getto su matrice in gomma.

L'appoggio del pannello sarà costituito da un cordolo guida in calcestruzzo prefabbricato, da posarsi su letto di compensazione in malta di cemento ed ancorato alla sottostante struttura della sede viaria o del marciapiede mediante la posa di spinotti in acciaio, inghisati con malta antiritiro.

Gli ancoraggi alla parete strutturale della galleria saranno ottenuti con accessori metallici in acciaio inox posti nella parte superiore, costituiti da profili, staffe, barre tirafondo, dadi, rondelle antisvitamento, ecc. in parte gettati nel prefabbricato ed in parte ancorati alle strutture della galleria mediante uso di malte antiritiro e di resine epossidiche.

### **7 . 3 INTERVENTI SPECIALI**

#### **7 . 3 . 1 SCHERMI TOTALI CON GRIGLIATI ACUSTICI**

Si definiscono schermi totali le coperture a cielo aperto con griglia a deflettori (baffles), in grado di garantire riduzioni di rumore anche ai piani alti degli edifici consentendo al tempo stesso una buona illuminazione ed areazione dell'infrastruttura. Lo schermo è costituito da una struttura di supporto principale alla quale sono fissati i pannelli deflettori.

#### **7 . 3 . 2 PROVVEDIMENTI ECCEZIONALI SUI LOCALI RICEVITORI**

Qualora non si raggiungano i limiti prefissati con l'adozione di tutti i possibili interventi di cui sopra, potranno essere eccezionalmente adottati provvedimenti di protezione acustica nei singoli locali all'interno delle abitazioni, ricorrendo per esempio a finestre antirumore autoventilate, ad intonaci, cavità o oggetti fonoassorbenti ecc. Tali provvedimenti dovranno essere giustificati e motivati con apposita relazione tecnica in cui risulti comprovata da calcoli e riscontri la compatibilità con normative potenzialmente antagoniste, tra le quali in particolare la legge 46/90 e s.m.i., la legge 10/91 e s.m.i., il D.P.R. 412/93, le norme UNI-CTI 10339/95 e loro successivi aggiornamenti ed estensioni.

---

---

## **8 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E VINCOLI GEOMETRICI DI ESERCIZIO**

### **8 . 1 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLE BARRIERE ARTIFICIALI**

#### **8 . 1 . 1 GEOMETRIA DELLE BARRIERE**

La geometria degli schermi acustici sarà indicata negli elaborati grafici di progetto, redatti secondo gli schemi tipologici allegati, che dovranno essere sottoposti all'approvazione del Committente.

In caso di montaggio scalettato, la distanza da terra del bordo superiore dei pannelli deve essere ovunque non inferiore a quella ottimale prevista per l'attenuazione richiesta.

Le barriere saranno poste ad una distanza dal ciglio stradale così come indicato nei disegni tipologici e tale da consentire un agevole uso delle infrastrutture stradali e da ottimizzare l'abbattimento di energia sonora.

#### **8 . 1 . 2 PARTICOLARITÀ COSTRUTTIVE DELLE BARRIERE**

I materiali costituenti le barriere devono essere forniti nei colori che saranno indicati dal progettista. Fra i montanti e i pannelli e tra pannello e pannello devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche da descrivere negli elaborati di progetto mentre tra pannelli e fondazioni in calcestruzzo devono essere previsti elementi sigillanti.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare per i pannelli composti l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli e non ristagnare sia fra pannello e pannello sia tra pannello inferiore della parete e superficie di appoggio.

Le soluzioni costruttive devono consentire la rimozione senza che occorra la demolizione della relativa fondazione. I getti di bloccaggio dovranno essere effettuati con idonee malte cementizie di tipo reoplastico.

Il materiale fonoassorbente deve essere assicurato in modo tale da evitarne spostamenti e piegature e deve essere protetto in modo che non possa impregnarsi d'acqua e non possa essere facilmente danneggiato.

Dovranno essere previsti dei dispositivi atti a impedire l'asportazione dei pannelli.

---

---

### **8 . 1 . 3 BARRIERE SUI PONTI E VIADOTTI**

Nella zona di giunto dei ponti e viadotti dovrà essere prevista una doppia parete su due lati degli elementi affiancati ravvicinati il più possibile, ma sempre in modo da permettere le libere dilatazioni dell'opera d'arte. Le due pareti dovranno avere una sovrapposizione pari all'escursione massima del giunto maggiorata di almeno 50 cm e dovranno essere vincolate alle strutture in modo che non sia impedito il movimento di dilatazione del ponte o del viadotto.

Nel caso di insonorizzazione di ponti metallici la struttura portante dei pannelli dovrà preferibilmente essere distinta da quella delle travate metalliche e intorno ad esse e ai relativi apparecchi d'appoggio dovrà essere lasciato spazio sufficiente per l'effettuazione delle ispezioni e degli interventi di manutenzione.

Si dovrà inoltre tenere conto delle deformazioni delle travate metalliche sia per effetto dei sovraccarichi che delle dilatazioni termiche.

Per dilatazioni inferiori a 5 cm, si disporrà un giunto in neoprene tra i due montanti della barriera o un idoneo sistema atto a consentire la libera dilatazione del manufatto.

I vincoli obbligatori quali: interasse dei montanti, tipologia di fondazione, pannelli e parti speciali, saranno indicati sui disegni tipologici.

### **8 . 1 . 4 PROTEZIONE ELETTRICA**

I montanti metallici vanno ancorati al basamento di calcestruzzo proteggendone la parte immersa e, per almeno 10 cm, anche la parte che fuoriesce dal basamento mediante un opportuno mezzo isolante in modo da ostacolare il passaggio di correnti vaganti tra terra e barriera.

I singoli pannelli ed i montanti metallici devono essere collegati attraverso un cavo in rame di opportune dimensioni che corre lungo tutta la barriera.

Per le modalità di messa a terra e per il dimensionamento del suddetto cavo si dovrà fare riferimento alla Norma CEI 9.6 vigente.

Se la barriera viene posta in opera su un viadotto in c.a. la continuità metallica sia della barriera che del cavo in rame deve essere interrotta in corrispondenza dei giunti di dilatazione delle travate del viadotto ed il cavo dovrà essere collegato elettricamente all'armatura metallica del cemento armato in un solo punto per ogni travata.

### **8 . 1 . 5 CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO**

Tutte le barriere devono garantire il seguente grado di resistenza al fuoco secondo la circolare n° 91 del Ministero dell'Interno e il D.M. 30/11/83:

Esigenza minima: classe REI 30.

## **8 . 2 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI BIOMURI**

### **8 . 2 . 1 ESECUZIONE E PREPARAZIONE DEL PIANO DI FONDAZIONE**

Il piano di fondazione sarà di norma realizzato in conglomerato cementizio avente  $R'_{ck} > 15 \text{ N/mm}^2$  e dovrà essere livellato per un più agevole posizionamento delle basi di appoggio degli elementi modulari.

Per realizzare in elevazione il muro cellulare inizialmente occorrerà mettere in opera perfettamente in piano le basi di appoggio, quindi si procederà al montaggio sistematico degli elementi modulari incastrandoli tra loro sia longitudinalmente, sia trasversalmente, sfruttando gli appositi alloggiamenti presenti sugli elementi stessi, si otterrà così la caratteristica forma reticolare.

### **8 . 2 . 2 STESA DEI MATERIALI DI RIEMPIMENTO**

Una volta eseguita la struttura in elevazione occorrerà procedere al riempimento del reticolo così montato, stendendo il materiale di riempimento parallelamente al paramento esterno ed a strati di

---

---

spessore costante in modo da agevolare la successiva compattazione qualora il riempimento della struttura reticolo venga eseguito con materiale terroso reperibile in loco.

Lo spessore della strato, alla stato sciolto, sarà stabilito di volta in volta dalla D.L. o da quanto riportato nei disegni di progetto, in ragione delle caratteristiche dei materiali e delle modalità di compattazione.

Per tale operazione dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L. il tipo, le caratteristiche ed il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza). Per il modesto sviluppo planimetrico dei manufatti e per l'esiguità degli spazi disponibili si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano.

Ogni strato verrà messo in opera con un grado di Compattazione pari al 90% del valore fornito dalla prova Proctor modificato (ASTM D1557).

Qualora si dovessero manifestare lesioni sugli elementi imputabili a cattiva esecuzione e/o difetto del materiale stesso, l'Impresa fornitrice dovrà provvedere alla sostituzione o al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite di volta in volta dalla D.L..

---

---

## 9 MANUTENZIONE

Le scelte costruttive devono consentire di minimizzare gli interventi di manutenzione.

E' inoltre richiesto di fornire una relazione sulle norme di manutenzione a cui l'opera dovrà essere assoggettata per un periodo di almeno 10 anni. Nel corso del primo anno di esercizio non deve essere necessario alcun lavoro manutenzione se non dovuto a cause accidentali.

Il ciclo di manutenzione previsto, così come l'eventuale sostituzione di pannelli danneggiati da incidenti o atti vandalici, devono poter essere effettuati con mezzi semplici senza pregiudicare la statica della struttura, il traffico stradale e senza causare danni a persone o cose.

Una relazione dovrà esporre in forma chiara e schematica le operazioni di manutenzione previste nonché le operazioni occorrenti per la sostituzione facile e rapida dei pannelli o di altri componenti della barriera.

L'Impresa potrà essere chiamata a fornire materiali di riserva per sostituire elementi danneggiati anche dopo il collaudo dei lavori eseguiti; pertanto l'Impresa stessa si impegna a fornire, per un congruo numero di anni, elementi del tutto uguali a quelli messi in opera.

---

---

## SEZ. 20 "SEGNALETICA ORIZZONTALE, VERTICALE E COMPLEMENTARE"

### 1 GENERALITÀ

La segnaletica da utilizzare deve soddisfare precise richieste comportamentali e prestazionali in funzione della sua collocazione.

Le attrezzature ed i mezzi di proprietà delle ditte devono possedere idonee caratteristiche e requisiti in linea con le più recenti tecnologie e con ogni norma legislativa e regolamentare avente comunque attinenza.

I mezzi devono inoltre essere tutti omologati dalla Motorizzazione Civile secondo le vigenti Norme del Nuovo Codice della Strada.

Al fine di soddisfare gli adempimenti al D.M. 30/12/1997, inerenti il sistema di garanzia della qualità per le imprese autorizzate alla costruzione di segnaletica stradale verticale:

1. Le imprese costruttrici di segnaletica stradale verticale devono essere in possesso dei requisiti previsti dall'art.45, comma 8, del decreto legislativo 30 aprile 1992 n.285; devono inoltre adottare un sistema di garanzia della qualità rispondente ai criteri ed alle prescrizioni contenute nelle norme europee internazionali UNI EN 9001/2, e deve essere certificato da un organismo accreditato ai sensi delle norme della serie UNI EN 45000.

2. Le imprese di cui sopra devono altresì possedere la certificazione di conformità dei segnali finiti ai sensi delle circolari n.3652 del 17.06.98 e n.1344 del 11.03.99 e successive modifiche.

3. L'Ispettorato generale per la circolazione e la sicurezza stradale, avvalendosi, quando ritenuto necessario, del parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, può prescrivere alle imprese interessate adeguamenti o modifiche al sistema di garanzia della qualità adottato anche per uniformare i comportamenti dei vari costruttori di segnali.

L'Impresa dovrà provvedere, senza alcun compenso speciale, ad allestire tutte le opere di difesa, mediante sbarramenti o segnalazioni in corrispondenza dei lavori, di interruzioni o di ingombri sia in sede stradale che fuori, da attuarsi con cavalletti, fanali, nonché con i segnali prescritti dal Nuovo Codice della Strada approvato con D.L. 30.4.1992 n. 285 e dal relativo Regolamento di esecuzione ed attuazione, approvato con D.P.R. 16.12.1992 n.495, dal D.P.R. n.610 del 16.09.96 e dalla circolare del Ministro LL.PP. n.2900 del 20.11.1993.

Dovrà pure provvedere ai ripari ed alle armature degli scavi, ed in genere a tutte le opere provvisorie necessarie alla sicurezza degli addetti ai lavori e dei terzi.

In particolare l'Impresa, nell'esecuzione dei lavori, dovrà attenersi a quanto previsto dalla Circolare n.2357 emanata il 16-5-1996 dal Ministero dei LL.PP. (Pubblicata nella G.U. n.125 del 30-5-1996) in materia di fornitura e posa in opera di beni inerenti la sicurezza della circolazione stradale.

Tali provvedimenti devono essere presi sempre a cura ed iniziativa dell'Impresa, ritenendosi impliciti negli ordini di esecuzione dei singoli lavori.

Quando le opere di difesa fossero tali da turbare il regolare svolgimento della viabilità, prima di iniziare i lavori stessi, dovranno essere presi gli opportuni accordi in merito con la Direzione dei Lavori; nei casi di urgenza però, l'Impresa ha espresso obbligo di prendere ogni misura, anche di carattere eccezionale, per salvaguardare la sicurezza pubblica, avvertendo immediatamente di ciò la Direzione dei Lavori.

L'Impresa non avrà mai diritto a compensi addizionali ai prezzi di contratto qualunque siano le condizioni effettive nelle quali debbano eseguirsi i lavori, ne' potrà valere titolo di compenso ed

---

---

indennizzo per non concessa limitazione o sospensione del traffico di una strada o tratto di strada, restando riservata alla Direzione dei Lavori la facolta' di apprezzamento di tale necessita'.

---

---

## **2 RESPONSABILITÀ DELL'APPALTATORE**

Sara' obbligo dell'Appaltatore di adottare nella esecuzione dei lavori tutti i provvedimenti e le cautele necessari per garantire la vita degli operai, delle persone addette ai lavori stessi e dei terzi, nonche' per evitare danni a beni pubblici e privati.

L'impresa e' obbligata agli adempimenti previsti dal Decreto Legislativo n.81 del 09-04-2008 e successive modifiche in attuazione alle direttive CEE 89/391 del 12/6/1989 e 92/57 del 24/6/1992 concernenti le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.

I lavori di cui al presente appalto dovranno essere condotti in conformita' delle disposizioni contenute in "piano di sicurezza e coordinamento" di progetto, che forma parte integrante del contratto di appalto, ai sensi e per gli effetti del D. Lgs.vo 494/96.

L'impresa appaltatrice DICHIARA di avere approfondita conoscenza e motivata convinzione della buona formulazione del piano di sicurezza.

L'impresa dovra' nominare un proprio RESPONSABILE TECNICO ABILITATO PER LA SICUREZZA, che puo' coincidere con il direttore di Cantiere, per recepire ed attuare tutte le disposizioni normative in materia derivanti dal piano di sicurezza e quelle IMPARTITE DAL COORDINATORE PER L'ESECUZIONE.

Il Responsabile della sicurezza dell'impresa dovra' ammettere in cantiere esclusivamente i lavoratori ed i visitatori che si attengono alle prescrizioni impartite.

Viene esplicitamente convenuto che il coordinatore per l'Esecuzione dei lavori potra' richiedere il "piano particolare di sicurezza" per le lavorazioni ritenute di particolare rischio; la redazione di tale piano resta, per patto espresso, a carico dell'impresa Appaltatrice.

In caso di inottemperanza a qualsivoglia obbligo precisato nel Piano di sicurezza e Coordinamento per l'Esecuzione, l'impresa dovra' ottemperare entro il limite indicato, alle disposizioni che riceverà al riguardo.

Qualora, inoltre, il Coordinatore per l'Esecuzione disponga, ai sensi dell'art.92 comma lett. f) del D.Lgs.vo 81/2008 la sospensione di lavorazioni eseguite senza le necessarie predisposizioni prescritte dal Piano di Sicurezza e Coordinamento, cio' non costituira' titolo per l'impresa a richiedere proroghe alla scadenza contrattuale essendo imputabile a fatto e colpa dell'impresa stessa.

Per lo svolgimento dei lavori in oggetto del presente Capitolato Speciale di Appalto l'Impresa quale datore di lavoro e' obbligata nei riguardi dei propri dipendenti all'osservanza delle norme stabilite dal D.L. 81/08 riguardante l'attuazione delle direttive CEE n.89/391, 89/654, 89/655, 89/656, 90/269, 90/270, 90394, e 90/679 riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.

Il datore di lavoro deve comunicare prima dell'inizio dei lavori il nominativo delle persone responsabili del servizio di prevenzione e protezione sul luogo di lavoro.

Egli sia che svolga direttamente i compiti propri del servizio di prevenzione sia che abbia designato responsabili, deve trasmettere, sempre prima dell'inizio dei lavori, copia conforme della dichiarazione attestante il possesso di attitudini e le capacita' adeguate di svolgimento dei compiti di prevenzione e protezione dai rischi corredata da copia di attestazione di frequenza del corso di formazione.

Resta convenuto che, qualora per mancanza, insufficienza od inadempienza di segnalazioni nei lavori, in relazione alle prescrizioni del Nuovo Codice della Strada e dal relativo Regolamento di

---

---

esecuzione, già citati, che interessano o limitano la zona riservata al traffico dei veicoli e dei pedoni, dovessero verificarsi danni alle persone o alle cose, l'Impresa terra' sollevata ed indenne l'Ente competente ed il personale da essa dipendente da qualsiasi pretesa o molestia, anche giudiziaria, che potesse provenirle da terzi e provvederà a suo carico al completo risarcimento dei danni che si fossero verificati.

Sino che non sia intervenuta, con esito favorevole, il collaudo ovvero la visita per il certificato di regolare esecuzione delle opere la manutenzione delle opere stesse verra' tenuta a cura e spese dell'Impresa.

Questa, anche in presenza del traffico esistente sulla strada, eseguirà la manutenzione portando il minimo possibile turbamento al traffico medesimo, provvedendo a tutte le segnalazioni provvisorie necessarie alla sicurezza del traffico, osservando sia le disposizioni di legge, sia le prescrizioni che dovesse dare l'Ente competente, per gli oneri che ne derivassero essa Impresa non avrà alcun diritto a risarcimento o rimborso.

L'Impresa sarà responsabile, in sede civile e penale, dell'osservanza di tutto quanto specificato in questo articolo.

Per tutto il periodo corrente tra l'esecuzione il collaudo o la predetta visita, e salvo le maggiori responsabilità sancite dall'art.1669 del C.C. sarà garante delle opere eseguite, restando a suo esclusivo carico le riparazioni, sostituzioni e ripristini che si rendessero necessari.

Durante detto periodo l'Impresa curerà la manutenzione tempestivamente e con ogni cautela, provvedendo, di volta in volta, alle riparazioni necessarie senza interrompere il traffico e senza che occorran particolari inviti da parte della Direzione Lavori, ed, eventualmente a richiesta insindacabile di questa, mediante lavoro notturno.

Ove l'Impresa non provvedesse nei termini prescritti dalla Direzione dei Lavori con invito scritto, si procederà di Ufficio, e la spesa andrà a debito dell'Impresa stessa.

Per ragioni particolari di stagione, sia per altre cause, potrà essere concesso all'Impresa di procedere alle riparazioni con provvedimenti di carattere provvisorio, salvo a provvedere alle riparazioni definitive, appena possibile.

Qualora, nel periodo compreso tra l'ultimazione dei lavori il collaudo o la predetta visita si verificassero delle variazioni, ammaloramenti per fatto estraneo alla buona esecuzione delle opere eseguite dall'Impresa questa ha l'obbligo di notificare dette variazioni od ammaloramenti all'Amministrazione entro cinque giorni dal loro verificarsi, affinché la stessa possa procedere tempestivamente, alle necessarie constatazioni. All'atto del collaudo o della predetta visita, i lavori dovranno apparire in stato di ottima conservazione.

---

---

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

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

Nel caso di un utilizzo di tipo sperimentale di materiali migliorativi finalizzati alla sicurezza, questi dovranno comunque risultare conformi ai valori minimi richiesti dalle leggi e/o regolamenti vigenti.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla D.L. I materiali provveranno da località o fabbriche che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra. Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda

---

---



alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

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

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

### **3 . 1    SEGNALETICA VERTICALE**

Tutti i segnali devono essere rispondenti ai tipi, dimensioni e misure prescritte dal Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada approvato con D.P.R. 16 Dicembre 1992 n.495 e successive modifiche di cui al D.P.R. n.610 del 16/9/96 ed in ogni caso alle norme in vigore al momento dell'esecuzione dei lavori.

Dovra' essere attestata la conformita' delle proprie attrezzature o di quelle in possesso della ditta che provvedera' alla costruzione dei segnali, come prescritto dall'art. 194 del D.P.R. 495 del 16-12-1992.

Le prescrizioni tecniche relative alle pellicole rifrangenti si intendono soddisfatte qualora i materiali forniti dalla ditta produttrice risultino sopportare, con esito positivo, tutte le analisi e prove di laboratorio prescritte nel paragrafo PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO E FORNITURE le certificazioni delle pellicole dovranno essere quindi interamente conformi a quanto previsto nel succitato articolo.

### **3 . 2    SEGNALETICA ORIZZONTALE**

Le segnalazioni orizzontali saranno costituite da strisce longitudinali, strisce trasversali ed altri segni come indicato all'art. 40 del nuovo Codice della Strada ed all'art.137 del Regolamento di attuazione.

### **3 . 3    ACQUA**

Dovra' essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruro o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate.

### **3 . 4    LEGANTI IDRAULICI**

Dovranno corrispondere alle caratteristiche tecniche ed ai requisiti dei leganti idraulici di cui al Decreto Ministeriale 14/01/2008.

### **3 . 5    GHIAIE, GHIAIETTI, PIETRISCHI, PIETRISCHETTI, SABBIE PER OPERE MURARIE (DA IMPIEGARSI NELLA FORMAZIONE DI CONGLOMERATI CEMENTIZI)**

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal Decreto Ministeriale 14/01/2008 per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale. 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, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

### **3 . 6    MATERIALI FERROSI**

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

---

---

Essi dovranno soddisfare i requisiti stabiliti dalle Decreto Ministeriale 14/01/2008.

### **3 . 7 PELLICOLE**

Le pellicole retroriflettenti dovranno possedere i livelli minimi di qualità secondo quanto indicato dal disciplinare tecnico approvato con D.M. 31/3/1995.

### **3 . 8 PITTURE (VERNICI)**

Saranno del tipo rifrangente premiscelato contenente sfere di vetro inserite durante il processo di fabbricazione.

---

---

## **4 PROVE DEI MATERIALI**

### **4 . 1 CERTIFICATI**

Per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (pellicole, semilavorati in ferro ed in alluminio, catadiottri, vernici, ecc.) prescritti dal presente Capitolato Speciale, l'Impresa dovrà esibire prima dell'impiego al Direttore dei Lavori per ogni categoria di lavoro, i relativi certificati di qualità ed altri certificati rilasciati da un Laboratorio Ufficiale che verranno richiesti dal Direttore stesso.

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

### **4 . 2 PROVE DEI MATERIALI**

In relazione a quanto prescritto nel precedente articolo circa le qualità e le caratteristiche dei materiali, per la loro accettazione l'Impresa è obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio dei campioni ai Laboratori Ufficiali, nonché a tutte le spese per le relative prove.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio, anche presso gli stabilimenti di produzione per cui l'Impresa si impegna a garantire l'accesso presso detti stabilimenti ed a fornire l'assistenza necessaria.

---

---

## **5 PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORO E FORNITURE**

Per regola generale nell'esecuzione dei lavori e delle forniture l'Impresa dovrà attenersi alle migliori regole dell'arte nonché alle prescrizioni che di seguito vengono date per le principali categorie di lavori.

Per tutte le categorie di lavori e quindi anche per quelle relativamente alle quali non si trovino prescritte speciali norme, l'Impresa dovrà seguire i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica e dalla normativa vigente attenendosi agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione Lavori all'atto esecutivo.

Tutte le forniture ed i lavori in genere, principali ed accessori previsti o eventuali, dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione. In particolare l'Impresa per le forniture dei segnali

---

---

---

---

dovrà attenersi a quanto previsto dall'art.45 comma 8 del Nuovo Codice della Strada e Art.194 del relativo Regolamento di esecuzione e di attuazione.

---

---

## **6 MOVIMENTI DI TERRE – SCAVI IN GENERE**

Gli scavi occorrenti per la formazione dei basamenti di fondazione saranno eseguiti nelle forme e dimensioni risultanti dai relativi disegni. Nel caso che, a giudizio della Direzione dei Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa e' tenuta a coordinare opportunamente la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

Nell'esecuzione degli scavi in genere si potrà ricorrere all'impiego di mezzi meccanici.

Dovrà essere usata ogni cura nel sagomare esattamente i fossi, nell'appianare e sistemare le banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli della strada. Nell'esecuzione degli scavi si dovrà effettuare l'estirpamento di piante, arbusti e relative radici esistenti sia sui terreni da scavare. Dovrà essere usata ogni cura nel risagomare i fossi, sistemare le banchine, riconfigurare le scarpate che venissero manomesse durante i lavori di esecuzione delle fondazioni dei segnali, eventualmente anche con apporto di nuovo materiale arido.

### **6 . 1 SCAVI DI SBANCAMENTO**

Per scavi di sbancamento si intendono quelli occorrenti per spianamento del terreno, per taglio di scarpate delle trincee o di rilevati praticati al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del piano di campagna lungo il perimetro dello scavo ed aperti lateralmente almeno da una parte.

Questo piano sarà determinato con riferimento all'intera area di fondazione dell'opera.

### **6 . 2 SCAVI DI FONDAZIONE**

Per scavi di fondazione si intendono quelli relativi all'impianto di opere murarie e che risultino al di sotto del piano di sbancamento, chiusi tra pareti verticali riproducenti il perimetro della fondazione dell'opera.

Il piano di fondazione sarà perfettamente orizzontale e sagomato a gradini con leggera pendenza verso monte per quelle opere che cadono sopra falde inclinate. Gli scavi di fondazione saranno di norma eseguiti a pareti verticali che, all'occorrenza, verranno sostenuti con convenienti sbadacchiature. L'onere resta compensato nel relativo prezzo dello scavo, restando a carico dell'esecutore ogni danno alle persone, alle cose ed all'opera, per smottamenti o franamenti dello scavo.

---

---

## **7 CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI ED ARMATI**

### **7 . 1 GENERALITÀ**

L'Impresa e' tenuta all'osservanza della Legge 5 novembre 1971, n.1086, "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" nonché delle Norme Tecniche successivamente emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta Legge.

---

---

Tutte le opere in conglomerato cementizio necessarie per l'esecuzione di blocchi di fondazione dei segnali incluse nell'appalto, saranno eseguite in base ai calcoli statici ed alle verifiche che l'Impresa avra' provveduto ad effettuare, nei termini di tempo fissati dalla D.L. L'esame e la verifica da parte della Direzione Lavori dei progetti delle opere, non esonera in alcun modo l'Impresa dalla responsabilita' derivante per legge e per pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Impresa rimane unica e completa responsabile delle opere a termini di Legge; pertanto essa sara' tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualsiasi natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

## **7 . 2    COMPONENTI**

Cemento, inerti, acqua. I componenti impiegati per la confezione dei conglomerati cementizi devono corrispondere ai requisiti prescritti dalle Leggi vigenti.

## **7 . 3    RESISTENZA DEI CALCESTRUZZI**

Per la determinazione delle resistenze caratteristiche a compressione dei calcestruzzi e per il controllo di qualita' del conglomerato dovranno essere seguite le norme del Decreto Ministeriale 14/01/2008.

Tutti gli oneri relativi alle prove di cui sopra, in essi compresi quelli per il rilascio dei certificati, saranno a totale carico dell'Impresa.

Qualora dalle prove eseguite risultasse un valore della Rck inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto approvati dalla D.L. l'Impresa dovra' presentare, a sua cura e spese, una relazione supplementare nella quale dimostri che, fermo restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la Rck e' ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di Legge.

Se tale relazione sara' approvata dalla D.L., il calcestruzzo verra' contabilizzato con la classe alla quale risultera' appartenere la relativa Rck.

Nel caso che la Rck non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Impresa sara' tenuta a sua cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera, oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla D.L.

Nessun indennizzo o compenso sara' dovuto all'impresa se la Rck risultera' maggiore a quella indicata nei calcoli statici e nei disegni approvati dalla Direzione dei Lavori.

## **7 . 4    POSA IN OPERA**

Il conglomerato cementizio deve essere posto in opera ed assestato con ogni cura in modo che le superfici dei getti, dopo la scasseratura, dovranno risultare perfettamente piane e regolari, senza incavi, cavernosita' e sbavature, tali comunque da non richiedere alcun tipo di intonaco, ne' tantomeno spianamenti o rinzaffi.

Il costipamento in opera deve essere eseguito, per tutte le classi di conglomerato cementizio, mediante vibrazioni ad alta frequenza, i getti saranno eseguiti a strati orizzontali di altezza limitata e comunque non superiore ai cm. 50, resi dopo la vibrazione.

Le interruzioni e le riprese dei getti devono essere curate con diligenza scrupolosa ed in ogni caso devono essere evitate nei punti piu' sollecitati.

Tra le successive riprese di getto, non si dovranno avere distacchi, o discontinuita' e la ripresa deve essere effettuata solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e ripresa con malta liquida dosata a ql 6 di cemento per ogni mc di sabbia.

---

---

---

---

## **8 CASSEFORME, ARMATURE**

Per l'esecuzione di tali opere provvisoriale, sia verticale che orizzontale, l'Impresa potra' adottare il sistema, i materiali ed i mezzi che riterra' piu' idonei o di sua convenienza, purché soddisfino alle condizioni di stabilita' e di sicurezza, curando la perfetta riuscita dei particolari costruttivi.

L'Impresa e' tenuta ad osservare, nella progettazione ed esecuzione delle armature, le norme ed i vincoli che fossero imposti dagli Enti e personale responsabili, circa il rispetto di particolari impianti o manufatti esistenti nella zona interessata dalla nuova costruzione.

Le operazioni di disarmo saranno effettuate secondo le norme contenute nel Decreto Ministeriale 14/01/2008.

---

---

## **9 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO**

### **9.1 GENERALITÀ**

Gli acciai per armature di c.a. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabiliti dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n.1086 ed al DM 14/01/08.

Le modalita' di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dallo stesso D.M. 14.1.2008.

---

---

## **10 ACCIAI PER CEMENTO ARMATO NORMALE**

### **10.1 ACCIAIO IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA – B450A,B450C- CONTROLLATO IN STABILIMENTO**

I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati a cura dell'Impresa, sotto il controllo della D.L., ad un Laboratorio ufficiale.

Di tale operazione dovra' essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

La Direzione Lavori dara' benestare per la posa in opera di ciascuna partita soltanto dopo che avra' ricevuto il relativo certificato di prova e ne avra' constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procedera' come indicato nel D.M. 14.1.2008.

---

---

## **11 SEGNALETICA VERTICALE**

Tutti i segnali circolari, triangolari, targhe, frecce, nonche' i sostegni ed i relativi basamenti di fondazione dovranno essere costruiti e realizzati sotto la completa responsabilita' dell'Impresa in modo tale da resistere alla forza esercitata dal vento alla velocita' di almeno 150 Km/ora.

### **11.1 PELLICOLE**

#### **11.1.1 GENERALITA'**

Tutte le imprese di segnaletica stradale verticale devono attenersi alle seguenti prescrizioni.

- Disciplinare Tecnico sulla modalita' di determinazione dei livelli di qualita' delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali approvato con D.M. LL.PP. 31.3.1995.
- 
-

- 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 retro riflettenti 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.

- Certificazione di conformità dei segnali finiti ai sensi delle circolari n.3652 del 17.06.98 e n. 1344 del 11.03.99 e successive modifiche.

#### **11.1.2 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 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 accreditati SINAL per le prove previste dal disciplinare tecnico 31/3/1995.

I produttori delle pellicole retroriflettenti e degli inchiostri idonei alla stampa serigrafica delle stesse, o le persone giuridiche o loro legali rappresentanti, per poter accedere all'accertamento dei livelli di qualità presso il laboratorio prescelto, dovranno allegare alla domanda una dichiarazione autenticata che i campioni consegnati per le prove derivano da materiale di loro ordinaria produzione dovrà accertarsi della esistenza e regolarità di tale dichiarazione e allegarne copia al certificato di conformità delle pellicole retro riflettenti di cui costituiscono parte integrante. I produttori delle pellicole retroriflettenti devono tenere a disposizione di qualsiasi ente interessato i certificati di conformità delle stesse rilasciati da uno dei laboratori sopra indicati.

Inoltre gli stessi produttori devono rilasciare agli acquirenti una dichiarazione che i prodotti commercializzati corrispondono, per caratteristiche e qualità ai campioni sottoposti a prove.

La certificazione, 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 retro riflettenti 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.

Il Ministero dei lavori pubblici - Ispettorato Generale per la circolazione e la sicurezza stradale - ha la facoltà di accertare in qualsiasi momento che le pellicole retro riflettenti corrispondano alle certificazioni di conformità presentate dal produttore delle pellicole.

Ove dagli accertamenti effettuati dovessero risultare valori inferiori ai minimi prescritti o prove tecnologiche non superate, il Ministero dei Lavori Pubblici provvederà a darne comunicazione a tutti gli enti interessati.

### **11.1.3 DEFINIZIONI**

#### 11.1.3.1 PELLICOLA DI CLASSE 1

A normale risposta luminosa con durata di 7 anni. La pellicola nuova deve avere un coefficiente areico di intensità luminosa (R') rispondente ai valori minimi prescritti nella tabella II del paragrafo 11.1.4.4 e deve mantenere almeno il 50% dei suddetti valori per il periodo minimo di 7 anni di normale esposizione verticale all'esterno nelle medio condizioni ambientali d'uso.

Dopo tale periodo le coordinate tricromatiche devono ancora rientrare nelle zone colorimetriche di cui alla tabella I del paragrafo 11.1.4.1. 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 retro riflettenti di classe 1.

#### 11.1.3.2 PELLICOLA DI CLASSE 2

Ad alta risposta luminosa con durata di 10 anni. La pellicola deve avere un coefficiente areico di intensità luminosa rispondente ai valori minimi prescritti nella tab. III del paragrafo 11.1.4.4 e deve mantenere almeno l'80% dei suddetti valori per il periodo minimo di 10 anni di normale esposizione all'esterno nelle medio condizioni ambientali d'uso. Dopo tale periodo le coordinate tricromatiche devono ancora rientrare nelle zone colorimetriche di cui alla tabella I del paragrafo 11.1.4.1. 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 retro riflettenti di classe 2.

#### 11.1.3.3 PELLICOLE SPERIMENTALI

Come punto precedente, aventi caratteristiche prestazionali grandangolari superiori (da utilizzarsi in specifiche situazioni stradali di tipo sperimentale), come previsto nel Capitolo 4 del "Manuale Tecnico della Segnaletica Stradale" dell' ANAS redatto dal Gruppo Tecnico della Sicurezza Stradale ed al paragrafo 11.1.4.4 Tabella IV al presente Capitolato.

#### 11.1.3.4 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. Le Ditte costruttrici dei segnali dovranno garantire la conformità della stampa serigrafica alle prescrizioni della ditta produttrice della pellicola retroriflettente.

I colori stampati sulle pellicole di classe 1 e di classe 2 devono mantenere le stesse caratteristiche fotometriche e colorimetriche previste rispettivamente nei paragrafi successivi.

---

---

11.1.3.5 PELLICOLA DI TIPO A

Pellicole retroriflettenti termoadesive. Private del foglio protettivo dell'adesivo, si applicano a caldo e sottovuoto sui supporti per la segnaletica stradale.

11.1.3.6 PELLICOLA DI TIPO B

Pellicole retroriflettenti autoadesive. Private del foglio protettivo dell'adesivo, si applicano mediante pressione manuale ovvero con attrezzature idonee sui supporti per la segnaletica stradale.

11.1.3.7 LIMITE COLORIMETRICO

Linea (retta) nel diagramma di cromaticità (C.I.E. 45.15.200) che separa l'area di cromaticità consentita da quella non consentita.

11.1.3.8 FATTORE DI LUMINANZA

Rapporto tra la luminanza della superficie e quella di un diffusore perfetto per riflessione illuminato nelle stesse condizioni (C.I.E. 45.20.200).

11.1.3.9 COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITÀ LUMINOSA

Quoziente che si ottiene dividendo l'intensità luminosa (I) del materiale retro riflettente 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).

Simbolo: R';  $R' = I / (E1) \times A$

Unità di misura: cd / lux x m<sup>2</sup>

11.1.3.10 ANGOLO DI DIVERGENZA

Angolo compreso tra la direzione della luce incidente e la direzione secondo la quale si osserva la pellicola retroriflettente.

11.1.3.11 ANGOLO DI ILLUMINAZIONE

Angolo compreso tra la direzione della luce incidente e la normale alla pellicola retroriflettente.

**11.1.4 CARATTERISTICHE COLORIMETRICHE, FOTOMETRICHE E METODOLOGIA DI MISURA**

11.1.4.1 COORDINATE TRICROMATICHE E FATTORE DI LUMINANZA

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. I., ad eccezione del colore nero il cui valore costituisce un massimo.

TAB. I - 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	
MARRO. X	0,455	0,523	0,479	0,588	0,03 ≤ B ≤ 0,09
Y	0,397	0,429	0,373	0,394	
GRIGIO X	0,350	0,300	0,285	0,335	0,12 ≤ B ≤ 0,18
Y	0,360	0,310	0,325	0,375	
NERO X					≤0,03
Y					

#### 11.1.4.2 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 retro riflettente allo stato tal quale (nuova) e su provini sottoposti alle prove di cui ai par. 5.5, 5.6, 5.8, 5.9 e 5.10.

#### 11.1.4.3 COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITÀ LUMINOSA

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. II per le pellicole retro riflettenti di Classe 1, e nella tab. III per le pellicole retroriflettenti di Classe 2.

Colori ottenuti con stampa serigrafica sul colore:

TAB. II – Pellicole di Classe 1 a normale risposta luminosa.

ANGOLI		VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITA' LUMINOSA (cd.lix/-1 . m/-2)						
Div.	I11	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU	ARANCIO	MARRONE
12'	5°	70	50	14,5	9	4	25	1
	30°	30	22	6	3,5	1,7	10	0,3
	40°	10	7	2	1,5	0,5	2,1	0,1
20'	5°	50	35	10	7	2	20	0,6
	30°	24	16	4	3	1	8	0,2
	40°	9	6	1,8	1,2	0,1	2,2	0,1
2°	5°	5	3	1	0,5	0,1	1,2	0,1
	30°	2,5	1,5	0,5	0,3	0,1	0,5	0,1
	40°	1,5	1	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1

TAB. III – Pellicole di Classe 2 ad alta risposta luminosa.

ANGOLI		VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITA' LUMINOSA (cd.lix/-1 . m/-2)						
Div.	I11	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU	ARANCIO	MARRONE
12'	5°	250	170	45	45	20	100	12
	30°	150	100	25	25	11	60	8,5
	40°	110	70	15	12	8	29	5
20'	5°	180	120	25	21	14	65	8
	30°	100	70	14	12	8	40	5
	40°	95	60	13	11	7	20	3
2°	5°	5	3	1	0,5	0,2	1,5	0,2
	30°	2,5	1,5	0,4	0,3	0,1	1	0,1
	40°	1,5	1	0,3	0,2	0,1	1	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 III, nonché, come indicato nel Manuale Tecnico della Segnaletica Stradale dell'Ente, devono essere garantiti gli ulteriori valori minimi, ad angolazioni diverse, come di seguito riportati nella TAB. IV.

TAB. IV – Pellicole di Classe 2 sperimentale ad alta risposta luminosa grandangolare.

ANG. DIVERG.	ANG. ILLUM.	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU
1°	5°	80	65	20	10	4
	30°	50	40	13	5	2,5
	40°	15	13	5	2	1
1,5°	5°	20	16	5	2,5	1
	30°	10	8	2,5	1	0,5
	40°	5	4,5	1,5	0,5	0,25

Per un corretto uso delle suddette pellicole non si può prescindere da una seria preparazione dei documenti tecnici ed, al riguardo, la ditta aggiudicataria, oltre alle indicazioni menzionate, dovrà rispettare anche le seguenti ulteriori prescrizioni:

- dovrà essere prodotto per le pellicole un rapporto di prova, rilasciato da uno dei Laboratori di cui al D.M. 31/3/1995, attestante che le pellicole retroriflettenti soddisfino i requisiti della tabella sopra menzionata, unitamente alla certificazione di conformità di Classe 2 prevista dallo stesso D.M. 31/3/1995;
- potrà essere richiesto che tali pellicole siano dotate anche di un sistema anticondensa che, oltre alle caratteristiche fotometriche e prestazionali di cui sopra, dovranno essere tali da evitare la formazione di condensa sul segnale durante l'arco delle ventiquattrore. Detta caratteristica e' definita da un angolo di contatto delle gocce d'acqua sul segnale stesso non superiore a circa  $20^\circ \pm 2^\circ$  e misurata con gli stessi strumenti utilizzati nella misura delle tensioni superficiali "Krus" con acqua distillata ed alla temperatura di  $22^\circ$ . Tale misura dovrà essere condotta su segnali installati ali' aperto in esposizione verticale nelle stesse condizioni di posa in opera. In ogni caso tali caratteristiche dovranno essere attestate nel rapporto di prova di cui sopra unitamente ad una relazione tecnica, relativa alla valutazione della effettiva proprietà anticondensa, rilasciata da un laboratorio di cui al D.M. 31/3/95.

Infine, un riguardo particolare deve essere rivolto alle fasi di montaggio del supporto del segnale: la necessità di precisione nell' orientazione delle pellicole è infatti sempre correlata alla loro risposta luminosa e facilmente si può determinare la caduta delle caratteristiche prestazionali. Un attenzione specifica deve essere quindi rivolta dal direttore dei lavori alla posa in opera di questi materiali.

#### 11.1.4.4 CONDIZIONI DI PROVA

La misura del coefficiente areico di intensita' 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 intensita' 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'intensita' luminosa emessa dal campione mediante la relazione:

$$I = E_r^2 \cdot d$$

La misura del coefficiente areico di intensita' luminosa viene effettuata su due provini della pellicola retroriflettente allo stato tal quale (nuova) e su provini sottoposti alle prove di cui ai paragrafi 5.5, 5.6, 5.8, 5.9 e 5.10.

### **11.1.5 CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE E METODOLOGICHE DI PROVA**

#### 11.1.5.1 CONDIZIONI DI PROVA

Le prove devono essere iniziate dopo un condizionamento minimo di 24 ore alla temperatura di 23 +/- 2 gradi C e 50 +/- 5% di umidità relativa. Le prove di resistenza devono essere effettuate su provini sigillati con un prodotto idoneo.

#### 11.1.5.2 SPESSORE, INCLUSO L'ADESIVO

Classe 1 non superiore a mm. 0,25

Classe 2 non superiore a mm. 0,30

Un pezzo di pellicola retroriflettente, delle dimensioni di circa mm. 150x150 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.

### **11.1.6 ADESIVITA'**

#### 11.1.6.1 PRESCRIZIONI

Le pellicole retro riflettenti sia di tipo A sia di tipo B devono aderire perfettamente ai supporti su cui sono applicate e non dare segni di distacco per il periodo di vita utile della pellicola.

#### 11.1.6.2 METODOLOGIA DI PROVA

Su tre pannelli di alluminio di circa mm 60x120 si applica, secondo le indicazioni della ditta produttrice della pellicola, un pezzo della pellicola retroriflettente da sottoporre alla prova di circa mm 20x40.

Dopo aver condizionato i provini secondo quanto indicato al paragrafo 5.4. si rimuovono circa cm 2 lineari di pellicola con l'aiuto di un bisturi o di una lametta.

Si tenta di rimuovere quindi i rimanenti cm 2 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 cm 2 lineari di pellicola;
- se la rimozione manuale senza aiuto di attrezzatura provoca la rottura, anche parziale, della pellicola.

### **11.1.7 FLESSIBILITA'**

#### 11.1.7.1 PRESCRIZIONI

Al termine delle prove le pellicole retroriflettenti, sia di classe 1 che di classe 2, non devono mostrare fessurazioni superficiali o profonde.

#### 11.1.7.2 METODOLOGIA DI PROVA

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di mm 60x120x0,5 si applica la pellicola retroriflettente da sottoporre alla prova.

---

---

Trascorse 48 ore dall'applicazione, ogni pannello in 15 secondi viene impiegato a 9° 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.

### 11.1.8 RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO ACCELERATO STRUMENTALE

#### 11.1.8.1 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 intensita' 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. II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla tab. III per le pellicole di classe 2.

#### 11.1.8.2 METODOLOGIA DI PROVA

Su tre pannelli di alluminio si applica un pezzo di pellicola avente dimensioni di mm 90 x 90.

Eventualmente possono anche essere utilizzate dimensioni diverse a seconda delle caratteristiche costruttive delle attrezzature di prova. L'area del pannello non deve pero' essere inferiore a mm 50x50.

Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al punto 5.1. i provini vengono sottoposti ad invecchiamento artificiale, in conformita' alla norma ASTM G 26 - 83.

Le modalita' di prova sono le seguenti:

- metodo di prova "A":

esposizione continua alla luce ed esposizione intermittente a spruzzi di acqua;

- ciclo di prova:

102 minuti di luce seguiti da 18 minuti di luce e spruzzi di acqua;

- sorgente luminosa:

lampada allo xenon d 6500 W;

- filtro interno ed esterno in vetro al borosilicato;

- 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);

- umidita' relativa: 65+/-5%;

- temperatura dell'acqua all'ingresso dell'apparecchio di spruzzo: 16° +/- 5° 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 fissate al punto 5.5.1. con riferimento ai valori riportati nelle note 2 e 3 alle tabelle II e III.

### **11.1.9 RESISTENZA ALLA NEBBIA SALINA**

#### 11.1.9.1 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. I; il coefficiente areico di intensita' 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. II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla tab. III per le pellicole di classe 2.

#### 11.1.9.2 METODOLOGIA DI PROVA

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di mm 90 x 120 si applica un pezzo della pellicola in esame avente anch'esso dimensioni di mm 90 x 120.

Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al paragrafo 5.1, 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 +/-2 gradi C.

La prova e' 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 controlla una seconda volta lo stato di conservazione dei provini e si effettua la verifica delle caratteristiche colorimetriche e fotometriche previste.

### **11.1.10 RESISTENZA ALL'IMPATTO**

#### 11.1.10.1 PRESCRIZIONI

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare segni di rottura o di distacco dal supporto.

#### 11.1.10.2 METODOLOGIA DI PROVA

Su tre pannelli di alluminio delle dimensioni di mm 150x 150x0.5 si applica un pezzo della pellicola in esame avente anch'esso dimensioni di mm 150 x 150. Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al paragrafo 5.1., i provini devono essere appoggiati sui bordi in modo da lasciare un'area libera di mm 100x100. 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.

### **11.1.11 RESISTENZA AL CALORE**

#### 11.1.11.1 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 I; il coefficiente areico di intensita' 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. II per le pellicole di classe 1;
  - 80% dei valori minimi di cui alla tab. III per le pellicole di classe 2.
- 
-

#### 11.1.11.2 METODOLOGIA DI PROVA

Su tre pannelli di alluminio, delle dimensioni di mm. 15 x 75, si applica un pezzo di pellicola avente anche esso le stesse dimensioni. Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al paragrafo 5.1, 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.

#### **11.1.12 RESISTENZA AL FREDDO**

##### 11.1.12.1 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 I; il coefficiente areico di intensita' 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. II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla tab. III per le pellicole di classe 2.

#### **11.1.13 RESISTENZA AI CARBURANTI**

##### 11.1.13.1 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 I; il coefficiente areico di intensita' 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. II per le pellicole di classe 1;
- 80% dei valori minimi di cui alla tab. III per le pellicole di classe 2.

##### 11.1.13.2 METODOLOGIA DI PROVA

Su due pannelli di alluminio, delle dimensioni di mm 60 x 120, si applica un pezzo della pellicola in esame avente anch'esso dimensioni di mm 60x120. Dopo un condizionamento secondo quanto indicato al paragrafo 5.1, 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 calorimetriche e fotometriche previste.

#### **11.1.14 RESISTENZA AI SAPONI ED AI DETERSIVI NEUTRI**

##### 11.1.14.1 PRESCRIZIONI

Al termine della prova, le pellicole non devono mostrare alcun difetto (bolle, delaminazioni, rotture, fessurazioni o distacchi).

##### 11.1.14.2 METODOLOGIA DI PROVA

La prova si esegue utilizzando però normali saponi e detersivi neutri disponibili in commercio. Durata della prova: 1 ora alla temperatura di 23° +/- 1 ° C.

---

---

### **11.1.15 CARATTERISTICHE DEL CONTRASSEGNO DI INDIVIDUAZIONE**

#### 11.1.15.1 PRESCRIZIONI

Il contrassegno di individuazione deve essere integrato con la struttura interna della pellicola, deve essere inasportabile, non contraffatti bile e deve rimanere visibile dopo la prova di resistenza all'invecchiamento accelerato strumentale.

#### 11.1.15.2 METODOLOGIA DI PROVA

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.

### **11.1.16 VERIFICA DELLA NON CONTRAFFATTIBILITA' E DELLA STRUTTURE 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.

### **11.1.17 VERIFICA DELLA DURATA**

Dopo la prova di resistenza all'invecchiamento accelerato strumentale, il contrassegno di individuazione deve rimanere ancora visibile.

## **11.2 INDIVIDUAZIONE DELLE PELLICOLE RETRORIFLETTENTI**

I produttori delle pellicole retroriflettenti, rispondenti ai requisiti di cui al presente disciplinare, dovranno provvedere a renderle riconoscibili a vista mediante un contrassegno contenente il marchio o illogotipo 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 prove da eseguire sui materiali retroriflettenti, potranno avere luogo solo previo accertamento della presenza del marchio di individuazione e della sussistenza delle sue caratteristiche.

## **11.3 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 metri quadrati) 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 centimetri 1,5;

---

---



- Traverse di rinforzo e di collegamento

Qualora le dimensioni dei segnali superino la superficie di metri quadrati 1,50, i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento piegate ad U dello sviluppo di centimetri 15, 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 d'attacchi a morsetto per il collegamento, con bulloni in acciaio inox nella quantità necessaria, le dimensioni della sezione della traversa saranno di millimetri 50x23, spessore di millimetri 5, e la lunghezza 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 antico rodai da millimetri 20x20, spessore millimetri 3, 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 fosforizzata 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 scaturatura dei cartelli verrà rifinito in colore grigio neutro con speciale smalto sintetico.

#### **11.4 ATTACCHI**

Ad evitare forature tutti i segnali dovranno essere muniti di attacchi standard (per l'adattamento ai sostegni in ferro tubolare diamo mm. 48, 60, 90), ottenuto mediante fissaggio elettrico sul retro di corsoio a "C" della lunghezza minima di 22 centimetri, oppure sarà ricavato (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 pure zincata.

#### **11.5 SOSTEGNI**

I sostegni per i segnali verticali, portali esclusi, saranno in ferro tubolare diam mm. 60, 90 chiusi alla sommità e, previo decapaggio del grezzo, dovranno essere zincati conformemente alle norme U.N.I. 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.

---

---

Previ parere della Direzione dei Lavori, il diametro inferiore sarà utilizzato per i cartelli triangolari, circolari e quadrati di superficie inferiore a metri quadrati 0,8, mentre il diametro maggiore sarà utilizzato per i cartelli a maggiore superficie.

Il dimensionamento dei sostegni dei grandi cartelli e la loro eventuale controventatura dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori previo studio e giustificazione tecnica redatta dalla Società cottimista.

### **11.6 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.

La struttura sarà calcolata per resistere alla spinta del vento di 150 km/ora.

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 cm. 550.

La bulloneria sarà in acciaio 8.8 con trattamenti Draconet 320.

### **11.7 FONDAZIONI E POSA IN OPERA**

La posa della segnaletica verticale dovrà essere eseguita installando sostegni su apposito basamento delle dimensioni minime di cm. 30x30x50 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.

Le dimensioni maggiori saranno determinate dal Cottimista tenendo presente che sotto la sua responsabilità gli impianti dovranno resistere ad una velocità massima del vento di Km. 150/ora.

Resta inteso che tale maggiorazione è già compresa nel prezzo della posa in opera.

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.

I segnali dovranno essere installati in modo da essere situati alla giusta distanza e posizione agli effetti della viabilità e della regolarità del traffico seguendo il progetto redatto approvato dalla Direzione dei Lavori.

Il giudizio sulla esattezza di tale posizione è riservato in modo insindacabile dalla Direzione dei Lavori

e saranno ed esclusivo carico e spese della Società cottimista ogni operazione relativa allo spostamento dei segnali giudicati non correttamente posati.

---

---

## **12 SEGNALETICA COMPLEMENTARE**

### **12.1 DELINEATORI STRADALI**

I segnalimiti o delineatori stradali debbono avere i requisiti stabiliti nell'articolo 172 del Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada approvato con D.P.R. 16.12.1992 n.495.

Tali dispositivi rifrangenti dovranno risultare approvati dal Ministero dei LL.PP.

---

---

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.

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.

#### 1) 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'art. 172 e 173 del Regolamento di attuazione 16.12.92 n.495 e successive modifiche.

Nel caso in cui il delineatore debba essere posto in opera, la sommità del medesimo dovrà risultare a cm. 70 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 mm. 2 (due), 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/cmq.

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/cmq; dopo l'irradiazione, la resistenza deve raggiungere almeno l'80% del valore ottenuto prima dell'esposizione.

I dispositivi riflettenti impiegati nei segnali miti dovranno essere prodotti con metacrilato di metile od analoghi materiali ed aventi le caratteristiche indicate dall'art.172 del Regolamento.

## 12.2 PROVE ED ACCERTAMENTI

### a) Resistenza alla flessione

La prova consistera' nel sottoporre il segnalimite, tenuto incastrato in corrispondenza della sezione posta a cm. 70 dalla sommita', 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 dovra' essere superiore ai 25° C.

Il risultato della prova sara' 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, ma alla temperatura di (5° + 1°) presenteranno una deviazione residua non superiore a 7°.

### b) Resistenza agli agenti chimici (A.S.T.M.D.543):

La prova sara' 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.

### c) Caratteristiche meccaniche e fisiche del materiale impiegato:

- 1) Titolo del pigmento TiO<sub>2</sub>;
- 2) Indice di fluidita' del polimero pigmentato;
- 3) Densita' del polimero pigmentato;
- 4) Carico di rotture del polimero pigmentato;
- 5) Allungamento a rottura del polimero pigmentato;
- 6) Resistenza all'urto del polimero pigmentato.

### d) Caratteristiche dei dispositivi riflettenti:

Il catadiottro immerso per cinque minuti in acqua calda a + 80° e immediatamente dopo, per altri cinque minuti, in acqua fredda a + 10°, dovra' risultare integro, a perfetta tenuta stagna da controllare mediante pesature di precisione.

### e) Fissaggio:

I catadiottri devono essere fissati al delineatore con dispositivi e mezzi idonei ad impedirne l'asportazione.

### f) Omologazione:

I catadiottri impiegati dovranno essere omologati presso il Ministero dei LL.PP. e presentare impresso il relativo numero di omologazione in conformita' all'articolo 1 92 del Regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada.

### 12.3 CONI H = 32,7 CM

#### 12.3.1 GENERALITA'

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 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). La pellicola rifrangente deve essere esclusivamente di classe 2.

I coni sono realizzati in gomma di buona qualita' e devono avere il corpo di colore rosso.

Sulla base di ogni cono e' chiaramente impresso in maniera indelebile il nome del costruttore.

#### 12.3.2 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 di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada (preferibile base poligonale).

Devono avere una forma idonea tale da garantire, se impilati, di incastrarsi l'uno con l'altro senza danneggiare il materiale retro riflettente.

I coni devono avere un'adeguata base di appoggio per garantire la necessaria stabilita' durante le normali condizioni d'uso.

#### 12.3.3 PESO

Il peso dei coni, comprensivi della base, deve essere superiore a 3,0 kg.

#### 12.3.4 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 deve essere conforme alla tabella 1 come appropriato.

COLORE	1		2		3		4		FATTORE DI LUMINANZA
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
ROSSO	0,690	0,310	0,575	0,316	0,521	0,371	0,610	0,390	≥ 0,11

#### 12.3.5 SUPERFICI RETRORIFLETTENTI

Quando sottoposti a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n.15.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato 065, geometria 45/0, i colori delle pellicole retroriflettenti, bianco oppure rosso serigrafato, devono essere conformi ai valori previsti nella tabella 1 del disciplinare tecnico del Ministero dei LL.PP. pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

### 12.3.6 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) 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 disciplinare tecnico del Ministero dei LL.PP. pubblicato con 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.

### 12.3.7 CARATTERISTICHE COMPORTAMENTALI DEL MATERIALE RETRORIFLETTENTE

Il materiale retro riflettente 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 retro riflettente 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.

### 12.3.8 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 e successive modifiche.

In particolare sono richiesti i seguenti requisiti:

a) Stabilità: dopo aver applicato una forza orizzontale pari a 6 N, il cono non deve subire alcun ribaltamento.

b) Resistenza all'impatto a basse temperature: 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:

il cono, raffreddato a  $-18^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e lasciato cadere liberamente da un'altezza di  $1500 \pm 50 \text{ mm.}$ , non deve subire alcuna rottura o deformazione permanente sia nel cono che negli inserti retroriflettenti.

L'impresa, ai sensi del D.Leg.vo 358/92 e del DPR 576/94, deve presentare all'Amministrazione, tutta la certificazione inerente il superamento dei requisiti sopra elencati.

## 12.4 CONI H = 50 CM

### 12.4.1 GENERALITA'

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 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 qualita' e dovranno avere il corpo di colore rosso.

Sulla base di ogni cono sara' 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.

#### 12.4.2 FORMA

L'altezza dei coni deve essere di norma di 50 +/- 2 cm con la stessa configurazione riportata alla figura II 396 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada (preferibile base poligonale).

Devono avere una forma idonea tale da garantire, se impilati, di incastrarsi l'uno con l'altro senza danneggiare il materiale retro riflettente.

I coni devono avere un'adeguata base di appoggio per garantire la necessaria stabilita' durante le normali condizioni d'uso.

#### 12.4.3 PESO

Il peso dei coni, comprensivi della base, deve essere superiore a 2,0 kg. Per condizioni d'uso particolari dovrà essere previsto un peso totale superiore a 3,0 kg.

#### 12.4.4 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 deve essere conforme alla tabella 1 come appropriato.

COLORE	1		2		3		4		FATTORE DI LUMINANZA
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
ROSSO	0,690	0,310	0,575	0,316	0,521	0,371	0,610	0,390	≥ 0,11

#### 12.4.5 SUPERFICI RETRORIFLETTENTI

Quando sottoposti a prove secondo le procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n.15.2 (1986), utilizzando l'illuminante normalizzato 065, geometria 45/0, i colori delle pellicole retroriflettenti, bianco oppure rosso serigrafato, devono essere conformi ai valori previsti nella tabella 1 del disciplinare tecnico del Ministero dei LL.PP. pubblicato con D.M. 31 marzo 1995.

#### 12.4.6 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) devono avere un coefficiente areico di intensita' 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 sono eseguite in conformita' alle procedure definite nella pubblicazione C.I.E. n.54 (1982), utilizzando l'illuminante normalizzato A.

---

---

#### **12.4.7 CARATTERISTICHE COMPORTAMENTALI DEL MATERIALE RETRORIFLETTENTE**

Il materiale retro riflettente 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 retro riflettente 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.

#### **12.4.8 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 e successive modifiche.

In particolare sono richiesti i seguenti requisiti:

a) Stabilità: dopo aver applicato una forza orizzontale pari a 6 N, il cono non deve subire alcun ribaltamento.

b) Resistenza all'impatto a basse temperature: 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:

il cono, raffreddato a  $-18^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  e lasciato cadere liberamente da un'altezza di  $1500 \pm 50 \text{ mm.}$ , non deve subire alcuna rottura o deformazione permanente sia nel cono che negli inserti retroriflettenti.

L'impresa, ai sensi del D.Leg.vo 358/92 e del DPR 576/94, deve presentare all'Amministrazione, tutta la certificazione inerente il superamento dei requisiti sopra elencati.

#### **12.5 OCCHI DI GATTO**

Dispositivi retro riflettenti 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 d'esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada, approvato con D.P.R. 495 del 16.12.92 e successive modifiche ed integrazioni, i dispositivi retroriflettenti integrativi quali gli occhi di gatto devono essere approvati dal Ministero dei lavori Pubblici.

Copia di tale approvazione, unita mente agli altri certificati richiesti, dovrà essere presentata dall'Impresa concorrente.

Dimensioni del corpo: come previste dal Regolamento art.153.

Il suddetto dispositivo dovrà essere fissato al fondo stradale con idoneo adesivo secondo le prescrizioni della ditta produttrice.

Le caratteristiche tecniche dei dispositivi denominati "occhi di gatto" dovranno rispondere alla Norma Europea EN 1463-1; in particolare:

a) per uso permanente (EN 1463-1 )

- classificazione: tipo 3A

---

---



- proprieta' 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 (EN 1463-1 )

- classificazione: tipo 3A

- proprieta' 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'inserito rifrangente = > classe NCR 1 e i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tab.9;

b) colore del corpo = > classe DCR 1 e i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tabella 10.

Oltre ai certificati relativi alle proprieta' fotometriche e al colore, comprovanti la rispondenza ai valori previsti nella norma EN1463-1, l'impresa deve presentare:

- omologazione del Ministero LL. PP. 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.

I certificati di cui al presente articolo, qualora presentati in copia, dovranno essere identificati da parte della Ditta produttrice con una vidimazione rilasciata in originale alla Ditta concorrente sulla quale dovranno essere riportati gli estremi della Ditta stessa.

Tale vidimazione dovra' essere compiuta in data non anteriore a 30 giorni dalla data di scadenza di presentazione dell'offerta e recare un numero di individuazione.

La presentazione di documenti incompleti o insufficienti non rispondenti alle norme vigenti e a quelle particolari del presente capitolato, comportera' l'esclusione dall'appalto.

La fornitura da parte dell'impresa di materiali diversi da quelli dichiarati, costituira' motivo di immediato annullamento del contratto con riserva di adottare ogni altro provvedimento piu' opportuno a tutela dell'interesse dell'Amministrazione.

## **12.6 DISPOSITIVO PER LA RIFLETTORIZZAZIONE DEGLI ALBERI**

### **12.6.1 GENERALITA'**

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, permettera' una totale compatibilita' ambientale non interferendo con la crescita della pianta ovvero arrecando alcun tipo di danneggiamento.

Il dispositivo combina differenti mescole di gomma per assicurare la conformabilita' del dispositivo e la elasticita' necessaria al sistema di fissaggio.

Il supporto di forma rettangolare sara' dotato di fori in corrispondenza degli spigoli.

Il bloccaggio della cinghia elastico sara' garantito da apposite fascette in materiale plastico.

### **12.6.2 CARATTERISTICHE TECNICHE E DIMENSIONALI DEI COMPONENTI**

- Il supporto, con dimensioni 200 x 250 mm., dovra' essere realizzato in gomma naturale di spessore 3 mm. Con durezza minima pari a 70 shore.
- La cinghia elastica in gomma dovra' avere un diametro di 6 mm., dovra' essere realizzata in gomma a struttura cellulare chiusa, che dovra' 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'inserito rifrangente montato sul supporto in gomma, di dimensioni 148 x 198 mm. sara' in classe 2 (pellicole sperimentali).

Per ottenere un'efficienza ottimale dalla particolare applicazione del suddetto dispositivo, la pellicola retroriflettente dovra' possedere una grande angolarita' superiore, come riportato nel Capitolo 4 del "Manuale Tecnico della Segnaletica Stradale" dell' ANAS redatto dal Gruppo Tecnico della Sicurezza Stradale e nella TAB. IV paragrafo 4.2.1 "Prescrizioni" delle presenti norme tecniche.

La suddetta pellicola retroriflettente, oltre a rispondere alle specifiche riportate nel capitolato tecnico, dovra' avere una resistenza all' abrasione ASTM 4060-84 con mole abrasiva e carico applicato di  $500 \text{ g} \leq 3,2 \text{ mg}$  ed una resistenza ad imbutitura dinamica (urto) ASTM D 2794 -  $93 \geq 85 \text{ Kg/cm}$ .

---

---

## **13 SEGNALETICA ORIZZONTALE IN VERNICE**

### **13.1 GENERALITA'**

La segnaletica orizzontale in vernice sara' eseguita con apposita attrezzatura traccia linee a spruzzo semovente.

I bordi delle striscie, linee arresto, zebraure scritte, ecc., dovranno risultare nitidi e la superficie verniciata uniformemente coperta.

Le striscie orizzontali dovranno risultare perfettamente allineate con l'asse della strada.

### **13.2 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, viscosita', percentuale di pigmento, percentuale di non volatile, peso di cromato di piombo o del biossido di titanio per altro di pittura gialla o bianca rispettivamente percentuale in peso delle sfere e percentuale di sfere rotonde, tipo di solvente da usarsi per diluire e quantita' raccomandata l'applicazione della pittura e ogni altro requisito tecnico descritto nei precedenti articoli.

Le pitture acquistate dovranno soddisfare i requisiti esplicitamente elencati nel successivo paragrafo 2 ed essere conformi alla dichiarazione delle caratteristiche fornite al venditore entro le tolleranze appresso indicate.

Qualora la vernice non risulta conforme ad una o piu' caratteristiche richieste, l'Amministrazione, a suo insindacabile giudizio, potra' imporre al fornitore la sostituzione a sua cura e spese, comprese quelle di maneggiamento e trasporto con altra vernice idonea.

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, superanti le quali verra' rifiutata la vernice:

- viscosita': un intervallo di 5 unita' Krebs rispetto al valore dichiarato dal venditore nella dichiarazione delle caratteristiche, il quale valore dovra' essere peraltro compreso entro limiti dell'articolo 10 paragrafo f).

- peso per litro: chilogrammi 0,03 in piu' od in meno di quanto indicato dall'articolo 10 del paragrafo b) ultimo capoverso.

Nessuna tolleranza e' invece ammessa per i limiti indicati nell'articolo 10 per il tempo di essiccazione, la percentuale di sfere di vetro, il residuo volatile ed il contenuto di pigmento.

### 13.3 CARATTERISTICHE GENERALI DELLE VERNICI

La vernice da impiegare dovra' essere del tipo rifrangente premiscelato e cioe' contenere sfere di vetro mescolato durante il processo di fabbricazione cosi' che dopo l'essiccamento e 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. Per ottenere valori di retroriflessione RL maggiori di quelli normalmente rilevabili, si può procedere alla post spruzzatura delle perline aventi la stessa granulometria descritta al punto b) seguente.

#### *a) Condizioni di stabilita'*

Per la vernice bianca il pigmento colorato sara' 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 dovra' indicare i solventi e gli essiccanti contenuti nella vernice.

La vernice dovra' essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme, non dovra' fare crosta ne' diventare gelatinosa od inspessirsi.

La vernice dovra' consentire la miscelazione nel recipiente contenitore senza difficolta' mediante l'uso di una spatola a dimostrare le caratteristiche desiderate, in ogni momento entro sei mesi dalla data di consegna.

La vernice non dovra' assorbire grassi, olii ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie di nessun tipo e la sua composizione chimica dovra' essere tale che, anche durante i mesi estivi, anche se applicata su pavimentazione bituminosa, non dovra' presentare traccia di inquinamento da sostanze bituminose.

Il potere coprente della vernice deve essere compreso tra 1,2 e 1,5 mq/kg. (ASTM D 1738); ed il peso suo specifico non dovra' essere inferiore a Kg. 1,50 per litro a 25° C (ASTM D 1473).

#### *b) Caratteristiche delle sfere di vetro*

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosita' 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 dovra' 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 dovra' 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 per metro lineare di striscia larga centimetri 12 e di chilogrammi 1,00 per superfici variabili di mq 1,3 e 1,4.

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 stornatore viscosimetro 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 141 a- 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 (quarantacinque).

---

---

## **14 SEGNALETICA ORIZZONTALE IN TERMOSPRUZZATO PLASTICO (SPRAY PLASTIC)**

### **14.1 GENERALITA'**

E' fatto obbligo all'Impresa realizzatrice di certificare su quali arterie stradali il prodotto da adoperare e' stato già applicato e con quale esito, soprattutto per quanto riguarda la durata e la antisdrucciolevolezza in relazione al traffico ed allo spessore dello spruzzato termoplastico.

L'Impresa realizzatrice deve fornire, a sue spese, 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.

Il certificato deve essere autenticato dal rappresentante legale della Società produttrice.

La Direzione dei Lavori si riserva di 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.

### **14.2 COMPOSIZIONE DEL MATERIALE**

Lo spruzzato termoplastico e' 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, e' - 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 e' 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 mm. 0,2 e mm. 0,8 (non più del 10% deve superare il setaccio di 420 micron).

Il pigmento colorante e' 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 stabilita' di colore quando viene riscaldato a 200° C. La sostanza inerte e' 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 piu' 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 viscosita' 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 quantita' 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/cmc.

Lo spessore della pellicola di spruzzato termoplastico deve essere di norma di mm. 1,5 con il corrispondente impiego di circa g/mq 3.500 di prodotto.

La percentuale in peso delle microsfele di vetro rispetto allo spruzzato termoplastico non deve essere inferiore al 12%, cioe' a circa g/mq 400.

In aggiunta a quanto sopra, in fase di stesura dello spruzzato termoplastico, sara' effettuata una operazione supplementare di perlatura a spruzzo sulla superficie della striscia ancora calda, in ragione di circa g/mq 300 di microsfele di vetro.

Il risultato del suddetto impiego di microsfele di vetro dovra' essere tale da garantire che il coefficiente di luminosit  abbia un valore non inferiore a 75.

Caratteristiche chimico-fisiche dello spruzzato:

a) Punto di infiammabilita': 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/cmc;

d) Antisdrucchiolevolezza: (secondo le prove di aderenza con apparecchio SRT dell'Ente Federale della Circolazione Stradale Tedesca) valore minimo 50 unita' SRT;

e) Resistenza alle escursioni termiche: da sotto 0° a + 80° C;

f) Resistenza della adesivita': con qualsiasi condizione metereologica (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) Visibilita' 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 di 75; il coefficiente e' 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 g. 0,5;

*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 g. 100, dal diametro di mm. 24, 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, ne' incrinarsi, se portato alla temperatura di -1 ° C.

### 14.3 SISTEMA DI APPLICAZIONE

L'attrezzatura richiesta per effettuare la segnaletica orizzontale con spruzzato termoplastico e' 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 mc di aria al minuto alla pressione di 7 Kg/cmq.

Un minimo di due pistole spruzzatrici per il termoplastico e due per le microsferi da sovra spruzzare devono essere disponibili ai bordi della macchina, in modo che strisce di larghezza compresa tra cm.

10 e cm. 30 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 fuoriuscita del materiale avvenga alla giusta temperatura, onde ottenere una striscia netta, diritta senza incrostazioni o macchie.

Le due pistole per le microsferi dovranno essere sin'cronizzate in modo tale da poter spruzzare immediatamente, sopra la striscia di termoplastico ancora calda, la quantita' di microsferi 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 velocita' di applicazione dello spruzzato termoplastico.

Il Cottimista esecutore provvedera' anche alle attrezzature adeguate ed alla manodopera specializzata per eseguire la spruzzatura a mano di frecce, scritte, etc.

Lo spruzzato termoplastico sara' 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 zebraature deve essere di norma di mm. 1,5, mentre lo spessore delle frecce e delle scritte deve essere di norma di mm. 2,5.

La Direzione dei Lavori potra' 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 mm. 1,2;
- per le zebraature fino ad un minimo di mm. 1,2;
- per le frecce e le scritte fino ad un minimo di mm. 2,0.

---

---

## 15 SEGNALETICA ORIZZONTALE PERMANENTE - MATERIALI PREFORMATI RETRORIFRANGENTI

La segnaletica orizzontale realizzata in preformato retro rifrangente dovra' attenersi alla normativa di cui all'art.40 del D. Lgs n. 285 del 30.04.1992 e del suo regolamento di esecuzione approvato

---

---

con D.P.R. n. 495 del 16.12.1992, 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 antisdrucchiolo e di microsferi 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 retro riflettente.

Per garantire una buona stabilità del colore ed un ancoraggio ottimale delle microsferi, 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, zebature, scritte)

- Antisdrucchiolo

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 retro riflettanza 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°;
- retroriflettanza RL 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 1436:2018, la quale prescrive per:

- angolo di osservazione di 2,29°;
- angolo di illuminazione di 1,24°.

TIPO B (strisci e 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 retro riflettanza 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°;
- retroriflettanza 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 1436:2018, 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

L'Impresa aggiudicataria, verificatane l'applicazione secondo le raccomandazioni prescritte, dovrà impegnarsi a garantirne la durata che, in normali condizioni di traffico, dovrà essere non inferiore a 2 anni su tutti i tipi di pavimentazione, ad esclusione porfido, purché si presentino in buono stato di conservazione, con un valore fotometrico per il colore bianco non inferiore a 100 mcd/mq x lux (Tipo A) e 150 mcd/mq x lux (Tipo B).

Qualora il materiale applicato dovesse deteriorarsi prima del termine suddetto, l'Impresa aggiudicataria è tenuta al ripristino della segnaletica orizzontale nelle condizioni prescritte dal presente Capitolato.

#### TIPO C (strisce longitudinali, scritte e frecce Stradali)

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 retro riflettente.

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 poliuretana 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 retro riflettenza 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 requisiti CEN derivanti dalla norma UNI EN 1436:2018, 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 poliuretana 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).

L'Impresa aggiudicataria, verificatane l'applicazione secondo le raccomandazioni prescritte, dovrà impegnarsi a garantirne la durata che, in normali condizioni di traffico, dovranno essere non inferiore a 4 anni, nel caso in cui venga applicato a caldo durante la stesura del manto bituminoso e

---

---

2 anni su tutti i tipi di pavimentazione, ad esclusione porfido, purché si presentino in buono stato di conservazione, con un valore fotometrico non inferiore a 150 mcd/mq x lux.

Qualora il materiale applicato dovesse deteriorarsi prima del termine suddetto, la Ditta aggiudicataria è tenuta al ripristino della segnaletica orizzontale nelle condizioni prescritte dal presente Capitolato. La Ditta produttrice del suddetto materiale (TIPO A,B,C) dovrà essere in possesso del sistema di qualità secondo le norme UNI EN 9000.

---

## 16 GARANZIE SUI PREFORMATI RETTORIFRANGENTI

Ai sensi dell'art. 14 lettera E del D.Lgs 358/2 così come espresso dal D.P.R. 573/94 e della circolare Ministero LL.PP. 16-5-1997 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 microsferi tipo ceramica "TIPO B e C" (o equivalente);
- certificato comprovante il valore di rifrangenza "TIPO A, B e C";
- certificato comprovante il valore di antiscivolo "TIPO A, B e C".

---

## 17 SEGNALETICA ORIZZONTALE TEMPORANEA – MATERIALI PREFORMATI RETTORIFRANGENTI

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 antiscivolo e di microsferi ad alto indice di rifrazione tale da conferire al laminato stesso ottime proprietà retroriflettenti.

La resina poliuretana, presente nella parte superiore del prodotto, dovrà assicurare un perfetto e durevole ancoraggio delle microsferi e delle particelle antiscivolo.

Il laminato dovrà contenere al suo interno uno speciale tessuto reticolare in poli estere 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 distruttabile 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 retroriflettanza RL espressi in millicandele per metro quadrato per lux di luce incidente (mcd/mq x lux):

- |                    |                                     |
|--------------------|-------------------------------------|
| - retroriflettanza | 600 mcd/lux x mq (geometria Ecolux) |
| - antiscivolo      | 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 1436:2018.

Per il suddetto materiale dovranno essere presentati certificati di antiscivolo, 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.

---

**SEZ. 21 "SISTEMI DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE"****1.1 Campo di applicazione**

Le presenti specifiche riguardano i dispositivi di drenaggio del corpo stradale, consistenti in:

- tubazioni;
- pozzetti e relativi dispositivi di chiusura e di coronamento;
- canali di drenaggio;
- canalette, mantellate, cordonate.

**1.2 Tubazioni****1.2.1 Materiali****1.2.1.1 Generalità**

Per i sistemi di drenaggio e fognatura bianca del corpo stradale è previsto impiego l'impiego di:

- tubi in PVC-U per fognature;
- tubi strutturati in PVC-U, PP e PEAD;
- tubi in cls non armato e armato con fibre di acciaio e con armature tradizionali.

**1.2.1.2 Tubi in PVC-U**

I tubi in PVC-U per fognature saranno conformi alla norma UNI EN 1401 per:

- caratteristiche dei materiali per i tubi e per i raccordi;
- dimensioni dei tubi (diametri, lunghezze, spessori della parete);
- dimensioni dei raccordi, dei bicchieri, dei codoli;
- caratteristiche fisiche dei tubi e dei raccordi;
- caratteristiche meccaniche dei tubi e dei raccordi;
- requisiti prestazionali (tenuta, resistenza a cicli termici);
- requisiti delle guarnizioni;
- requisiti degli adesivi per le giunzioni.

**1.2.1.3 Tubi strutturati in PP e PE**

I tubi strutturati in PVC-U, PP e PE saranno conformi alla norma UNI 10968 per:

- caratteristiche dei materiali per i tubi e per i raccordi;
- metodi di giunzione;
- dimensioni dei tubi (diametri, lunghezze, spessori della parete);
- dimensioni dei raccordi;
- profili di parete;
- caratteristiche fisiche dei tubi e dei raccordi;
- caratteristiche meccaniche dei tubi e dei raccordi;
- requisiti prestazionali (tenuta dei tubi e delle giunzioni, resistenza a cicli termici, trazione delle giunzioni);
- requisiti delle guarnizioni;
- requisiti degli adesivi per le giunzioni.

**1.2.1.4 Tubi in calcestruzzo non armato e armato con fibre di acciaio e con armature tradizionali**

Sono adottabili tubi in calcestruzzo non armato e armato con una o più gabbie d'acciaio o con fibre in acciaio.

Il calcestruzzo, così come i diversi materiali componenti (aggregati, acqua d'impasto, additivi, aggiunte, nonché acciaio di armatura e fibre di acciaio) dovranno essere conformi a quanto stabilito nella norma UNI EN 1916:2004.

I giunti devono consentire il regolare accoppiamento geometrico dei tubi ed il loro allineamento in modo che quando i tubi sono posti in opera la loro superficie interna venga a costituire una

condotta regolare e priva di discontinuità nel diametro. Il disegno del giunto, tenuto conto del tipo di giunzione e delle tolleranze effettive, dovrà assicurare la tenuta idraulica della condotta nelle condizioni di esercizio.

Le guarnizioni di tenuta saranno conformi alla EN 681-1, atte a garantire la tenuta idraulica perfetta ad una pressione interna di esercizio di 0,5 atm e, per quanto riguarda la durabilità, ai requisiti della UNI EN 1916.2004.

## **1.2.2 Posa in opera**

### **1.2.2.1 Scarico ed accatastamento**

Per il carico, il trasporto, lo scarico e l'accatastamento dovranno osservarsi le eventuali istruzioni del costruttore nonché i requisiti delle norme di prodotto pertinenti; dovranno comunque impiegarsi i mezzi e gli accorgimenti idonei ad evitare rotture, incrinature, lesioni o danneggiamenti in genere. Tutti i materiali dovranno essere immagazzinati in maniera tale da conservarli integri e da evitare contaminazioni o degradazioni; per esempio i componenti elastomerici delle giunzioni dovranno essere tenuti puliti e protetti dall'esposizione a fonti di ozono (per esempio apparecchiature elettriche), alla luce solare ed a fonti di calore, nonché al contatto con oli o grassi.

L'accatastamento dovrà essere effettuato su supporti atti a mantenere i tubi sollevati dal suolo per evitare danni ai rivestimenti ed ai giunti, provvedendo a fissare i tubi per evitare che rotolino ed evitando altezze di impilamento eccessive in modo che i tubi inferiori non risultino sovraccaricati.

Non si devono collocare pile di tubi in prossimità di trincee aperte.

### **1.2.2.2 Scavo**

Le trincee dovranno essere scavate in maniera tale da garantire un'installazione corretta delle tubazioni, nel rispetto degli accorgimenti e dei dispositivi previsti nel piano di sicurezza.

Se per la costruzione, è necessario accedere alle pareti esterne di strutture sotterranee, come nel caso di pozzetti, si dovrà prevedere uno spazio di lavoro minimo protetto largo 0,50 m.

Laddove due o più tubi vengano posati nella stessa trincea o sotto un terrapieno, si deve rispettare una distanza orizzontale minima fra le tubazioni: ove non altrimenti specificato, essa dovrà essere di: 0,35 m per tubi fino a DN 700 compreso e di 0,50 m per tubi maggiori di DN 700.

In presenza di altre tubazioni o costruzioni, si dovranno osservare misure di sicurezza adeguate al fine di proteggerle dal rischio di danneggiamenti.

La larghezza delle trincee non dovrà superare il valore massimo specificato in Progetto; qualora, all'atto dello scavo, ciò non risultasse possibile, il problema dovrà essere sottoposto al progettista.

La larghezza minima delle trincee dovrà essere quella stabilita nella norma UNI EN 1610:2015.

Il materiale di risulta dello scavo, qualora dalla Direzione Lavori ritenuto idoneo ad essere reimpiegato per il rinfianco ed il rinterro, sarà depositato provvisoriamente; in caso contrario sarà conferito a deposito.

### **1.2.2.3 Letto di posa**

I collettori saranno posati sotto la corsia di emergenza ad una profondità non inferiore a 1 m dall'estradosso, avranno una rigidità anulare pari a SN 4 (4 kN/m<sup>2</sup>). Per gli attraversamenti della carreggiata deve essere previsto l'impiego di tubazioni con rigidità anulare pari a SN 16 (16 kN/m<sup>2</sup>). I collettori saranno rinfiancati da cls magro (C12/15 – min contenuto di cemento 150 kg/mc) e saranno posati su letto in magrone o su letto di sabbia vagliata.

### **1.2.2.4 Installazione**

La posa dei tubi inizierà preferibilmente dall'estremità a valle con i bicchieri rivolti a monte.

In caso di lunghe interruzioni dei lavori, si provvederà a chiudere temporaneamente le estremità dei tubi; i tappi protettivi saranno rimossi solo immediatamente prima di eseguire le giunzioni; qualsiasi materiale rimasto nel tubo dovrà essere comunque rimosso.

Le parti della superficie del tubo che venissero a contatto con i materiali di giunzione dovranno essere prive di difetti, pulite e, se necessario, asciutte; i giunti scorrevoli dovranno essere lubrificati con i lubrificanti e secondo i metodi raccomandati dal fabbricante.

Nei casi in cui i tubi non possano essere giuntati manualmente, dovranno impiegarsi adeguate attrezzature idrauliche o manuali di tiro ("tire-fort"), essendo tassativamente vietato il ricorso alla spinta con macchinari (escavatori, pale, dozer, ecc.) non espressamente previsti a questo scopo.

Nell'esecuzione delle giunzioni a bicchiere dovrà essere rispettata la distanza fra l'estremità della parte imboccata e la battuta del tubo successivo specificata dal fabbricante.

Le giunzioni dovranno essere eseguite applicando progressivamente una forza assiale senza sollecitare eccessivamente i componenti; a giunzione eseguita, l'allineamento dovrà essere controllato e, se necessario, corretto.

Laddove necessario, si devono prevedere per i bicchieri nicchie di dimensioni sufficienti per l'esecuzione del corretto accoppiamento e per impedire che il tubo poggi sul giunto; la nicchia per il bicchiere dovrà avere le dimensioni minime compatibili con il corretto montaggio del giunto.

I tagli dovranno essere eseguiti con gli utensili idonei, secondo le raccomandazioni del fabbricante del tubo ed in modo tale da garantire prestazioni adeguate dei giunti.

Laddove esista il rischio di galleggiamento durante l'installazione, i tubi dovranno essere mantenuti in sito mediante carichi o ancoraggi adeguati.

#### **1.2.2.5 Rinfianco e rinterro**

Si definisce come rinfianco il materiale posto superiormente al letto di posa e sino a 30 cm sopra il cervello della tubazione; si definisce come rinterro il materiale sovrastante il rinfianco e sino al p.c. (o immediatamente al di sotto di eventuali pavimentazioni).

I collettori saranno rinfiancati da cls magro (C12/15 – min contenuto di cemento 150 kg/mc) e saranno posati su letto in magrone o su letto di sabbia vagliata.

Di norma il materiale per il rinterro sarà quello di risulta degli scavi, opportunamente selezionato per eliminare eventuale materiale non idoneo (per dimensioni, forma, ecc.).

Il costipamento dovrà avvenire con attrezzature, numero di passaggi e spessore degli strati atti ad ottenere il grado di costipamento pari almeno al 95% della densità optimum di Proctor mod. (ove non altrimenti specificato in Progetto), tenendo conto delle caratteristiche del tubo da installare al fine di evitare di arrecare danni allo stesso.

Il costipamento previa saturazione di acqua del rinfianco è ammissibile – su autorizzazione della Direzione Lavori - soltanto in casi eccezionali ed in presenza di terreni incoerenti.

#### **1.2.3 Controlli ed accettazione**

##### **1.2.3.1 Generalità**

I materiali da impiegare dovranno essere prodotti secondo un sistema di gestione della qualità aderente alle norme UNI EN 9001.2000, certificato da un organismo certificatore operante in conformità con le norme UNI EN 45012.

L'accettazione dei materiali sarà subordinata alla verifica della marcatura e della documentazione.

##### **1.2.3.2 Marcatura e documentazione**

Tutti gli elementi di tubazione dovranno recare la marcatura CE, conforme alle disposizioni delle norme UNI EN 1401, UNI 10968 e UNI EN 1916 rispettivamente per i tubi in PVC-U per fognature, per i tubi strutturati in PVC-U, PP e PE e per i tubi in c.a.

Per ogni partita l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori la dichiarazione di conformità ed i relativi allegati ai sensi delle norme citate.

Su richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore dovrà altresì prestarsi all'esecuzione di prove supplementari del tipo stabilito dalla norma, nel numero massimo di quelle da effettuarsi come controllo periodico della produzione.

#### **1.2.4 Controlli in cantiere**

#### **1.2.4.1 Livellette**

A tubazione posata, prima dell'esecuzione del rinfiacco, verrà eseguito un controllo topografico mirato ad accertare il rispetto delle livellette di Progetto.

In caso di un risultato negativo della verifica, la Direzione Lavori disporrà i provvedimenti per la correzione dei difetti riscontrati, sino alla demolizione del già eseguito ed al rifacimento a carico dell'Appaltatore.

#### **1.2.4.2 Costipamento del rinterro**

Il costipamento del rinterro sarà controllato mediante prove di densità disposte dalla Direzione Lavori nella misura di una ogni 100 m di tracciato, prima dell'esecuzione del rinterro.

Nel caso che i valori prescritti non siano rispettati, si procederà ad un ulteriore controllo su altrettanti punti; in caso di risultati nuovamente insoddisfacenti, la Direzione Lavori disporrà l'asportazione del materiale ed il rifacimento del rinfiacco nelle zone non accettate.

#### **1.2.4.3 Collaudo in opera**

Il collaudo in opera delle tubazioni sarà effettuato secondo le disposizioni della Direzione Lavori in base ai metodi indicati nella UNI EN 1610:2015 (ad acqua o – preferibilmente – ad aria).

Condizione per l'accettazione sarà il riscontro di valori delle perdite inferiori a quelli ammissibili stabiliti dalla UNI EN 1401-3:2002 per i per i tubi in PVC-U per fognature e della UNI EN 1610 per i tubi strutturati in PVC-U, PP e PE e per i tubi in c.a.

In caso di valori superiori, la Direzione Lavori impartirà le disposizioni del caso per il ripristino della funzionalità della tratta (compreso il suo completo rifacimento) a carico dell'Appaltatore.

### **1.3 Pozzetti**

#### **1.3.1 Materiali**

##### **1.3.1.1 Generalità**

I pozzetti di previsto impiego per ispezione, incrocio e salto nei sistemi di drenaggio e fognatura bianca del corpo stradale sono:

- pozzetti prefabbricati in c.a.v.;
- pozzetti in PE strutturato.

##### **1.3.1.2 Pozzetti prefabbricati in c.a.v.**

Il calcestruzzo, così come i diversi materiali componenti (aggregati, acqua d'impasto, additivi, aggiunte, nonché acciaio di armatura e fibre di acciaio) dovranno essere conformi a quanto stabilito nella norma UNI EN 1917.

Il calcestruzzo, realizzato con cemento ad alta resistenza ai solfati, avrà Rck non inferiore a 40 MPa.

Le guarnizioni di tenuta tra i diversi elementi del prefabbricato, incorporate nel giunto in fase di prefabbricazione ovvero fornite unitamente al manufatto da parte del fabbricante, saranno conformi alla UNI EN 681-1:2006.

I pozzetti dovranno essere atti a sopportare le spinte del terreno e del sovraccarico stradale in ogni loro componente (elemento di base, elementi di prolunga, elemento terminale).

Essi dovranno inoltre essere tali da garantire il rispetto delle prescrizioni contenute nell'all. 4 dei "Criteri, metodologie e norme tecniche generali" di cui all'art. 2, lett. B), D), E), della L. 10.5.1976, n. 319, recante le norme per la tutela delle acque.

In caso di presenza di scale per l'accesso al fondo, i gradini saranno in tondino di acciaio rivestito in polipropilene antisdrucchiolo o verniciato antiruggine, opportunamente bloccati nella parete con malta espansiva.

##### **1.3.1.3 Pozzetti in PE strutturato**

I pozzetti in polietilene strutturato saranno certificati dal marchio IIP UNI rilasciato dall'Istituto Italiano dei Plastici e conformi alle norme UNI EN 13598-1:2011 e UNI EN 13598-2:2016 per

quanto riguarda caratteristiche dei materiali costituenti e delle guarnizioni, caratteristiche generali, geometriche e meccaniche e requisiti prestazionali.

I pozzetti dovranno essere idonei a sopportare le spinte del terreno e del sovraccarico stradale in ogni loro componente (elemento di base, elementi di prolunga, elemento terminale).

I pozzetti potranno essere con elemento di base stampato, costituiti da:

- elemento di base in PEMD stampato, predisposto per l'innesto delle tubazioni;
- elementi intermedi in PEAD strutturato;
- elemento terminale in PEMD, con eventuale riduzione.

ovvero ricavati da tubo in PEAD strutturato mediante saldatura (secondo le prescrizioni dell'I.I.S. Istituto Italiano di Saldatura).

La giunzione tra i diversi elementi dei pozzetti con elemento di base stampato sarà realizzata per saldatura (secondo le prescrizioni dell'I.I.S. Istituto Italiano di Saldatura) o guarnizione in gomma EPDM; pure in in gomma EPDM saranno gli innesti delle tubazioni afferenti al pozzetto.

### **1.3.2 Posa in opera**

La posa in opera dei pozzetti avverrà previa preparazione del piano di posa mediante regolarizzazione, costipamento e realizzazione di un allettamento in calcestruzzo magro.

Il riempimento laterale verrà eseguito in cls magro.

### **1.3.3 Controlli ed accettazione**

#### **1.3.3.1 Generalità**

I materiali da impiegare dovranno essere prodotti secondo un sistema di gestione della qualità aderente alle norme UNI EN 9001.2000, certificato da un organismo certificatore operante in conformità con le norme UNI EN 45012.

L'accettazione dei materiali sarà subordinata alla verifica della marcatura e della documentazione.

#### **1.3.3.2 Marcatura e documentazione**

Ogni elemento di pozzetto o, ove ciò non fosse possibile, ogni unità di imballaggio, dovrà recare la marcatura CE, conforme alle disposizioni delle norme UNI EN 1917:2004 per i pozzetti in c.a.v. e UNI EN 13598-1 e UNI EN 13598-2, rispettivamente per quelli in PE strutturato.

Per ogni partita l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori la dichiarazione di conformità ed i relativi allegati ai sensi delle norme citate.

Su richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore dovrà altresì prestarsi all'esecuzione di prove supplementari del tipo stabilito dalla norma, nel numero massimo di quelle da effettuarsi come controllo periodico della produzione.

### **1.3.4 Controlli in cantiere**

I controlli in cantiere (compreso il collaudo idraulico in opera) saranno effettuati contestualmente a quelli delle tubazioni.

## **1.4 Dispositivi di chiusura e di coronamento dei pozzetti**

### **1.4.1 Definizioni**

Si definiscono:

- dispositivo di chiusura: parte del pozzetto di ispezione costituita da un telaio e da un coperchio e/o una griglia;
- dispositivo di coronamento: parte del pozzetto di raccolta costituita da un telaio e da una griglia e/o un coperchio;
- telaio: elemento fisso di un dispositivo di coronamento o di chiusura, destinato all'alloggiamento ed al sostegno di una griglia o di un coperchio;
- griglia: elemento mobile di un dispositivo di coronamento o di chiusura, che consente il deflusso dell'acqua nel pozzetto di raccolta;
- coperchio: elemento mobile di un dispositivo di coronamento o di chiusura, che copre l'apertura del pozzetto di raccolta o di ispezione.

### 1.4.2 Materiali

I dispositivi di chiusura e di coronamento possono essere fabbricati con:

- ghisa a grafite lamellare;
- ghisa a grafite sferoidale;
- acciaio in getti;
- acciaio laminato (non per le griglie);
- abbinamento di uno dei precedenti materiali con calcestruzzo (non per le griglie);
- calcestruzzo armato (non per le griglie).

Le caratteristiche di spessore e protezione dalla corrosione per l'acciaio laminato saranno quelle stabilite nella norma UNI EN 124.

Per tutti i materiali la qualità e le prove sono stabilite nelle rispettive norme di unificazione richiamate nella UNI EN 124.

Le caratteristiche dimensionali (fessure e fori di aerazione, apertura di accesso, profondità di incastro, giochi tra le diverse parti, telaio) ed i requisiti costitutivi (sedi, protezione degli spigoli, sistemi di fissaggio, di sbloccaggio e di rimozione, tenuta) saranno conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 124.

I dispositivi di chiusura dovranno garantire una classe UNI EN 124 D400 carrabile, dovranno essere posati su anello di ripartizione in calcestruzzo al fine di evitare in ogni caso che il carico stradale vada ad incidere direttamente sul torrino del pozzetto e, quindi, di compromettere le giunzioni pozzetto-collettori.

### 1.4.3 Posa in opera

A pozzetto ultimato, il coronamento di questo sarà leggermente scarificato, in modo che la superficie ruvida così ottenuta favorisca l'adesione della malta cementizia che costituirà il letto di appoggio del telaio.

Prima della posa in opera la superficie di appoggio dovrà essere convenientemente pulita e bagnata. Per la preparazione e la stesa della malta si osserveranno le istruzioni indicate dal fabbricante.

Lo spessore di malta sarà compreso tra 2 e 3 cm.

Qualora occorressero spessori maggiori, si dovrà ricorrere, secondo le disposizioni della Direzione Lavori, o all'esecuzione di un sottile getto di conglomerato cementizio con Rck 30 MPa opportunamente armato, oppure all'impiego di anelli di appoggio in conglomerato cementizio prefabbricato; in nessun caso potranno essere inseriti sotto il telaio, a secco o immersi nel letto di malta, pietre, schegge o frammenti di mattoni.

Il telaio sarà posizionato planimetricamente in modo che la sua luce coincida con quella del pozzetto, ed almetricamente in modo che la superficie superiore del dispositivo si trovi, a lavoro ultimato, alla quota della pavimentazione finita (tenuto conto degli eventuali inviti per i pozzetti esterni alle corsie di traffico).

Il fissaggio nella malta sarà eseguito senza sbavature sulla superficie di appoggio del coperchio nel telaio, e lasciando liberi almeno gli ultimi 3 cm superiori del bordo del telaio, per permettere la rifinitura a livello del manto stradale.

Nel caso che, in conseguenza di assestamenti sotto carico o di altre cause, si dovesse provvedere al ricollocamento in quota del telaio, quest'ultimo dovrà essere rimosso ed i resti di malta indurita completamente asportati. Si procederà quindi al ricollocamento con le modalità precedentemente descritte.

Il chiusino non sarà transitabile per il tempo necessario alla maturazione dei materiali impiegati, in funzione della temperatura e dell'umidità ambientali.

Per altri aspetti di dettaglio si farà riferimento alle specifiche del fabbricante.

### 1.4.4 Controlli ed accettazione



Ogni elemento o, ove ciò non fosse possibile, ogni unità di imballaggio, dovrà recare la marcatura CE, conforme alle disposizioni delle norme UNI EN 124.

Per ogni partita l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori la dichiarazione di conformità ed i relativi allegati ai sensi delle norme citate.

Su richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore dovrà altresì prestarsi all'esecuzione di prove supplementari del tipo stabilito dalla norma, nel numero massimo di quelle da effettuarsi come controllo periodico della produzione.

#### **1.4.5 Controlli in cantiere**

A posa effettuata e prima dell'esecuzione della pavimentazione verrà eseguito un controllo topografico mirato ad accertare il corretto posizionamento del dispositivo in relazione alle quote di Progetto della pavimentazione finita.

A pavimentazione completata verrà eseguito un ulteriore controllo.

In caso di un risultato negativo delle verifiche, la Direzione Lavori disporrà i provvedimenti per la correzione dei difetti riscontrati, sino alla demolizione del già eseguito ed al rifacimento a carico dell'Appaltatore.

### **1.5 Canali di drenaggio**

#### **1.5.1 Definizioni**

Si definisce canale di drenaggio un'entità lineare composta da unità prefabbricate che permette la raccolta e il trasporto di acqua superficiale per tutta la sua lunghezza per scarico in avanti.

#### **1.5.2 Materiali**

I canali di drenaggio, ad eccezione delle griglie e delle coperture, possono essere fabbricati con:

- ghisa a grafite lamellare;
- ghisa a grafite sferoidale;
- acciaio in getti;
- acciaio laminato (solo se protetto contro la corrosione);
- acciaio inossidabile;
- calcestruzzo armato o non armato;
- abbinamento di uno dei precedenti materiali con calcestruzzo o calcestruzzo con resina sintetica con fibra;
- calcestruzzo con resina sintetica;
- calcestruzzo con fibra.

Le griglie e le coperture possono essere fabbricate con:

- ghisa a grafite lamellare;
- ghisa a grafite sferoidale;
- acciaio in getti;
- acciaio laminato (solo se protetto contro la corrosione);
- acciaio inossidabile;
- leghe a base di rame;
- calcestruzzo con resina sintetica;
- calcestruzzo con fibra.

La protezione contro la corrosione dell'acciaio laminato sarà conforme alle norme richiamate nella UNI EN 1433:2008.

Per tutti i materiali la qualità e le prove sono stabilite nelle rispettive norme di unificazione richiamate nella UNI EN 1433:2008.

Le caratteristiche dimensionali (sezioni, fessure ed altre aperture, profondità dell'inserimento di griglie e coperture) ed i requisiti costitutivi (sedi, protezione dei bordi, sistemi di fissaggio delle griglie e delle coperture, giunzioni, tenuta, trattamento superficiale, contenitori per i detriti) saranno conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 1433:2008.

I canali di drenaggio dovranno garantire una classe UNI EN 1433:2008 D400 carrabile.

I canali di drenaggio saranno rinfiacati da cls C25/30.

### **1.5.3 Posa in opera**

La posa in opera dovrà avvenire secondo le istruzioni allegate alla fornitura.

In particolare, per i canali di drenaggio richiedenti ulteriore supporto per sostenere i carichi di servizio (designate come "tipo M" nella UNI EN 1433:2008) l'affiancamento dei diversi elementi, nonché le dimensioni, la classe di calcestruzzo e l'armatura del supporto dovranno essere conformi alle istruzioni del fabbricante.

### **1.5.4 Controlli ed accettazione**

Ogni elemento o, ove ciò non fosse possibile, ogni unità di imballaggio, dovrà recare la marcatura CE, conforme alle disposizioni delle norme UNI EN 1433:2008.

Per ogni partita l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori la dichiarazione di conformità ed i relativi allegati ai sensi delle norme citate.

Su richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore dovrà altresì prestarsi all'esecuzione di prove supplementari del tipo stabilito dalla norma, nel numero massimo di quelle da effettuarsi come controllo periodico della produzione.

### **1.5.5 Controlli in cantiere**

Successivamente al montaggio degli elementi ed alla loro giunzione, verrà effettuato il collaudo in sito per tratti di canale secondo le disposizioni della Direzione Lavori, chiudendo le estremità aperte e riempiendo il tratto di canale sotto prova sino al massimo livello all'estremo di valle.

Il collaudo si riterrà positivo se in un intervallo di tempo di 30 minuti non si verificheranno perdite in corrispondenza delle giunzioni o attraverso il corpo delle canalette.

## **1.6 Canalette, mantellate, cordonate**

### **1.6.1 Materiali**

Canalette, mantellate in lastre o a grigliato articolato, rivestimenti di fossi, cordonate, saranno costituiti da elementi prefabbricati in c.a.v., prodotti da aziende certificate UNI EN ISO 9001.

Gli elementi dovranno essere costituiti da calcestruzzo avente Rck non inferiore a 25 MPa.

Le superfici in vista degli elementi dovranno essere perfettamente lisce.

Le caratteristiche dimensionali per ciascuna tipologia saranno conformi ai disegni di Progetto.

### **1.6.2 Posa in opera**

La posa in opera dovrà avvenire su piani opportunamente preparati, anche mediante costipamento, in modo da evitare successivi cedimenti.

Ove previsto si procederà alla stesa di malta di allettamento.

I giunti verranno accuratamente stuccati, previa abbondante bagnatura.

Per gli elementi di copertura di ampie superfici (mantellate in lastre) dovranno essere realizzati giunti di dilatazione (indicativamente ogni 4-5 m) da sigillare con mastice bituminoso.

Per gli elementi collocati lungo scarpate (ad es. canalette ad embrice) dovrà provvedersi all'ancoraggio mediante tondini in ferro secondo i disegni di Progetto o come disposto dalla Direzione Lavori.

Per le mantellate a grigliato articolato, dopo il montaggio degli elementi si procederà al riempimento delle cavità con terra vegetale ed alla semina con miscuglio di erbe da prato perenni secondo le previsioni di Progetto.

Verrà posta ogni cura nella realizzazione degli allineamenti, e per gli elementi interferenti con la piattaforma stradale (imbocchi ad embrice, cordonature, ...) la precisa ubicazione in quota, in ragione del raccordo con la pavimentazione e della garanzia di un regolare deflusso delle acque.

### **1.6.3 Controlli ed accettazione**

Per ogni partita di fornitura l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori i documenti e le certificazioni relativi alla qualificazione ed ai controlli di produzione del fabbricante, secondo le disposizioni del D.M. 14.1.2.

**1.6.4 Controlli in cantiere**

La Direzione Lavori controllerà, prima della posa in opera, i diversi elementi per accertarne la corrispondenza alle caratteristiche dimensionali previste in Progetto e la regolarità delle forme e dei giunti.

Successivamente alla posa in opera degli elementi la Direzione Lavori controllerà la corretta esecuzione degli allineamenti planimetrici, dell'ubicazione altimetrica e della realizzazione dei giunti, disponendo il rifacimento di quanto non conforme al Progetto.

---

---